

Potabilidade da água em escolas municipais de Capanema-PA: Uma proposta de melhoria com sistema simplificado de tratamento

Water potability in municipal schools in Capanema-PA: A proposal for improvement with a simplified treatment system

Potabilidad del agua en las escuelas municipales de Capanema-PA: Una propuesta de mejora con un sistema de tratamiento simplificado

Recebido: 18/08/2022 | Revisado: 05/09/2022 | Aceito: 14/09/2022 | Publicado: 21/09/2022

Nayara Sousa da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2329-334X>

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

E-mail: naysilva.bio@gmail.com

Mariane Furtado Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2905-1480>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: marianefg@ufpa.br

Ellen Peixoto Pinon Friaes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1490-6108>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

E-mail: ellenpinon@yahoo.com.br

Resumo

A avaliação da qualidade da água para consumo humano é essencial na prevenção da saúde da população. Mediante a falta de políticas públicas voltadas ao tratamento de água, o monitoramento é de grande importância para a obtenção de dados informativos sobre a qualidade da água consumida, visando os padrões de potabilidade, principalmente em sistemas de abastecimento coletivo, tais como escolas. Desta forma, o trabalho teve como objetivo verificar por meio de análises físico-químicas e microbiológicas a qualidade da água dos poços que abastecem os reservatórios e a água armazenada nos bebedouros de cinco escolas do município de Capanema-PA, além de averiguar se estas estão em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Realizaram-se 123 amostras de água, sendo 60 amostras dos poços, 60 dos bebedouros e 03 das torneiras. Foi possível observar que a água foi considerada insatisfatória por diferentes fatores, podendo ser pela presença de organismos patogênicos (coliformes fecais e *Escherichia coli*), turbidez e/ou pH fora dos padrões estabelecidos na legislação. Mediante aos resultados microbiológicos insatisfatórios obtidos, em algumas escolas, foram implantados cloradores simplificados para o tratamento da água. Os resultados obtidos revelam que os parâmetros físico-químicos e microbiológicos apresentam a necessidade de ações corretivas em todas as etapas do fornecimento de água para consumo humano, através das condições de higiene tomadas pelos responsáveis do abastecimento na escola e também pelo monitoramento e controle da qualidade da água pelas autoridades sanitárias.

Palavras-chave: Potabilidade da água; Poços; Bebedouros; Escolas; Cloradores.

Abstract

The assessment of the quality of water for human consumption is essential in preventing the health of the population. Due to the lack of public policies aimed at water treatment, monitoring is of great importance to obtain informative data on the quality of the water consumed, aiming at potability standards, especially in collective supply systems, such as schools. In this way, the work aimed to verify, through physical-chemical and microbiological analysis, the quality of the water of the wells that supply the reservoirs and the water stored in the drinking fountains of five schools in the municipality of Capanema-PA, in addition to verifying if these are in accordance with the potability standards established by the Ministry of Health. A total of 123 water samples were carried out, 60 from the wells, 60 from the drinking fountains and 03 from the taps. It was possible to observe that the water was considered unsatisfactory due to different factors, which could be due to the presence of pathogenic organisms (fecal coliforms and *Escherichia coli*), turbidity and/or pH outside the standards established in the legislation. Due to the unsatisfactory microbiological results obtained, in some schools, simplified chloradpores were implanted for water treatment. The results obtained

reveal that the physical-chemical and microbiological parameters present the need for corrective actions at all stages of the supply of water for human consumption, through the hygiene conditions taken by those responsible for supplying the school and also by monitoring and controlling the quality of water by the health authorities.

Keywords: Water Potability; Wells; Drinking fountains; Schools; Chlorinator.

