



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PARAÍBA



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA PARAÍBA – IFPB – CAMPUS PICUÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RECURSOS
AMBIENTAIS DO SEMIÁRIDO**

CRISTIANO CABRAL SANTOS

ANÁLISE DA QUALIDADE DA “ÁGUA DE GASTO” NA CIDADE DE PICUÍ-PB

Picuí–PB

2019

CRISTIANO CABRAL SANTOS

ANÁLISE DA QUALIDADE DA “ÁGUA DE GASTO” NA CIDADE DE PICUÍ-PB

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Picuí, em cumprimento as exigências parciais para obtenção do título de Especialista em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido.

Orientador: Prof. Dr. Joab Josemar Vitor Ribeiro do Nascimento

Coorientadora: Dra. Liz Jully Hiluey Correia

Picuí–PB

2019

Dados Internacionais de Catalogação
Biblioteca – IFPB, Campus Picuí

S237a Santos, Cristiano Cabral.

Análise da qualidade da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB. /
Cristiano Cabral Santos. – Picuí, 2019.

49 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização - Gestão em
Recursos Ambientais do Semiárido – GRAS) – Instituto Federal de
Educação Tecnológica da Paraíba, IFPB – Campus Picuí/Coordenação
de Pós Graduação em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido,
2019. Orientador: Joab Josemar Ribeiro do Nascimento;
Coorientadora: Liz Jully Hiluey Correia.

1. Água - análise. 2. Água - armazenamento. 3. Picuí-PB. I. Título.

CDU 543.3

Elaborada por Alini Casimiro Brandão – CRB 000701

CRISTIANO CABRAL SANTOS

ANÁLISE DA QUALIDADE DA “ÁGUA DE GASTO” NA CIDADE DE PICUÍ-PB

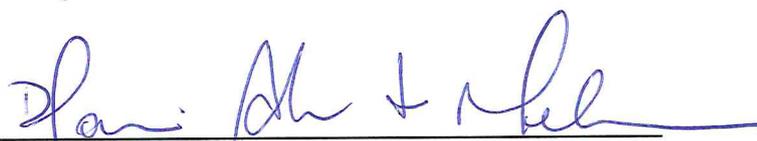
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Picuí, em cumprimento as exigências parciais para obtenção do título de Especialista em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido.

Aprovado em 29 / 03 / 2019

Banca Examinadora



Prof. Dr. Joab Josemar Vitor Ribeiro do Nascimento
Orientador (IFPB)



Prof. Dr. Djair Alves de Melo
Examinador (IFPB)



Esp. Danúbio Leonardo Bernardino de Oliveira
Examinador (IFPB)

Dedico este trabalho a Cizimar Alves Barrêto Pires,
In memoriam, por todo o carinho me dado em vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, por ter me dado forças e sabedoria durante este período, sempre que pensei em desistir, ele me dizia para prosseguir porque estava no caminho certo.

Agradeço a toda minha família, em especial, a minha mãe Maria das Graças e a meu pai Cícero Rodrigues, sempre me aconselhando e incentivando a seguir nos estudos. Pai e mãe, muito obrigado por tudo, levarei seu ensinamento por toda vida. Aos meus irmãos Cássio e Cleiton pelo apoio de sempre.

Agradeço imensamente a minha família em Picuí, especialmente a Guia, Titi e a namorada Laíne Barrêto, vocês foram de fundamental importância para conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos que fazem parte do Campus Picuí, foi uma honra trabalhar e estudar nesse Campus Maravilhoso, em especial a Jeane Martins, Jandeilson Arruda, Lucínio Oliveira, Luciano Pacelli, Joab Nascimento, Djair Alves, Danúbio Oliveira. Fábio Pedrosa. Everton Pontes e Anna Paula.

Agradeço a todos os professores de química do Campus Cabedelo, um ano nos laboratórios de química já valeu uma graduação! Agradecimento especial a coorientadora Liz Jully, Ane Josana e Manoel Barbosa.

Agradeço aos melhores estagiários e monitores de todo o IFPB, Jussara Santos, José Lucas e Katiúscia Costa pelo apoio no preparo e padronização das soluções.

Agradeço a todos do grupo mais top da especialização, o grupo Fazenda Gavião, Rinaldo Robson, Rafael da Rocha, Vilma Moreira e Reginaldo Guedes, olhaí, toda aquela correria valeu a pena, como sempre dizíamos antes dos seminários: - Vai dar certo homi!

RESUMO

O município de Picuí-PB vem passando por um longo período de estiagem, o que acarretou inclusive na interrupção do fornecimento de água pela CAGEPA. A água que abastece a cidade é toda transportada por carro pipa e armazenada em cisternas. Diante da problemática de abastecimento e armazenamento desta água, este trabalho tem como objetivo caracterizar a água que a população utiliza na higiene pessoal e limpeza doméstica, conhecida como “água de gasto”. Foram coletadas 4 amostras de água em diferentes pontos da cidade e realizadas as análises de turbidez, pH, temperatura, condutividade, sólidos totais dissolvidos, dureza total, cloretos, cloro residual livre, coliformes totais e *Escherichia Coli* seguindo como metodologia o manual prático de análise de água da FUNASA (2013) e o manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial (2004). Os resultados foram comparados com padrões de potabilidade definidos no anexo XX da portaria consolidada nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde. Todos os parâmetros físico-químicos, com exceção do cloro residual livre, estão de acordo com a portaria. As análises microbiológicas apresentaram valores acima do permitido com NMP >23 em 100 ml de água para os coliformes totais e para a *Escherichia Coli* valores entre NMP >23 e NMP 2,2 em 100 ml de água. A ausência de cloro residual livre e a coleta de água da chuva são fatores que provavelmente elevaram os valores de tubos positivos nas análises microbiológicas.

Palavras-chave: Cisterna; Carro pipa; Padrões de potabilidade; *Escherichia Coli*;

ABSTRACT

The municipality of Picuí-PB has been going through a long period of drought, which has also led to the interruption of water supply by CAGEPA. The water that supplies the city is all transported by water tank truck and stored in cisterns. Faced with the problem of supply and storage of this water, this work aims to characterize the water that the population uses in personal hygiene and domestic cleaning, known as "waste water". Four samples of water were collected at different points in the city and analyzed for turbidity, pH, temperature, conductivity, total dissolved solids, total hardness, chlorides, free residue chlorine, total coliforms and *Escherichia coli* using the practical manual of analysis of water from FUNASA (2013) and the manual of procedures and laboratory techniques for sanitary and industry water and sewage analysis (2004). The results were compared to the potability standards defined in Annex XX of the Ministry of Health's consolidated Administrative Order No. 05 of September 28, 2017. All physical and chemical parameters, except for free residue chlorine, are in accordance with the ordinance. Microbiological analyzes showed values above NMP > 23 in 100 ml of water for total coliforms and for *Escherichia coli* values between NMP > 23 and NMP 2,2 in 100 ml of water. The absence of free residue chlorine and the collection of rainwater are factors that probably increased the values of positive tubes in the microbiological analyzes.

Keywords: Cistern; Water tank truck; Standards of potability; *Escherichia coli*;

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Coleta para análise físico-química.....	25
Figura 02 – Coleta para análise microbiológica.....	26
Figura 03 – Fórmula para cálculo da dureza total em mg/L de CaCO ₃	28
Figura 04 – Fórmula para cálculo de cloretos em mg/L.....	28
Figura 05 – Fórmula para cálculo do CR.....	29
Figura 06 – Procedimento microbiológico.....	30
Figura 07 – Leitura para coliformes totais.....	30
Figura 08 – Amostras sob luz ultravioleta.....	31
Figura 09 – Turbidez da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	32
Figura 10 – pH da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	34
Figura 11 – Temperatura da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	35
Figura 12 – Condutividade da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	37
Figura 13 – STD da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	38
Figura 14 – Dureza total da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	39
Figura 15 – Cloreto da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	40
Figura 16 – CRL da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	41
Figura 17 – Coliformes totais na “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	42
Figura 18 – <i>E. Coli.</i> da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água.....36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba

CAGEPA – Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto da Paraíba

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CRL – Cloro Residual Livre

E. Coli – *Escherichia Coli*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NMP – Número Mais Provável

pH – Potencial Hidrogeniônico

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

UNT – Unidades Nefelométricas de Turbidez

uT – Unidade de Turbidez

VMP – Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	PANORAMA DA ÁGUA.....	14
2.1.1	Panorama Mundial	14
2.1.2	Panorama Nacional e Estadual	14
2.1.3	Panorama Municipal.....	15
2.2	LEGISLAÇÃO SOBRE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	16
2.3	PARÂMETROS DE CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	17
2.3.1	Físico-químicos	17
2.3.1.1	<i>Turbidez</i>	17
2.3.1.2	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	18
2.3.1.3	<i>Temperatura</i>	19
2.3.1.4	<i>Condutividade</i>	19
2.3.1.5	<i>Sólidos Totais Dissolvidos (STD)</i>	20
2.3.1.6	<i>Dureza total</i>	20
2.3.1.7	<i>Cloretos</i>	20
2.3.1.8	<i>Cloro Residual Livre (CRL)</i>	21
2.3.2	Microbiológicos.....	22
2.3.2.1	<i>Coliformes totais</i>	22
2.3.2.2	<i>Escherichia coli (E. coli)</i>	23
3	MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1	COLETAS.....	24
3.1.1	Físico-químicas	24
3.1.2	Microbiológicas.....	25
3.2	ANÁLISES.....	26
3.2.1	Turbidez	27
3.2.2	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	27
3.2.3	Temperatura.....	27
3.2.4	Condutividade.....	27
3.2.5	Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	27
3.2.6	Dureza total	28
3.2.7	Cloretos	28

3.2.8	Cloro Residual Livre (CRL).....	28
3.2.9	Coliformes totais.....	29
3.2.10	<i>Escherichia coli</i>	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	TURBIDEZ.....	32
4.2	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	33
4.3	TEMPERATURA	35
4.4	CONDUTIVIDADE.....	36
4.5	SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD).....	38
4.6	DUREZA TOTAL	39
4.7	CLORETOS.....	40
4.8	CLORO RESIDUAL LIVRE (CRL).....	41
4.9	COLIFORMES TOTAIS.....	42
4.10	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

A água ocupa cerca de três quartos da superfície do planeta, onde cerca de 97% encontra-se nos oceanos, 2% está na forma de gelo e 1% restante é de água doce de rios, lagos, água subterrânea, umidade atmosférica e do solo (BRASIL, 2014).

Considerada indispensável para a sobrevivência da maioria dos seres vivos inclusive o homem, a água de acordo com Brasil (2006) é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, ela representa mais de 60% do peso humano, e em certos animais aquáticos e mesmo em alguns legumes e verduras esse percentual pode atingir até 98%.