Resumen

La evaluación de la calidad del agua para consumo humano es fundamental en la prevención de la salud de la población. Debido a la falta de políticas públicas dirigidas al tratamiento del agua, el monitoreo es de gran importancia para obtener datos informativos sobre la calidad del agua consumida, visando estándares de potabilidad, especialmente en los sistemas de abastecimiento colectivo, como las escuelas. De esta forma, el trabajo tuvo como objetivo verificar, a través de análisis físico-químicos y microbiológicos, la calidad del agua de los pozos que abastecen los embalses y el agua almacenada en los bebederos de cinco escuelas del municipio de Capanema-PA, en además de verificar si estos cumplen con los estándares de potabilidad establecidos por el Ministerio de Salud. Se realizaron un total de 123 muestreos de agua, 60 de los pozos, 60 de los bebederos y 03 de los grifos. Se pudo observar que el agua fue considerada insatisfactoria por diferentes factores, los cuales pueden ser por la presencia de organismos patógenos (coliformes fecales y *Escherichia coli*), turbiedad y/o pH fuera de los estándares establecidos en la legislación. Debido a los resultados microbiológicos insatisfactorios obtenidos, en algunas escuelas se implantaron cloradoras simplificadas para el tratamiento del agua. Los resultados obtenidos revelan que los parámetros físico-químicos y microbiológicos presentan la necesidad de acciones correctivas en todas las etapas del abastecimiento de agua para consumo humano, a través de las condiciones de higiene que toman los responsables del abastecimiento de la escuela y también mediante el seguimiento y control de la calidad de agua por parte de las autoridades sanitarias.

Palabras clave: Potabilidad del agua; Pozos; Fuentes de agua potable; Escuelas; Clorador.

1. Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), toda a população em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas, devem ter acesso a água potável (Scuracchi, 2011). Portanto, a água utilizada para o consumo humano deve ser isenta de qualquer tipo de contaminante, sendo que esta contaminação advém das fontes de água e/ou dos reservatórios, caso estejam em condições inadequadas de higiene e conservação.

O controle e vigilância da qualidade da água e seu padrão de potabilidade no Brasil, são estabelecidos no Capítulo V da Portaria de Consolidação nº 5 de 20 de outubro de 2017 - anexo XX, que juntamente com a ação da Secretaria de Vigilância Sanitária, define que a água para o consumo humano deve estar em conformidade com o conjunto de valores solicitados pela legislação, como a turbidez, pH, temperatura, cloro residual, entre outros, além do padrão microbiológico (Brasil, 2017).

A contaminação da água advém de agentes patogênicos, como os protozoários, helmintos, vírus e bactérias, oriundos principalmente da contaminação fecal humana e animal. Gerando assim, doenças de origem hídrica, quando utilizadas para o consumo humano, principalmente em regiões onde as condições de saneamento básico são precárias (Cardoso et al., 2007).

Assim, dentre alternativas simplificadas para desinfecção da água para consumo humano, recomenda-se a utilização de cloradores. A desinfecção da água pelo clorador simplificado, consiste em um método de tratamento que utiliza hipoclorito de sódio (NaOCl), ou seja, água sanitária, que promove a inativação dos microrganismos patogênicos, além de prevenir o crescimento microbiológico nas redes de distribuição (Rodrigues, 2018).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística – IBGE (2010), o município de Capanema-Pa, dispõe de cinquenta e cinco estabelecimentos de ensino fundamental distribuídos na zona urbana e rural. A maioria das escolas municipais urbanas possuem o próprio sistema de abastecimento de água por poços artesianos, que suprem as necessidades da comunidade escolar, mas que geralmente não apresentam boa qualidade, ou seja, existem fontes de água subterrânea que podem apresentar riscos de contaminação, gerando assim diversos malefícios para a saúde dos indivíduos que utilizam da água para consumo.

Segundo Rocha, Rosico, Silva, Da Luz, e Fortuna (2010), no Brasil diversas escolas não possuem um programa de

higienização dos reservatórios de água, podendo ser por imprudência ou pela falta de conhecimento dos malefícios que podem ser gerados. Portanto, esses reservatórios passam longos períodos sem nenhum tipo de tratamento, consequentemente ocasionando algum tipo de doença por ingestão da água de má qualidade.

Assim, analisar a potabilidade das águas captadas e utilizadas em bebedouros de escolas municipais de Capanema-Pa e propor um sistema de tratamento de água por desinfecção foi o objetivo principal deste trabalho, mas para isso foi necessário a realização de análises físico-químicas e microbiológicas das águas dos poços e dos bebedouros das escolas municipais, a implantação de protótipos de tratamento simplificado por desinfecção nos sistemas de abastecimento e a verificação da eficiência do tratamento implantando.