No Brasil, os potenciais de água doce são extremamente favoráveis para os diversos usos, no entanto, as características do recurso natural renovável, em várias regiões do país, têm sido drasticamente afetadas. Mais de 90% dos esgotos domésticos e cerca de 70% dos efluentes industriais não tratados, são lançados diretamente nos corpos de água doce de superfície. De acordo com Rebouças (1997) os processos de urbanização, de industrialização e de produção agrícola não têm levado em conta a capacidade de suporte dos ecossistemas, principalmente o hídrico.

O abastecimento público de água em termos de quantidade e qualidade é uma preocupação crescente da humanidade, em função da escassez do recurso água e da deterioração da qualidade dos mananciais (BRASIL, 2006). A escassez hídrica torna-se ainda mais preocupante nas localidades onde inexistem sistemas coletivos de abastecimento de água, tendo em vista que a população passa a recorrer a fontes diversas, muitas vezes vulneráveis à presença de contaminantes.

A água pode veicular um elevado número de enfermidades e essa transmissão pode se dar por diferentes mecanismos. O mecanismo de transmissão de doenças mais comumente lembrado e diretamente relacionado à qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contenha componente nocivo à saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença. Um outro mecanismo refere-se à quantidade insuficiente de água, gerando hábitos higiênicos insatisfatórios e daí doenças relacionadas à inadequada higiene – dos utensílios de cozinha, do corpo, do ambiente domiciliar (BRASIL, 2006).

A avaliação da qualidade da água dar-se através da realização de ensaios físico-químicos e microbiológicos, estabelecidos na Portaria Consolidada nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, no anexo XX, que trata do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

É evidente a necessidade da avaliação da qualidade da água que abastece a cidade de Picuí-PB, tendo em vista que devido à escassez hídrica, o sistema de abastecimento de água da Companhia de Abastecimento de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) foi desativado, a população tem recorrido a fontes alternativas, a exemplo da água captada em poços e açudes da região distribuída em carro pipa, caixas de água e baldes, sendo utilizada para a ingestão, preparo de alimentos, higiene pessoal e doméstica.

A “água de gasto”, como é conhecida, trata-se de uma água utilizada para tomar banho, escovar os dentes, lavar roupa (parta da população carente acaba bebendo também esta água) é comercializada por vários fornecedores, e são captadas de três locais distintos. Inicialmente este trabalho tinha o intuito de pesquisar a qualidade da água nesses três locais de coleta, mas daí surgiu outro questionamento, e como essa água é armazenada? Foi então que optou-se por analisar a “água de gasto” já na cisterna das casas.

Destarte, este trabalho tem como objetivo caracterizar a água “água de gasto” que abastece a cidade de Picuí, quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológico, conforme preconiza a portaria do Ministério da Saúde que estabelece o padrão de potabilidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PANORAMA DA ÁGUA

2.1.1 Panorama Mundial

A fração de água doce é bem pequena em relação à quantidade de água total presente. Ela se forma através da evaporação e se acumula na atmosfera, retornando na forma de chuva, conforme BROWN et al., (2005). Vale ressaltar que devido ao crescimento populacional e industrial, a demanda por água doce e tratada aumenta também a poluição dos rios. Atualmente alguns países já utilizam a água do mar para consumo humano após a dessalinização, mas é um processo bastante caro, sendo utilizado apenas em países que não possuem reservas significativas de água doce.

Ainda há de se considerar a distribuição irregular entre os continentes e países, enquanto o Brasil possui grande parte das reservas mundiais de água doce, países do continente africano sofrem com a escassez de água, levando a altas taxas de mortalidade por ingestão de águas de má qualidade ou até mesmo por falta dela.

2.1.2 Panorama Nacional e Estadual

A distribuição de água doce é irregular no mundo, o Brasil é uma potência mundial neste precioso recurso, porém, assim como a distribuição é irregular no mundo, também é irregular aqui no Brasil. A região norte possui imensa reserva hídrica e baixo índice populacional, enquanto o sudeste possui reservas bem menores que da região norte e elevado índice populacional. Ainda temos a região nordeste, onde prevalece o clima semiárido com baixos índices pluviométricos e altas taxas de evaporação.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010) o Estado da Paraíba possui 223 municípios e uma população de 3.996.496 habitantes. O estado apresenta pequeno potencial de exploração de manancial subterrâneo, com apenas 16% das sedes urbanas supridas exclusivamente por águas subterrâneas e 8% por mananciais tanto superficiais quanto subterrâneos,

tendo seus serviços de abastecimento de água prestados em 79% dos municípios pela CAGEPA. (ANA, 2019).

Nos últimos anos o semiárido Paraibano vem sofrendo com a estiagem, boa parte entrando em colapso. O reservatório Epitácio Pessoa por exemplo passou por um período crítico em seu volume, de acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESPA) esteve com 3% de sua capacidade em abril de 2017. Este reservatório fica localizado na cidade de Boqueirão (PB), sendo responsável pelo abastecimento 19 cidades, incluindo Campina Grande, que passou por racionamento de água neste período mais crítico.

2.1.3 Panorama Municipal

De acordo com o serviço geológico do Brasil, pela companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (2005), o município de Picuí possui área de 730,9 Km² situando-se na região centro-norte do Estado da Paraíba, Mesorregião Borborema e Microrregião Seridó Oriental Paraibano. Limita-se ao norte com Campo Redondo (RN) e Coronel Ezequiel (RN), leste com Nova Floresta e Cuité, sul com Pedra Lavrada, Nova Palmeira e, oeste, com Carnaúba dos Dantas (RN) e Frei Martinho.

A cidade de Picuí passa por um período de estiagem, o que acarretou no colapso do seu reservatório Várzea Grande e no fechamento do sistema de distribuição de água tratada da CAGEPA. Portanto, a água que abastece Picuí vem de poços perfurados na cidade e em cidade vizinhas e de alguns poucos açudes pequenos distribuídos na zona rural.

Os carros pipas comercializam dois tipos de água, “água de gasto” utilizada para banho, lavar roupas e a casa, e “água de beber” utilizada para cozinhar e beber. A “água de beber” é comercializada por diversas pessoas, mas vem basicamente de um único local, um poço na comunidade várzea verde, em Frei Martinho-PB, que de acordo com os comerciantes recebe tratamento por membranas filtrantes. Essa água é vendida em sua grande maioria em baldes que não aparentam ter a higiene necessária.

A “água de gasto” comercializada é captada em diversos locais, os principais são: Várzea verde (poço na cidade de Frei Martinho-PB), Xique-Xique (poço no povoado Ermo em Carnaúba dos Dantas-RN), Tamanduá (açude na cidade de Nova Palmeira-PB) e Santa Luzia (poço no povoado Santa Luzia em Picuí-PB).

A pluviometria na cidade de Picuí é de 339,1 mm (Período 1911-1985), de distribuição irregular com 77% de seu total concentrando-se em 04 meses (CPRM, 2005).

De acordo com dados disponíveis pela AESA a precipitação na cidade de Picuí dos últimos 7 anos é a seguinte: 2012 (137,0 mm), 2013 (207,1 mm), 2014 (285,1 mm), 2015 (184,5 mm), 2016 (208,8 mm), 2017 (254,2 mm), 2018 (244,1 mm). São valores de precipitação baixos para as médias históricas, totalizando 7 anos de “seca”. A irregularidade na distribuição das chuvas também é fator que influencia na capacidade de recarga dos açudes e aquíferos.

2.2 LEGISLAÇÃO SOBRE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

A portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017 do ministério da saúde, consolida as normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, e incluiu a portaria Nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 em seu anexo XX regulamentando o controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, se aplicando a água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento. O Art. 3º desta portaria disciplina que toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água (BRASIL, 2017).

Esta portaria define solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano como sendo a modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição, e água para consumo humano como sendo água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem, (BRASIL, 2017) portanto a “água de gasto” e a “água de beber” devem seguir os padrões de potabilidade estabelecidas nesta portaria.

O Art. 12º inciso III desta portaria designa as secretarias de saúde do município com as responsáveis a inspecionar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas no sistema ou solução

alternativa coletiva de abastecimento de água, notificando seus respectivos responsáveis para sanar as irregularidades identificadas (BRASIL, 2017).

Em seu Art. 13º compete ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano exercer o controle da qualidade da água, realizando análises laboratoriais de acordo com os anexos da portaria, devendo comunicar imediatamente a autoridade de saúde pública municipal e informar adequadamente a população a detecção de qualquer risco a saúde (BRASIL, 2017).

E em seu Art. 15º compete ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano por meio de veículo transportador garantir que os veículos são de uso exclusivo para transporte de água potável, manter registros de dados sobre o fornecedor e análises de controle da qualidade da água e assegurar que a água mantenha um teor mínimo de Cloro Residual Livre (CRL) de 0,5 mg/L (BRASIL, 2017).

2.3 PARÂMETROS DE CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Para o controle da qualidade da água, existem diversos parâmetros a serem analisados, parâmetros esses que norteiam a avaliação da qualidade da água tanto em aspectos físico-químicos, quanto microbiológicos. Alguns parâmetros influenciam outros, por este motivo, para analisar a potabilidade da água são levados em consideração diversos parâmetros.

2.3.1 Físico-químicos

2.3.1.1 *Turbidez*

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido (BRASIL, 2014).

A turbidez da água é devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro,

mangânês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (BRASIL, 2013).

A preocupação com a turbidez em uma água, é bem mais que apenas pelo seu aspecto turvo. Esses sólidos podem ser prejudiciais à saúde, dar gosto a água e ainda, os microrganismos podem se unir aos materiais em suspensão dificultando o contato dos sanitizantes, e assim, reduzindo a eficácia do processo de desinfecção. Devido a todos os riscos, a turbidez é um indicador sanitário e de padrão organoléptico da água de consumo humano.

Normalmente, os instrumentos providos de uma fonte de luz, que emite um raio que atravessa a cubeta, são denominados de nefelômetros, que exprimem suas medidas em Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) (SILVA, 2001).

De acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido (VMP) para a turbidez é de 5 uT (unidade de turbidez).

2.3.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. Na rotina dos laboratórios das estações de tratamento ele é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/floculação da água e também o controle da desinfecção (BRASIL, 2013).

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

Na natureza encontram-se diversas faixas de pH, rios ou lagos que tem contato com rochas calcárias por exemplo tendem a possuírem pH alcalino devido a dissolução dessas rochas que possuem alto pH, enquanto rios com grande volume de matéria orgânica tendem a possuírem pH ácido devido a presença do ácido húmico por conta da decomposição da matéria orgânica.