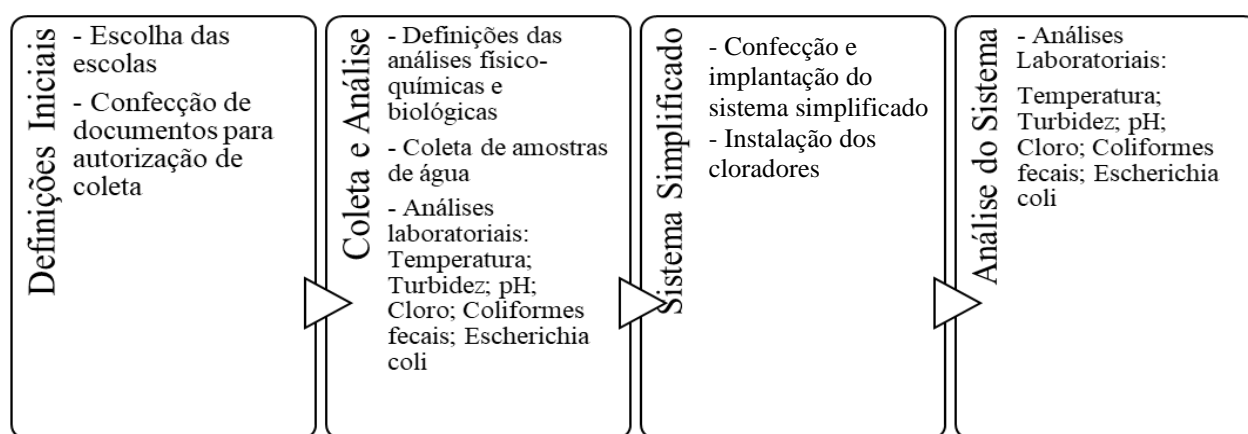
2. Metodologia

Esta pesquisa se dividiu entre pesquisa bibliográfica, de campo e laboratorial. Primeiramente se realizou uma pesquisa bibliográfica, como apresentado na Figura 1, para a definições iniciais com o levantamento das escolas localizadas no Município de Capanema para a então definição da área de estudo. As escolas foram definidas a partir dos seguintes critérios:

- 1° - Localização: quatro escolas ficam localizadas em bairros periféricos;
- 2° - Escolas que abrangem a educação Infantil e Fundamental;
- 3° - Escolas que apresentavam maior índice de contaminação pela bactéria *Escherichia coli* em anos anteriores a pesquisa.

Em seguida foram realizadas as pesquisas de campo e laboratoriais, com as coletas de amostras de água, as análises laborais dessas amostras, e a implantação de um sistema simplificado de tratamento de água, quando necessário. A sequência do presente estudo pode ser observada na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma: Etapas do desenvolvimento do estudo.



Fonte: Autores (2022).

Área de Estudo

O município de Capanema é localizado na mesorregião do nordeste do Pará, incluso na Microrregião Bragantina, tem sua sede nas coordenadas 01° 11' 45" S e 47° 10' 51" W, distante 160 km da capital do estado, Belém. A cidade situa-se no bioma Amazônia, possui uma população de 63.639 habitantes, extensão territorial de 614,693 km² (IBGE, 2010).

O estudo foi desenvolvido em cinco Escolas Municipais de Ensino Infantil e Fundamental (EMEIF) de Capanema-

PA, sendo estas: EMEF Jorge Travassos, EMEF Euclides Cumaru, EMEF Maximiana Menezes, EMEF Olga Costa e EMEF Joaquim Costa.

A Escola Municipal Jorge Travassos está localizada na rua Miguel Leite, Bairro da Primeira, atendendo os níveis de ensino infantil com 74 alunos, fundamental 401 alunos e Educação Especial com 48 alunos, além da Educação de jovens e adultos com 89 alunos matriculados (QEDU, 2018).

A Escola Municipal Euclides Cumaru, está localizada na rua Magalhães Barata, Bairro da Primeira, atendendo os níveis de ensino Infantil com 44 alunos e Fundamental com 147, além da educação especial com 5 alunos (QEDU, 2018).

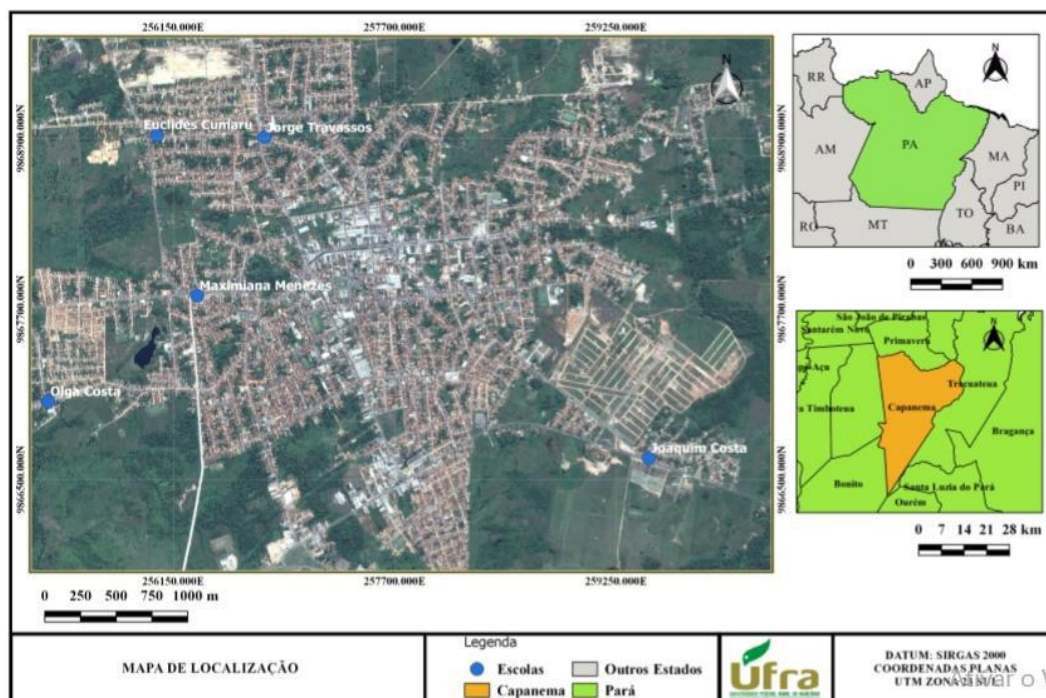
A Escola Municipal Maximiana Menezes, fica localizada na Avenida Barão de Capanema, Bairro Areia Branca, trabalha com 31 alunos do ensino Infantil, 229 do ensino Fundamental e 26 da Educação Especial (QEDU, 2018).

A Escola Municipal Olga Costa, está localizada na rua Antônio Gerônimo, Bairro Santa Luzia, atendendo os níveis de ensino Infantil com 68 alunos, ensino Fundamental com 224 alunos, além da Educação Especial que compreende cerca de 15 alunos matriculados (QEDU, 2018).

A Escola Municipal Joaquim da Costa Melo, fica localizada na Rua Holanda Rios, Bairro São Pedro e São Paulo, atendendo os níveis Infantil e Fundamental, com 103 e 204 alunos respectivamente (QEDU, 2018).

Pode-se observar na Figura 2 o mapa com a localização das cinco escolas municipais.

Figura 2. Mapa de localização das cinco escolas.



Fonte: Autores (2022).

Coleta das amostras de água

Foram coletadas 123 amostras de água utilizada para o consumo humano em um período de seis meses, divididas da seguinte maneira: 60 amostras coletadas diretamente do ponto de entrada da rede (poço) e 60 coletadas nos bebedouros das escolas. Além dessas, foram coletadas 03 amostras nas torneiras das cozinhas no mês de junho em três escolas.

As coletas das amostras de água foram realizadas mensalmente, nos meses de janeiro à junho, sendo que em cada

escola foi feita a coleta de 04 amostras, 02 amostras no poço e 02 amostras no bebedouro.

Para a coleta foram utilizados sacos plásticos estéreis que possuem a capacidade de 100ml, estes foram identificados por datas, hora, pontos de coleta, tratada (T) ou não tratada (NT). Também foram utilizados outros materiais, como luvas, algodão e álcool 70% para a esterilização das torneiras. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em um isopor contendo gelo reciclável para manter a refrigeração durante o transporte ao Laboratório de Provas Básicas de Água em Capanema-PA.