O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida, 7 é neutra e acima de 7 alcalina ou básica. De acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, o valor do pH deve estar entre 6,0 e 9,5.

2.3.1.3 *Temperatura*

A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio (BRASIL, 2014).

A temperatura está relacionada com o aumento do consumo de água, com a fluoretação, com a solubilidade e ionização das substâncias coagulantes, com a mudança do pH, com a desinfecção, etc. (BRASIL, 2013).

Devido à escassez hídrica na Cidade, a população armazena grandes volumes de água, caso seja necessária a desinfecção, a temperatura é um parâmetro muito importante por exercer influência direta no tempo de desinfecção. Segundo Meyer (1994), a temperatura do sistema influencia o caráter químico da água, já que alguns compostos podem se apresentar sob formas diferentes, conforme a temperatura do meio. Em geral, temperaturas elevadas favorecem a ação desinfetante.

O anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde não estipula valores para a temperatura da água.

2.3.1.4 *Condutividade*

A condutividade elétrica indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica a partir de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions (-) e cátions (+), sendo diretamente proporcional à concentração iônica (LIBÂNIO, 2008).

Enquanto que as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (BRASIL, 2014).

O anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde não estipula valores para a condutividade elétrica da água. Porém, convertendo a condutividade em permilagem de salinidade, é possível avaliar este parâmetro de acordo com a resolução 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

2.3.1.5 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10-3 µm e que permanecem em solução mesmo após a filtração. A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos). (BRASIL, 2014).

Altas concentrações de STD podem afetar as características organolépticas da água. Os STD também estão relacionados com a condutividade elétrica, tendo em vista que quanto maior a presença de sais, maior será a condutividade elétrica.

De acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, o VMP para os STD é de 1000 mg/L.

2.3.1.6 Dureza total

A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio (Ca^{+2} , Mg^{+2}) e, em menor escala, ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}), estrôncio (Sr^{+2}) e alumínio (Al^{+3}) (BRASIL, 2014).

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio (BRASIL, 2013).

Águas de elevada dureza reduzem a formação de espuma, o que implica em um maior consumo de sabões e xampus, além de provocar incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à precipitação dos cátions em altas temperaturas (BRASIL, 2014).

De acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, o VMP para a dureza total é de 500 mg/L em termos de CaCO_3 .

2.3.1.7 Cloretos

Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, e ainda podem advir dos esgotos domésticos ou industriais. (BRASIL, 2014). Suas principais formas de presença na água são em cloretos de cálcio, cloretos de sódio e cloretos de magnésio.

Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar (BRASIL, 2013).

Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por dessalinização (osmose reversa) ou eletrodialise (troca iônica) (BRASIL, 2013).

De acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, o VMP para cloretos é de 250 mg/L.

2.3.1.8 Cloro Residual Livre (CRL)

O cloro é um produto químico utilizado na desinfecção da água. Sua medida é importante e serve para controlar a dosagem que está sendo aplicada e também para acompanhar sua evolução durante o tratamento (BRASIL, 2013).

A quantidade de cloro na água como Cl_2 (cloro elementar), HOCl (ácido hipocloroso) e OCl⁻ (íon hipoclorito) é denominada de cloro residual livre e é de extrema importância na inibição do crescimento bacteriano (BRASIL, 2014). Segundo Meyer (1994), em geral, a reatividade do cloro diminui com o aumento do pH, e sua velocidade de reação aumenta com a elevação da temperatura.

A adição de cloro na água tem um caráter corretivo, para a eliminação de microrganismos patogênicos, e a exigência de se manter um teor mínimo de CRL tem um caráter preventivo, para garantir que durante o transporte e/ou armazenamento, caso haja uma contaminação, esse CRL seja capaz eliminar os microrganismos.

O cloro é volátil e a água sem o CRL fica susceptível a contaminação microbiana, portanto, em locais onde são armazenados grandes volumes de água, a verificação do teor de CRL deve ser intensificada, e feitas as devidas correções caso necessário.

Apesar da cloração da água para desinfecção ser de extrema importância, de acordo com Meyer (1994), a cloração em excesso em águas com altos índices de matéria orgânica resultantes da decomposição de folhas da vegetação (ácidos húmicos e fúlvicos) leva a formação de trihalometanos (THM). Existe grande suspeita de que essa substância possa causar câncer nos seres humanos.

De acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, o teor de CRL deve ficar entre 0,2 mg/L a 2 mg/L em qualquer ponto do sistema de abastecimento. Para fornecimento a partir de veículo transportador, o valor mínimo é de 0,5 mg/L. Para o trihalometanos total, o VMP é de 0,1 mg/L.

2.3.2 Microbiológicos

2.3.2.1 Coliformes totais

De acordo com Brasil (2013), coliformes totais podem ser definidos como: bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase.

Mais de 20 espécies se encaixam nessa definição, dentre as quais encontrando-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e outros animais de sangue quente (*Escherichia coli*), como também bactérias não entéricas (espécies de *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Serratia*, dentre outras) (SILVA et al., 2010).

Por ser um grupo grande, composto por diversas espécies não entéricas, a avaliação dos coliformes totais é limitado para avaliação de contaminação fecal na água. Porém, sua presença em água tratada, indica que o tratamento foi inadequado, e/ou há algum foco de contaminação após o tratamento, podendo ser no transporte ou armazenamento, que aliado a ausência de agentes desinfetantes e excesso de nutrientes, possibilitam até mesmo seu crescimento.

As bactérias do grupo de coliformes, por exemplo, sobrevivem apenas durante curtos períodos de tempo na água e, de modo geral, admite-se que, quando presentes, a contaminação é recente. Porém alguns efluentes são tão poluídos com matéria orgânica que as bactérias coliformes não apenas sobrevivem, mas podem se manter como populações significativas à custa de uma lenta multiplicação (BRASIL, 2014).

O anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, estabelece que em soluções alternativas coletivas de abastecimento de água, deve ser coletada uma amostra no ponto de consumo para cada 500 habitantes. Para mananciais superficiais a frequência é semanal, já para mananciais subterrâneos a frequência é mensal. Em soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes, apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, pode apresentar resultado positivo. De acordo com o IBGE (2010), o município de Picuí possui uma população de 18.222 habitantes o que exige a necessidade de ser realizada a coleta de 37 amostras.

2.3.2.2 *Escherichia coli* (*E. coli*)

A *E. Coli* está incluída no grupo dos coliformes totais e no grupo dos coliformes termotolerantes, tendo seu habitat natural o intestino de animais de sangue quente. De acordo com Brasil (2013), *Escherichia coli* pode ser definido como: bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a ureia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucoronidase, sendo considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

A água potável não deve conter microrganismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Como indicadores de contaminação fecal, são eleitas como bactérias de referência as do grupo coliforme. O principal representante desse grupo de bactérias chama-se *Escherichia coli*. (BRASIL, 2013).

A origem fecal da *E. coli* é inquestionável e sua natureza ubíqua pouco provável, o que valida se o papel mais preciso de organismo indicador de contaminação tanto em águas naturais quanto tratadas (BRASIL, 2014).

O anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, estabelece que na água tratada e para o consumo humano, não deve existir presença de *E. Coli*. A frequência de coleta e quantidade de amostras deve seguir o mesmo determinado para coliformes totais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização das análises, é necessária a utilização de alguns equipamentos e reagentes específicos, nesta pesquisa, foram realizados todos os parâmetros passíveis de análise nos laboratórios de química geral e no laboratório de química orgânica, analítica e instrumental do IFPB Campus Cabedelo.

3.1 COLETAS

Foram escolhidos quatro locais de coleta, um na zona rural, no sítio Izidro (ponto 1) e três na zona urbana nos bairros do Pedro Tomás (ponto 2), JK (ponto 3) e Monte Santo (ponto 4).

Todas as coletas foram realizadas na parte da noite entre as 18:00 e 22:00 do dia 06 de março de 2019, tendo em vista que deveriam passar o menor tempo possível entre a coleta e análise. Para garantir a precisão dos resultados, todas as amostras foram acondicionadas sob refrigeração até o momento da análise.

3.1.1 Físico-químicas

Para a coleta de análise físico-química foi seguido o seguinte passo a passo:

- a) Abriu-se a torneira deixando a água escoar por 2 minutos;
- b) Coletou-se a amostra diretamente em recipiente plástico limpo (recipiente de água mineral) com volume de 1,5 L;
- c) Identificou-se o recipiente da coleta;
- d) Guardou-se no refrigerador (entre 5 °C e 8 °C);
- e) Transportou-se para o laboratório de química do IFPB campus Cabedelo em caixa térmica com gelo (entre 5 °C e 8 °C);

Na figura 01 é possível visualizar os procedimentos de coleta, aferição da temperatura e armazenamento em caixa refrigerada para o transporte das amostras.

Figura 01: Coleta para análise físico-química. A – Coleta; B – Aferição da temperatura; C – Armazenamento para transporte.



Fonte: Dados da pesquisa.

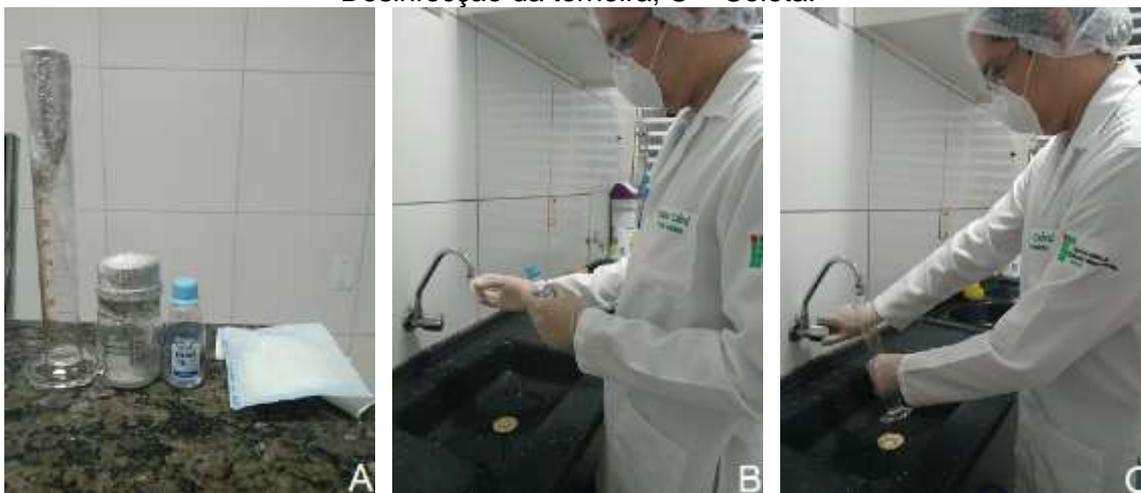
3.1.2 Microbiológicas

Para a coleta de análise microbiológica foi seguido o manual prático de análise de água da Funasa (2013), e o manual de métodos de análise microbiológica de alimento e água, Silva, et al., 2010. Com o seguinte passo a passo:

- a) Lavou-se as mãos com água e sabão;
- b) Limpou-se a torneira com um pedaço de gaze estéril contendo álcool 70%;
- c) Abriu-se a torneira deixando a água escoar por 2 minutos;
- d) Coletou-se a amostra de água em uma proveta de 100 ml estéril;
- e) Transferiu-se para um frasco de coleta esterilizado contendo 0,1 ml de tiosulfato de sódio a 10% para neutralizar a ação do CRL;
- f) Identificou-se o frasco da coleta;
- g) Guardou-se no refrigerador (entre 5 °C e 8 °C);
- h) Transportou-se para o laboratório de química do IFPB campus Cabedelo em caixa térmica com gelo (entre 5 °C e 8 °C);

Na figura 02 é possível visualizar os procedimentos de coleta para análise microbiológica

Figura 02: Coleta para análise microbiológica. A – Material usado para coleta; B – Desinfecção da torneira; C – Coleta.



Fonte: Dados da pesquisa.

3.2 ANÁLISES

Os parâmetros cujos resultados foram obtidos a partir de titulação tiveram suas soluções preparadas e padronizadas com antecedência, entre os dias 27 e 28 de fevereiro de 2019, para que não houvesse a demora no preparo destas soluções após a coleta, evitando assim perda na qualidade das análises.

Os parâmetros cujos resultados foram obtidos a partir de leitura direta, tiveram seus equipamentos ligados, aguardado o tempo de estabilização de 30 minutos, e após, feita a calibração com as soluções padrão de acordo com o manual de cada equipamento.

Todos os parâmetros foram analisados em triplicata para aumentar a confiabilidade dos resultados.

Antes da retirada das frações para as triplicatas, as amostras foram agitadas (homogeneizadas) 10 vezes para que a fração retirada das amostras representasse com precisão as características da água, tendo em vista que o repouso da amostra interfere em parâmetros como a turbidez e a condutividade elétrica.

A incubação das amostras para análise microbiológica foram realizadas entre as 14:00 e 16:00 do dia 07 de março de 2019, não ultrapassando 24 h da coleta a incubação.

As análises físico-químicas foram realizadas entre os dias 07 e 08 de março de 2019 nos laboratórios de química geral e no laboratório de química orgânica,

analítica e instrumental do IFPB Campus Cabedelo, com exceção da temperatura e STD que foram realizadas no momento da coleta.

3.2.1 Turbidez

A determinação da turbidez foi realizada por leitura direta com a utilização de um turbidímetro digital microprocessado de bancada da marca tecnopon modelo TB-1000, com resultados expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU), que é equivalente à uT (unidade de turbidez).

3.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi realizada por leitura direta com a utilização de um pHmetro digital de bancada da marca Even modelo PHS-3E.

3.2.3 Temperatura

A determinação da temperatura foi realizada *in loco* por leitura direta com a utilização de um termômetro digital tipo espeto da marca Jprolab modelo SH - 113, com o sensor colocado diretamente no fluxo de água e feita a leitura após estabilização e com resultados expressos em °C.

3.2.4 Condutividade

A determinação da condutividade foi realizada por leitura direta com a utilização de um condutivímetro digital de bancada da marca tecnopon modelo mCA 150, com resultados expressos em S/cm.

3.2.5 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

A determinação de STD foi realizada *in loco* por leitura direta com a utilização de um medidor de TDS portátil digital tipo caneta da marca Bmax modelo TDS-3, com resultados expressos em partes por milhão (ppm), que equivale a mg/L.

3.2.6 Dureza total

A determinação da dureza total foi realizada por método titulométrico tomado como referência o manual prático de análise de água da Funasa (2013), utilizando a fórmula da figura 03 para calcular a dureza total.

Figura 03: Fórmula para cálculo da dureza total em mg/L de CaCO₃.

$$\text{Dureza Total em mg/l CaCO}_3 = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000 \times Fc}{\text{ml de amostra}}$$

Extraído de: BRASIL, 2013.

3.2.7 Cloretos

A determinação de cloretos foi realizada por método titulométrico tomado como referência o manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial (2004), utilizando a fórmula da figura 04 para calcular a concentração de cloretos.

Figura 04: Fórmula para cálculo de cloretos em mg/L.

$$\text{mgCl/L} = \frac{N_{\text{AgNO}_3} * V_{\text{AgNO}_3 \text{ gastos}} * 35450}{\text{vol. amostra}}$$

Extraído de: GARCEZ, 2004.

3.2.8 Cloro Residual Livre (CRL)

Como o Cloro é bastante volátil, a determinação de CRL foi realizada de duas maneiras, *in loco* com o kit de teste de pH e Cloro da marca nautilus, adicionando-se 5 gotas do indicador ortotolidina, como determinação qualitativa, a outra forma de determinação foi por método titulométrico tomado como referência o manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial (2004), utilizando a fórmula da figura 05 para calcular o CRL.

Figura 05: Fórmula para cálculo do CRL.

$$\text{mgCl}_2/\text{L} = \frac{N_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} * V1_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ gastos}} * 35450}{\text{vol. amostra}}$$

Extraído de: GARCEZ, 2004.

3.2.9 Coliformes totais

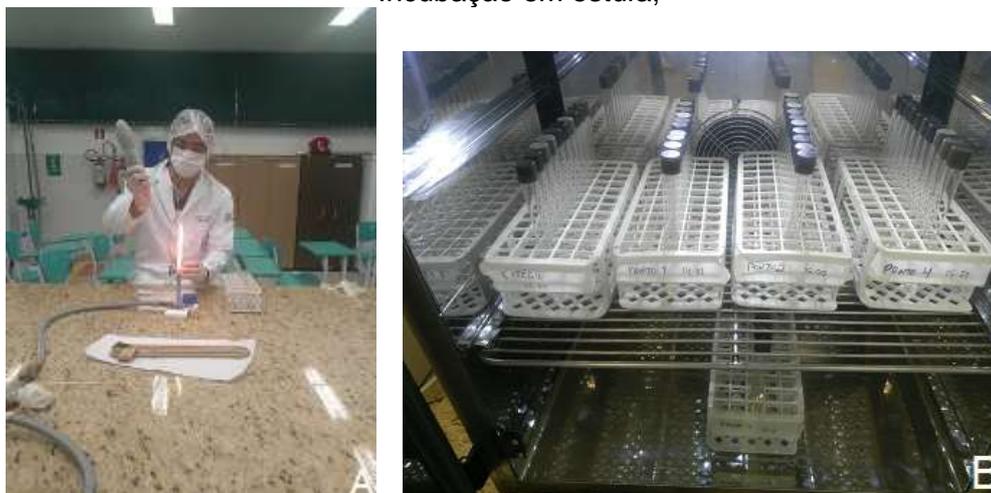
Todos os materiais utilizados para a coleta e manipulação das amostras foram esterilizados a 121 °C por 30 minutos em autoclave digital modelo AV 75, e a bancada de trabalho esterilizada com álcool em gel 70% e inoculações realizadas a no mínimo 30 cm do bico de Bunsen.

Para as análises de coliformes totais e *E. Coli*, foi utilizado o método de substrato cromogênico, o substrato utilizado foi o COLILERT®, método extremamente simples e prático. De acordo com Silva, et al., (2010) o meio contém dois substratos para enzimas: a) Orto-nitrofenil-β-D-galactopiranosídeo (ONPG), substrato para a enzima β-galactosidase dos coliformes cujo produto de reação é amarelo. b) 4-metilumbeliferil-β-D-glicuronídeo (MUG), substrato para a enzima β-glicuronidase de *E. Coli*, cujo produto de reação fluorescente sob luz UV.

Para garantir os resultados foi incubada uma amostra em branco (água autoclavada a 121 °C por 30 minutos) seguindo os mesmos procedimentos das amostras coletadas em Picuí.

Para que pudesse ser feita a avaliação quantitativa, foi utilizada a técnica de número mais provável (NMP), técnica que permite determinar o NMP dos microrganismos alvos na amostra. Cada amostra de 100 ml, contendo o substrato cromogênico, foi fracionada em 10 alíquotas de 10 ml em tubos de ensaio e incubada em estufa microprocessada de cultura bacteriológica marca quimis, modelo Q316M4 por 24 h a temperatura de 35 °C, Figura 06.

Figura 06: Procedimento microbiológico. A – Transferência para tubos de ensaio; B – Incubação em estufa;



Fonte: Dados da pesquisa.

Após 24 h de incubação, as amostras foram retiradas da estufa e tiveram a coloração comparada com o comparador para ausência e presença da COLILERT[®], (Figura 07), os tubos de coloração superior ao comparador são considerados positivos para coliformes totais.

Figura 07: Leitura para coliformes totais. A – Resultado negativo; B – Resultado positivo;



Fonte: Dados da pesquisa.

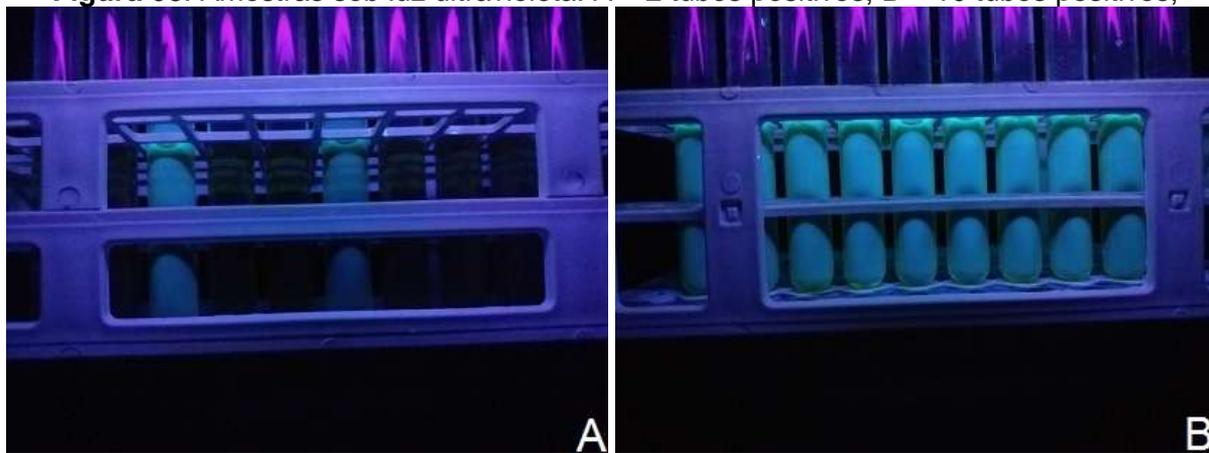
3.2.10 *Escherichia coli*

Após a incubação e leitura dos coliformes totais, é feita a leitura de *E. Coli*. Os tubos foram observados sob lâmpada de luz ultravioleta (6w), com comprimento de onda de 366nm, a ocorrência de fluorescência azulada, confirma a presença de *E. Coli*. Como alguns vidros são fabricados em materiais que podem apresentar

fluorescência a luz ultravioleta, todos foram testados antes da transferência das amostras.

Na figura 08 podemos visualizar tubos das amostras sob o efeito da luz ultravioleta, os que apresentam fluorescência são positivos para *E. Coli*.

Figura 08: Amostras sob luz ultravioleta. A – 2 tubos positivos; B – 10 tubos positivos;



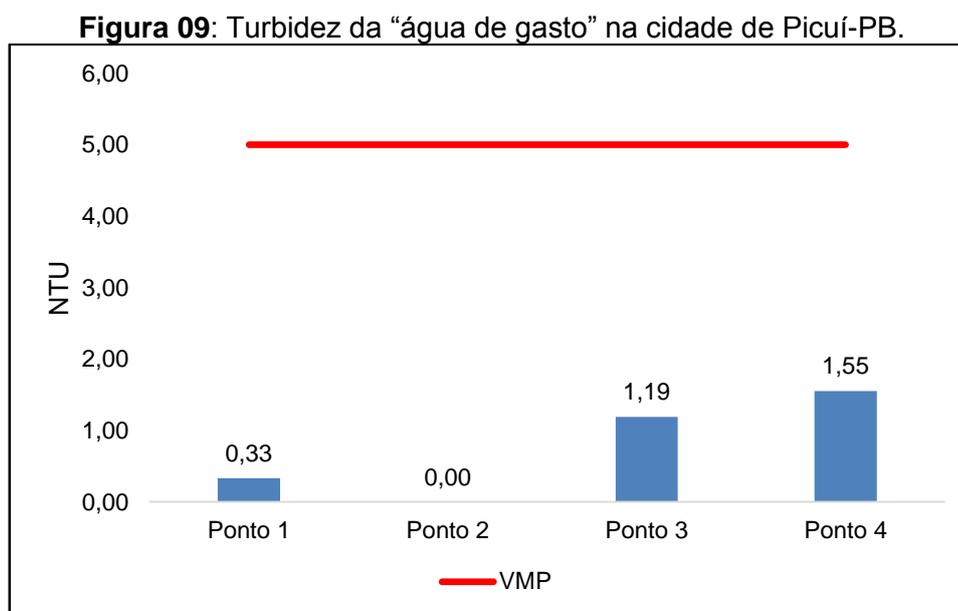
Fonte: Dados da pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros analisados neste trabalho foram comparados com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, com a resolução 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente e com literaturas que versam sobre o tema.

4.1 TURBIDEZ

O gráfico abaixo (Figura 09) expressa a média da triplicata de cada ponto para a turbidez e o VMP pela legislação.



Todas as amostras encontram-se de acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (Figura 09).

Vale lembrar que a turbidez é a presença de sólidos em suspensão, e como a água passa um bom tempo em repouso na cisterna, e depois na caixa de água, é provável que a água comprada tenha os valores de turbidez maiores que os encontrados nessas amostras, uma vez que pode ocorrer a sedimentação do material em suspensão.

O ponto 2 se destacou por apresentar média de 0,0 uT, que provavelmente se deve pela não coleta de água da chuva, pois essa água ao cair no telhado acaba levando sólidos para a cisterna e assim, aumentando a turbidez.

Freitas, et al., (2015) avaliando a qualidade da água de cisternas residenciais no município de Araruna-PB, encontrou resultados semelhantes com valores de turbidez entre 0,25 uT e 0,9 uT.

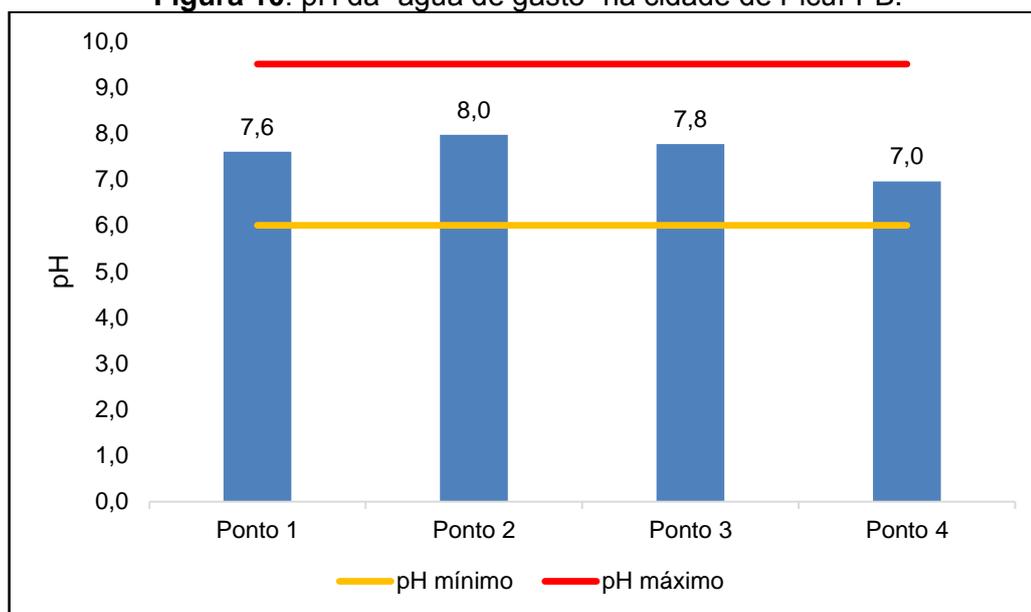
Avaliando as características físico-químicas de água de poço e de cisterna na região de Campina Grande-PB, Gomes (2010), também obteve resultados dentro da portaria, com 1,3 uT para água da cisterna e 0,94 uT para água do poço.

Cruz, et al., (2015) analisando a qualidade de água armazenada em cisternas no semiárido pernambucano, verificou que a turbidez em todas as cisternas estava fora dos limites estabelecido na portaria, com uma média aproximada de 30 uT, Os altos valores encontrados foram associados a turbidez dos corpos hídrico que abastecem as cisternas e a ressuspensão de sedimentos acumulados no fundo das cisternas por ação das chuvas.

4.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Na Cidade de Picuí, como o abastecimento de água é feito por carro pipa, produzido em materiais metálicos, a avaliação deste parâmetro é de fundamental importância. Em pH ácido a água se torna corrosiva, e em pH básico tende a formar incrustações.

O gráfico abaixo (Figura 10) expressa a média da triplicata de cada ponto para o pH e os valores máximos e mínimos exigidos pela legislação.

Figura 10: pH da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.

Todas as amostras encontram-se de acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (Figura 10).

Apesar da legislação definir os valores de pH entre 6,0 e 9,5, valores abaixo disso, apesar de serem ácidos, não representam grandes riscos à saúde, a não ser que seja um pH extremamente ácido ou extremamente básico. Por exemplo, uma água do sistemas de abastecimento com pH 5,0 está fora dos padrões, porém é muito comum encontrar essa faixa de pH nas garrafas de água mineral. A legislação estipula o valor entre 6,0 e 9,5 no intuito também, de evitar corrosões e incrustações no sistema de abastecimento.

Avaliando as características físico-químicas de água de poço e de cisterna na região de Campina Grande-PB, Gomes (2010), obteve resultados dentro da portaria, com 7,7 para água da cisterna e 7,2 para água do poço.

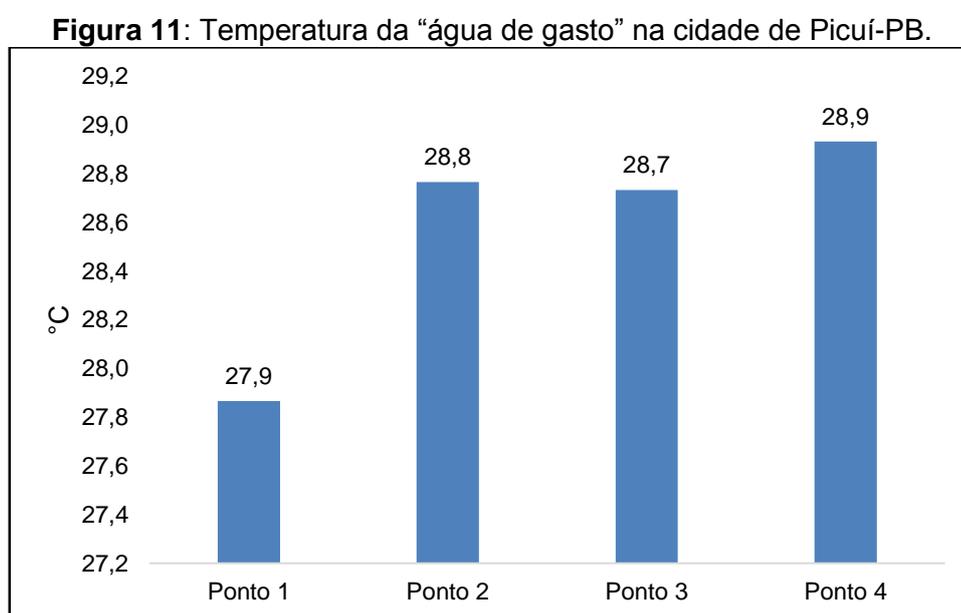
Freitas, et al., (2015) avaliando a qualidade da água de cisternas residenciais no município de Araruna-PB, encontrou resultados semelhantes com valores de pH entre 6,7 e 7,8.

Cruz, et al., (2015) analisando a qualidade de água armazenada em cisternas no semiárido pernambucano, verificou que o pH em todas as cisternas estavam dentro dos limites da portaria. Uma cisterna construída a menos de um ano chegou próximo ao VMP, esse “desvio” foi atribuído a remoção do carbonato de cálcio (CaCO_3) do cimento. O que reforça os resultados encontrados por Bezerra, et al., (2016) que analisando parâmetros físico-químicos em águas de chuvas em cisternas

rurais em São Sebastião de Lagoa de Roça-PB, obteve pH básico em 100% das cisternas de placa, enquanto que nas cisternas de polietileno apenas 30% possuíam pH básico.

4.3 TEMPERATURA

O gráfico abaixo (Figura 11) expressa a média da triplicata de cada ponto para a temperatura.



A temperatura ideal da água varia de acordo com a finalidade, localidade e estação do ano. Para beber, a água tem mais aceitabilidade quando está gelada, para a higiene pessoal vai depender da localidade e estação do ano, em tempos frios a temperatura da água é mais aceita por volta de 38 °C, já em tempos quentes, a água é mais aceita por volta de 27 °C, porém, apesar destas “preferências” acaba sendo bem pessoal a temperatura ideal para estas finalidades.

Bezerra, et al., (2016) analisando parâmetros físico-químicos em águas de chuvas em cisternas rurais em São Sebastião de Lagoa de Roça-PB, obteve a média de 24,33 °C para cisternas de placa e 25,34 °C para cisternas de polietileno, indicando, mesmo que com pouca significância, que as cisternas de placa conseguem manter a temperatura menor do que em cisternas de polietileno.

Apesar da legislação não tratar dos valores máximos e mínimos da temperatura da água de abastecimento para consumo humano, ela, juntamente com o pH e o CRL são de extrema importância no tempo de contato mínimo para desinfecção da água, como pode ser visto no quadro 01.

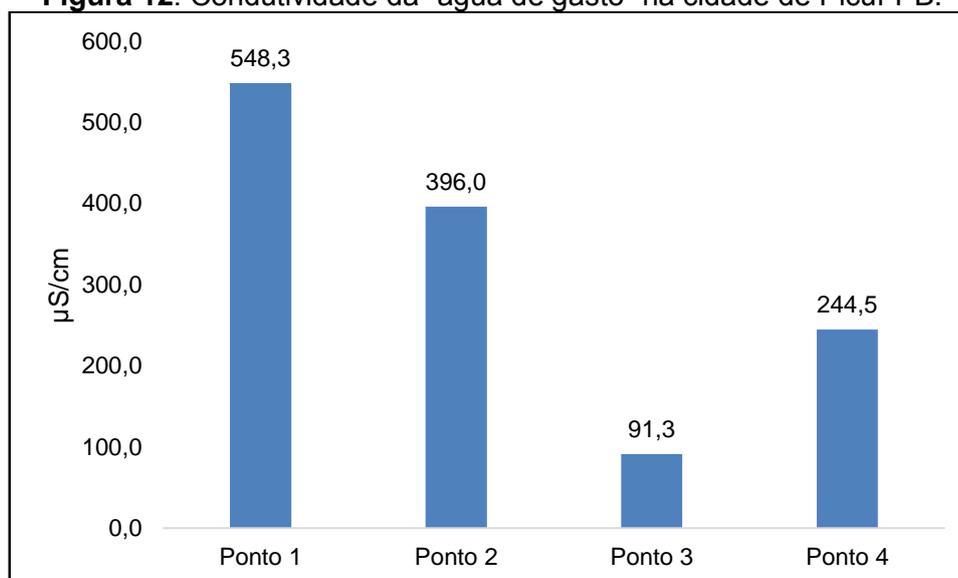
Quadro 01: Tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água.

CRL	Temperatura = 30°C						
	Valores de pH						
	≤ 6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
≤ 0,4	6	8	10	12	15	17	20
0,6	5	6	7	9	10	12	14
0,8	3	5	6	7	8	10	11
1,0	3	4	5	6	7	8	9
1,2	3	3	3	5	6	7	8
1,4	2	3	3	4	5	6	7
1,6	2	3	3	4	4	5	6
1,8	2	2	3	3	4	5	6
2,0	2	2	3	3	4	4	5
2,2	2	2	2	3	3	4	5
2,4	2	2	2	3	3	4	4
2,6	1	2	2	3	3	4	4
2,8	1	2	2	2	3	3	4
3,0	1	2	2	3	3	3	4

Extraído de: BRASIL, 2017.

4.4 CONDUTIVIDADE

O gráfico abaixo (Figura 12) expressa a média da triplicata de cada ponto para a condutividade.

Figura 12: Condutividade da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.

Levando em consideração, por exemplo, que a água mineral tem em torno de 50 $\mu\text{S/cm}$ e a água do sistema de abastecimento em Cabedelo 100 $\mu\text{S/cm}$, podemos afirmar que nos pontos 1, 2 e 4 a condutividade elétrica encontra-se bastante elevada, já o ponto 3, tem condutividade elétrica com valores na média de águas de abastecimento.

Para caracterizar as amostras em níveis de salinidade de acordo com a resolução 357 do CONAMA, os valores de condutividade da figura 12 foram convertidos em permilagem de salinidade, obtendo os seguintes resultados: ponto 1 (0,03 ‰), ponto 2 (0,02 ‰), ponto 3 (0,005 ‰) e ponto 4 (0,01 ‰). A resolução classifica como água doce, águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰, portanto, em todos os pontos analisados, a água se enquadra como água doce.

Bezerra, et al., (2016) analisando parâmetros físico-químicos em águas de chuvas em cisternas rurais em São Sebastião de Lagoa de Roça-PB, obteve água doce em todas as amostras com resultados entre 18,67 $\mu\text{S/cm}$ (0,001 ‰) e 480,33 $\mu\text{S/cm}$ (0,03 ‰), concluindo que as cisternas que receberam abastecimento por carro pipa apresentaram maiores valores de condutividade do que as cisternas abastecidas exclusivamente com água de chuva.

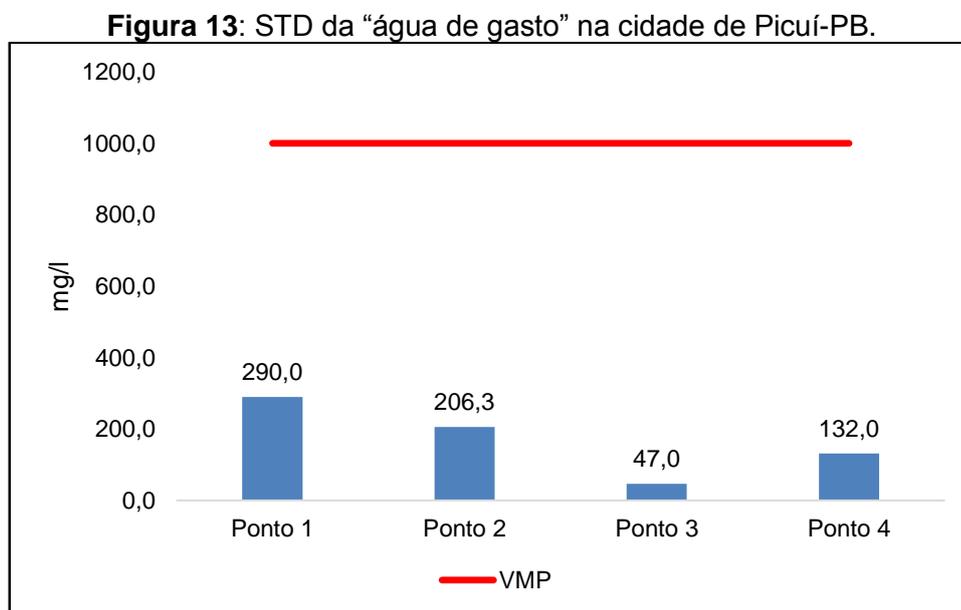
Analisando os padrões físico-químicos e microbiológicos da água para consumo humano da cidade de Massaranduba-PB, Silva, et al., (2015) obteve também resultados de água doce com 755,0 $\mu\text{S/cm}$ (0,04 ‰) em amostra da torneira

e 56,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,003 ‰) em amostra da cisterna, o valor encontrado na torneira obteve maior condutividade elétrica do que as encontradas em Picuí.

A formação geológica pode influenciar a condutividade, STD e cloretos nos corpos hídricos. A região de Picuí possui litologia predominantemente ígnea com os pegmatitos, e metamórficas como xistos e gnaisses, quando esses pegmatitos se alteram acabam liberando sais de Cálcio e Potássio, que podem ser a fonte de sais para as águas da região. Outro fator que pode interferir nessas concentrações de sais é devido as altas temperaturas que favorecem a evaporação nas regiões-semiáridas, as áreas cultivadas acabam acumulando excessivamente sais que podem ser carreados para os rios ou infiltrar no solo quando dissolvidos na água da chuva.

4.5 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

O gráfico abaixo (Figura 13) expressa a média da triplicata de cada ponto para os STD e o VMP pela legislação.



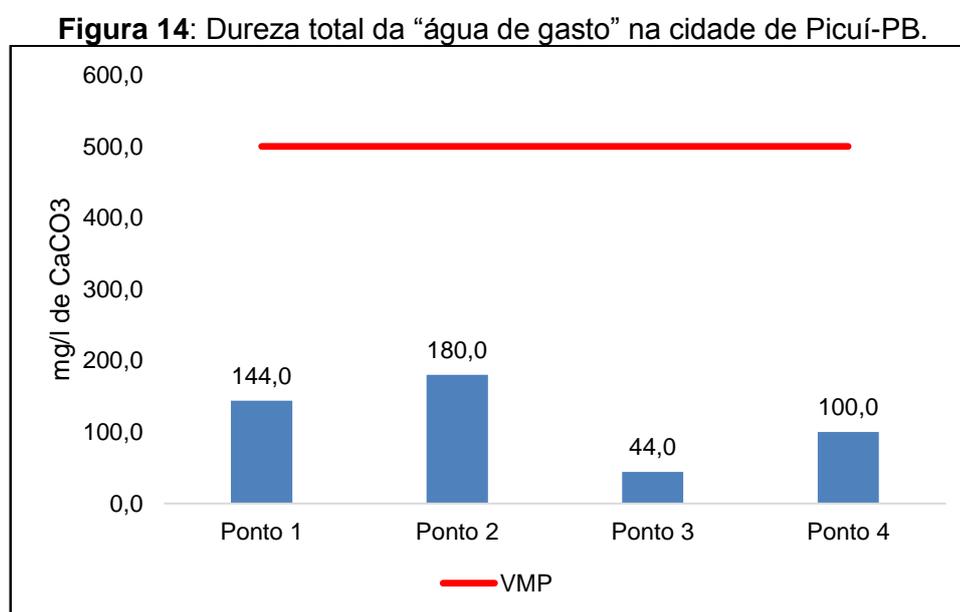
Apesar da condutividade elétrica ter altos valores nas amostras, o valor de STD em todas as amostras encontram-se de acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (Figura 13), com destaque para o ponto 3 que apresentou os menores volumes de STD.

Avaliando as características físico-químicas de água de poço e de cisterna na região de Campina Grande-PB, Gomes (2010) obteve 1.324 mg/L para água da cisterna e 1.054 mg/L para água do poço, ficando as duas amostras com STD acima do VMP. Altas concentrações de STD podem afetar as características organolépticas da água.

Cruz, et al., (2015) analisando a qualidade de água armazenada em cisternas no semiárido pernambucano, encontrou resultados semelhantes aos encontrados em Picuí, com todas as amostras apresentando STD inferior ao VMP. Para as cisternas com água de captação da chuva, as concentrações variaram entre 14-104 mg/L.

4.6 DUREZA TOTAL

O gráfico abaixo (Figura 14) expressa a média da triplicata de cada ponto para a dureza total e o VMP pela legislação.



Todas as amostras encontram-se de acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (Figura 14).

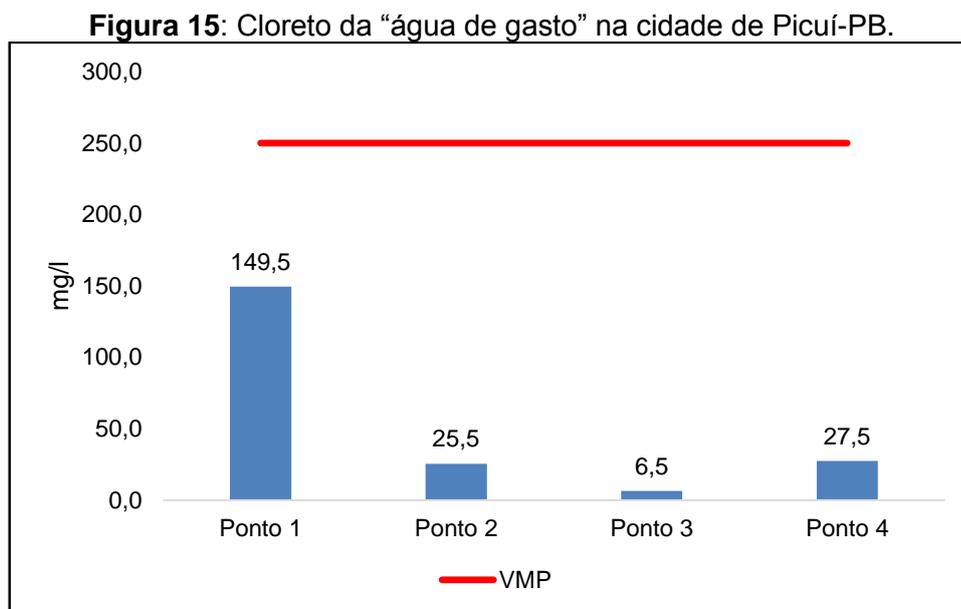
Gomes (2010), avaliando as características físico-químicas de água de poço e de cisterna na região de Campina Grande-PB, obteve 372 mg/L de CaCO₃ para água da cisterna e 284 mg/L de CaCO₃ para água do poço, valores superiores aos

encontrados nas cisternas de Picuí, porém, ainda estão abaixo do VMP estipulado pela portaria.

Analisando os padrões físico-químicos e microbiológicos da água para consumo humano da cidade de Massaranduba-PB, Silva, et al., (2015) obteve 197,5 mg/L de CaCO_3 em amostra da torneira e 23,8 mg/L de CaCO_3 em amostra da cisterna, valores aproximados aos obtidos nesta pesquisa.

4.7 CLORETOS

O gráfico abaixo (Figura 15) expressa a média da triplicata de cada ponto para cloretos e o VMP pela legislação.



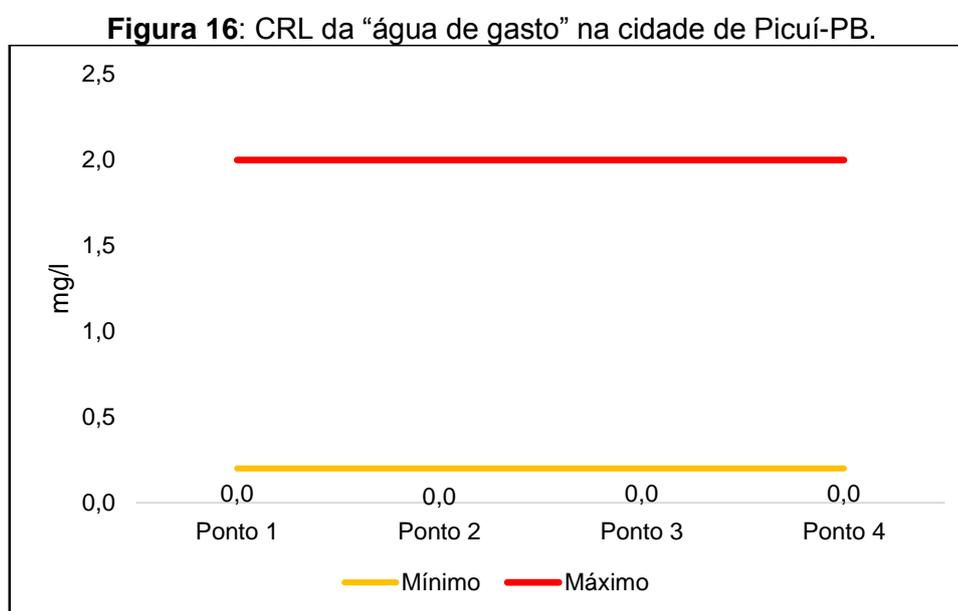
Todas as amostras encontram-se de acordo com o anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (Figura 15), com destaque para o ponto 1 que apresentou altos índices de cloreto em comparação com os outros pontos.

Analisando os padrões físico-químicos e microbiológicos da água para consumo humano da cidade de Massaranduba-PB, Silva, et al., (2015) obteve 232,5 mg/L em amostra da torneira e 42,6 mg/L em amostra da cisterna. Destaca-se o valor obtido na torneira, chegando próximo ao VMP, ficando bem acima do ponto com maior valor encontrado em Picuí.

Gomes (2010), avaliando as características físico-químicas de água de poço e de cisterna na região de Campina Grande-PB, obteve 675 mg/L para água da cisterna e 465 mg/L para água do poço, valores bem superiores aos encontrados nas cisternas de Picuí, ficando inclusive bem acima do VMP estipulado pela portaria.

4.8 CLORO RESIDUAL LIVRE (CRL)

O gráfico abaixo (Figura 16) expressa a média da triplicata de cada ponto para CRL (realizada a partir do método titulométrico) e os valores máximos e mínimos exigidos pela legislação.



Todas as amostras encontram-se fora dos valores exigidos no anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (Figura 16), a análise feita *in loco* apresentou os mesmos resultados.

A ausência de CRL nas amostras é extremamente preocupante porque o teor mínimo exigido pela legislação garante que caso haja alguma contaminação microbiológica pontual, o cloro será responsável por sua desinfecção. Como todas as amostras indicam 0,0 mg/L de cloro, todas as cisternas/caixas de água estão susceptíveis a contaminação e proliferação microbiológica de organismos patogênicos ou não.

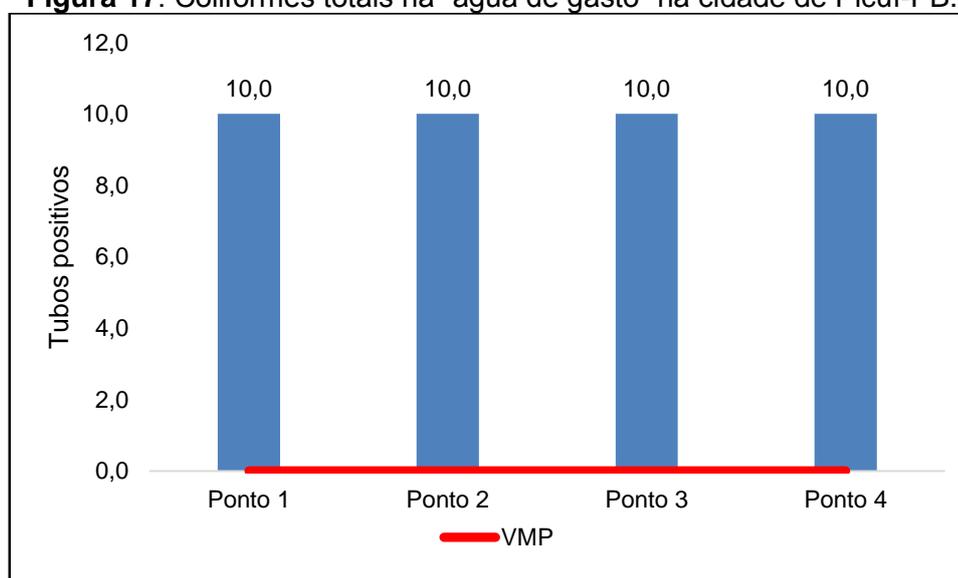
Gomes (2010), avaliando as características físico-químicas de água de poço e de cisterna na região de Campina Grande-PB, obteve 0,59 mg/L para água da

cisterna e 0,0 mg/L para água do poço. O valor de CRL encontrado na água da cisterna está dentro do exigido pela legislação, portanto, caso haja alguma contaminação microbiológica, este CRL irá agir para eliminar estes microrganismos.

4.9 COLIFORMES TOTAIS

O gráfico abaixo (Figura 17) mostra a quantidade de tubos positivos para coliformes totais, vale salientar que para cada amostra foram incubados 10 tubos, com 10 ml cada e não houve diluição.

Figura 17: Coliformes totais na “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.



Todas as amostras encontram-se fora dos valores exigidos no anexo XX da portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (Figura 17). De acordo com esta portaria, em soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes, apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, pode apresentar resultado positivo, devendo ser coletada uma amostra no ponto de consumo para cada 500 habitantes, em mananciais superficiais a frequência é semanal, já para mananciais subterrâneos a frequência é mensal.

Como todos os tubos positivaram, infelizmente não é possível quantificar com precisão o NMP de microrganismos, já que, na hipótese de todos os tubos positivarem, é necessário a realização de diluição para avaliação mais precisa do

NMP de microrganismos. Porém, é possível afirmar que as amostras contêm quantidades significativas de coliformes totais, com NMP >23 em 100 ml de água.

Cruz, et al., (2015) analisando a qualidade de água armazenada em cisternas no semiárido pernambucano, encontrou resultados semelhantes, com a presença de coliformes totais em todas as amostras. Moreira e Campolino (2017), analisando coliformes totais em água de cisternas no município de Inhaúma-MG, obteve também os mesmos resultados.

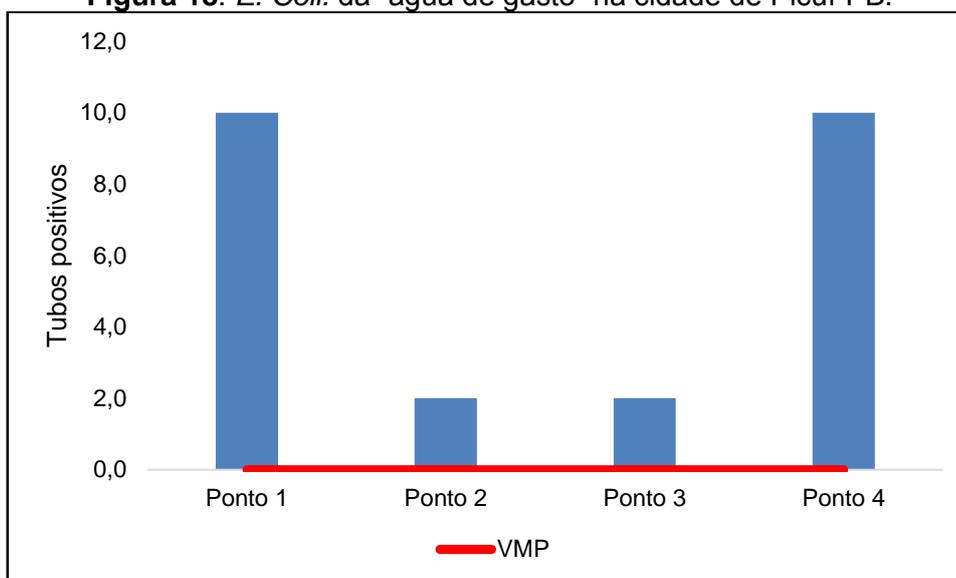
A presença de coliformes totais nas amostras indica um tratamento inadequado da água ou contaminação após o tratamento ou até mesmo a inexistência de tratamento. Águas de abastecimento por carro pipa devem manter um teor de CRL mínimo de 0,5 mg/L, e nas residências, o controle deve ser feito com frequência para evitar a contaminação, tendo em vista a volatilidade do Cloro.

O grupo coliformes totais, é composto por bactérias entéricas e não entéricas, portanto, a presença deste grupo de bactérias nas amostras, não significa que a água teve contato com fezes de animais de sangue quente (aves e mamíferos, inclusive os seres humanos), a coleta da água da chuva sem esperar as primeiras chuvas que “lavam o telhado” aliado a ausência de CRL, certamente são fatores determinantes para o grande volume de tubos positivos. O ponto 2, único em que a água da chuva não é coletada teve um tubo com a coloração próxima a dar negativo, o que mesmo sem precisão, indica ser o com menor NMP dos 4 pontos analisados.

A amostra em branco (água autoclavada a 121 °C por 30 minutos), teve todos os tubos negativados.

4.10 *ESCHERICHIA COLI*

O gráfico abaixo (Figura 18) mostra a quantidade de tubos positivos para *E. Coli.*, vale salientar que todos os tubos positivaram para coliformes totais, portanto existia a possibilidade de todos positivarem também para *E. Coli.*

Figura 18: *E. Coli.* da “água de gasto” na cidade de Picuí-PB.

É extremamente preocupante os resultados obtidos, principalmente nos pontos 1 e 4, onde os 10 tubos tiveram resultado positivo, com NMP >23 em 100 ml de água. Como todos os tubos dos pontos 1 e 4 positivaram, infelizmente não é possível quantificar com precisão o NMP de microrganismos. Já nos pontos 2 e 3, a quantidade de tubos positivos foi menor, 2 tubos positivaram, obtendo assim o NMP de 2,2 em 100 ml de água.

Cruz, et al. (2015) analisando a qualidade de água armazenada em cisternas no semiárido pernambucano, encontrou resultados semelhantes, com a presença de *E. Coli.* em 10, das 12 amostras analisadas. Já Freitas, et al., (2015) avaliando a qualidade da água de cisternas residenciais no município de Araruna-PB, obteve ausência de coliformes termotolerantes em todas as amostras.

A presença de *E. Coli.* requer providências imediatas de desinfecção e até substituição da água, tendo em vista que esse grupo de bactérias é considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente de aves e mamíferos, inclusive o ser humano, e de eventual presença de organismos patogênicos.

Assim como para os resultados de coliformes totais a coleta da água da chuva sem esperar as primeiras chuvas que “lavam o telhado” aliado a ausência de CRL, certamente são fatores determinantes para o grande volume de tubos positivos para *E. Coli.*

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das grandes suspeitas da qualidade da “água de gasto” utilizada pela população da cidade de Picuí, a maior parte dos parâmetros físico-químicos analisados tiveram resultados dentro do exigido pela legislação que trata de água para consumo humano, com exceção apenas do cloro residual livre que foi ausente nos quatro pontos de coleta.

Os parâmetros microbiológicos analisados tiveram resultados alarmantes. A ausência de cloro residual livre e a coleta de água da chuva são fatores que provavelmente elevaram os números de tubos positivos. O ponto 2, mesmo não realizando coleta da água da chuva obteve 10 tubos positivos para coliformes totais e 2 para *E. Coli*. o que nos faz questionar sobre a qualidade da água comprada e a frequência de limpeza da cisterna/caixa. Para análises microbiológicas quantitativas nas cisternas é necessário realizar diluição

A “água de gasto” mesmo não sendo utilizada para beber e cozinhar (em sua maioria), é de grande risco para a população, já que é utilizada pra tomar banho, entrando em contato com a pele e mucosas, e para escovar os dentes ocorrendo inclusive ingestão de pequena quantidade.

É sugerido a população que realize a limpeza e desinfecção das cisternas e das caixas de água com solução clorada em uma frequência mínima de 6 meses. É importante aguardar as primeiras chuvas para que ocorra a limpeza dos telhados e após isso iniciar a coleta da água da chuva. Importante também o acompanhamento do CRL, que pode ser feito por qualquer pessoa com o kit de teste para cloro, que tem custo acessível, e quando necessário realizar a cloração para evitar contaminações microbiológicas patogênicas.

A secretaria municipal de saúde, o responsável pelos poços e reservatórios de água e os revendedores que utilizam os carros pipas para transporte, possuem obrigações legais para assegurar a qualidade da água fornecida a população, estando sujeitos estes fornecedores a Lei nº 6.437 de 20 de agosto de 1997 que configura infrações à legislação sanitária federal, com penalidade que vão de advertência e multa a suspensão de vendas, sem prejuízo das sanções de natureza civil ou penal cabíveis.

Para obter um panorama mais completo sobre as águas utilizadas em Picuí, faz-se necessário a realização de análises nos pontos de captação e no momento de entrega ao consumidor final, podendo assim avaliar inclusive a ocorrência de contaminações durante o transporte. Faz-se também necessário avaliar outros parâmetros como Alumínio, Ferro, Manganês, Zinco, Mercúrio, cianotoxinas, contagem de bactérias heterotróficas, entre outros.

REFERÊNCIAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. Volume de açudes. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude>> Acesso em: 05 de março de 2019.

ANA – Agência Nacional das Águas. Atlas Brasil. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=20>> Acesso em: 19 março de 2019.

BEZERRA, T. P.; SILVA, T. C. da; MACHADO, T. T. V.; DIAS, J. T.; FIGUEIREDO; **Avaliação de parâmetros físico químicos: pH, condutividade elétrica e temperatura para águas de chuva em cisternas rurais.** X Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva. Belém, Pará, 2016. Disponível em: <http://10sbcmac.ufpa.br/anais/ARQUIVOS/GT1-1-45-20161120155000.pdf>> Acesso em: 15 de março de 2019.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade de água para consumo humano.** Secretaria de vigilância em saúde. Brasília: Ministério da saúde, 2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs/** Fundação Nacional de Saúde. 1. ed. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de consolidação nº. 5, de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do sistema único de saúde.** Brasília, 2017. Anexo XX, p. 432-456.

BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Brasília, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 11 de março de 2019.

BRASIL. Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1997. **Configura infrações a legislação sanitária federal, estabelece as sanções respectivas, e dá outras providências.** Brasília, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6437.htm> Acesso em 11 de março de 2019.

BROWN, T.L.; et al. **Química: a ciência central.** Trad. H. Macedo. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2005. 9 ed. 972 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Picuí, estado da Paraíba.** Recife: CPRM/PROEEM, 2005.

CRUZ, P. S.; VIANA, L. G.; LIMA, B. M. P. de; LIRA, C. R. C.; BARBOSA, R. M. B.; **Análise da qualidade da água armazenada em diferentes tipos de cisternas no semiárido pernambucano.** XXI Simpósio brasileiro de recursos hídricos. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/sbrh/detalhes-704_analise-da-qualidade-da-agua-armazenada-em-diferentes-tipos-de-cisternas-no-semiarido-pernambucano> Acesso em: 15 de março de 2019.

FREITAS, B. A. de; SOUSA, A. O. de; ALMEIDA, M. S.; SANTOS, F. A. da S.; ALMEIDA, A. P. A.; **Análise da qualidade da água de cisternas residenciais no município de Araruna-PB.** II workshop internacional sobre água no semiárido brasileiro. Campina Grande, Paraíba, 2015. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO_EV044_MD4_SA6_ID295_27082015090551.pdf> Acesso em: 12 de fevereiro de 2019.

GARCEZ, L. N. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária Laboratório de Saneamento. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnica%20de%20Laboratorio_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf> Acesso em: 05 de janeiro de 2019.

GOMES, F. D. C. **Avaliação das características físico-químicas de água de poço e de cisterna.** 2017. 24f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>> Acesso em: 19 de março de 2019.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. Volume de açudes. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude>> Acesso em: 05 de março de 2019.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 2 ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2008.

MEYER, Sheila T. **O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 99-110, 1994. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102311X1994000100011&lng=en&nrm=iso> Acesso em 18 de março de 2019.

MOREIRA, C. R.; CAMPOLINO, M. L. **Análise de coliformes totais em água de cisternas no município de Inhaúma/MG.** Revista Brasileira de Ciências da Vida, [S.l.], v. 5, n. 5, dez. 2017. ISSN 2525-359X. Disponível em:

<<http://jornal.faculdadecienciasdavid.com.br/index.php/RBCV/article/view/473>>
Acesso em: 16 março de 2019.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez.** Estud. av., São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-154, abr. 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340141997000100007&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 5 de março de 2019.

SILVA, D. S. da; FREIRE, V de A.; SILVA, A. M. da; FERREIRA, K. R. M; **Análise dos padrões físico-químicos e microbiológicos para consumo humano da cidade de Massaranduba-PB.** II workshop internacional sobre água no semiárido brasileiro. Campina Grande, Paraíba, 2015. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO_EV044_MD4_SA3_ID69_10092015073005.pdf> Acesso em 12 de fevereiro de 2019.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S. dos; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos e análise microbiológica de alimento e água.** 4 ed., São Paulo: Livraria Varela, 2010.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias.** Campina Grande: 2001. 266 p.