Análises Laboratoriais

Em conformidade com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram adotados para verificar a qualidade da água das escolas, sendo estes: temperatura, turbidez, pH, cloro residual, coliformes fecais e *Escherichia coli*. Tais análises foram realizadas com diferentes reagentes e equipamentos (Tabela 1) no Laboratório de Provas Básica de Água, localizado na Secretaria de Saúde Pública do Estado do Pará (SESPA) e no Laboratório da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

A análise da temperatura foi realizada com o equipamento Infrared Thermometer, que verifica a temperatura entre 50° C negativo à 420° C positivo, o equipamento é direcionado aos sacos coletores que contém as amostras e o resultado é obtido através de um laser digital infravermelho.

Para determinação da turbidez (partículas sólidas em suspensão) foi utilizado o aparelho Turbidímetro AP 2000 da Policontrol. As amostras foram colocadas em uma cubeta de vidro apropriada, introduzida e posicionada corretamente. A leitura forneceu resultados em uT (unidade turbidez).

Tabela 1. Parâmetros analisados, juntamente com os métodos e equipamentos utilizados no laboratório.

| Parâmetros | Método/Equipamento | Laboratório |
|--------------------|---|-------------|
| Temperatura | Infrared Thermometer | SESPA |
| Turbidez | Turbidímetro AP 2000 | SESPA |
| pH | pHmetro LUCADEMA 512-4740 | UFRA |
| Cloro Residual | DPD Free Chlorine Reagent / Clorímetro CL-800 | SESPA |
| Coliformes fecais | Colilert-Quanti-Tray | SESPA |
| <i>Escherichia</i> | Colilert-Quanti-Tray | SESPA |

Fonte: Autores (2022).

O potencial hidrogeniônico (pH) das amostras de água, foram determinados com a utilização do pHmetro modelo LUCADEMA 512-4740, devidamente calibrado. A amostra foi transferida para um becker de 50 mL, onde foi introduzido um eletrodo para obtenção do valor do pH da amostra.

O ensaio do cloro residual foi realizado após o tratamento da água por desinfecção, com a utilização do reagente DPD Free Chlorine Reagent, que é o principal elemento de reação quando adicionado à amostra, resultando em uma coloração rosa indicando presença de cloro. A concentração do cloro residual foi determinada no Clorímetro CL-800.

Na análise dos parâmetros bacteriológicos, é possível a obtenção da presença e ausência de coliformes fecais e *Escherichia coli*, fazendo uso do método Colilert-Quanti-Tray. O método consiste na mistura do reagente DST (Defined Substrate Technology) em 100 ml de amostra presente no saco coletor, após este procedimento as amostras são incubadas em

uma estufa por 24 horas em no mínimo 33,5° C e no máximo 36,5° C, ao serem retiradas é possível perceber que as amostras adquirem uma coloração amarelada, isto ocorre quando as bactérias coliformes metabolizam o ONPG (ortonitrofenil-β-D-galactopiranosídeo), que serve como nutriente e indicador. Logo, as amostras detectadas com coliformes fecais são submetidas a um equipamento que incide sob elas uma luz UV, portanto quando as amostras fluorescem sob esta luz (Figura 5), isto indica que a bactéria E. coli metabolizou o MUG (β-glicuronidase sobre o 4-metilumbeliferil-β-D-glicuronídeo), um outro nutriente e indicador (Idexx, 2008).

Confeção de um protótipo do clorador simplificado/ Tratamento por desinfecção

Com o auxílio do técnico do Laboratório de Provas Básicas de Água foram confeccionados e implantados três cloradores simplificados que utilizam Hipoclorito de Sódio, para o tratamento por desinfecção da água presente nos reservatórios. A Tabela 2 apresenta os materiais utilizados na confecção dos cloradores.

Tabela 2. Materiais utilizados na confecção do clorador.

| Materiais | Quantidade | Materiais | Quantidade |
|------------------------------|------------|-------------------|------------|
| Registro Roscável | 3 und | Curva | 3 und |
| Tê soldável | 3 und | Bucha de redução | 3 und |
| Tê com conexão para torneira | 3 und | Tampão para bucha | 3 und |
| Torneira | 3 und | Cano PVC (1,5 m) | 1 und |

Fonte: Autores (2022).

3. Resultados

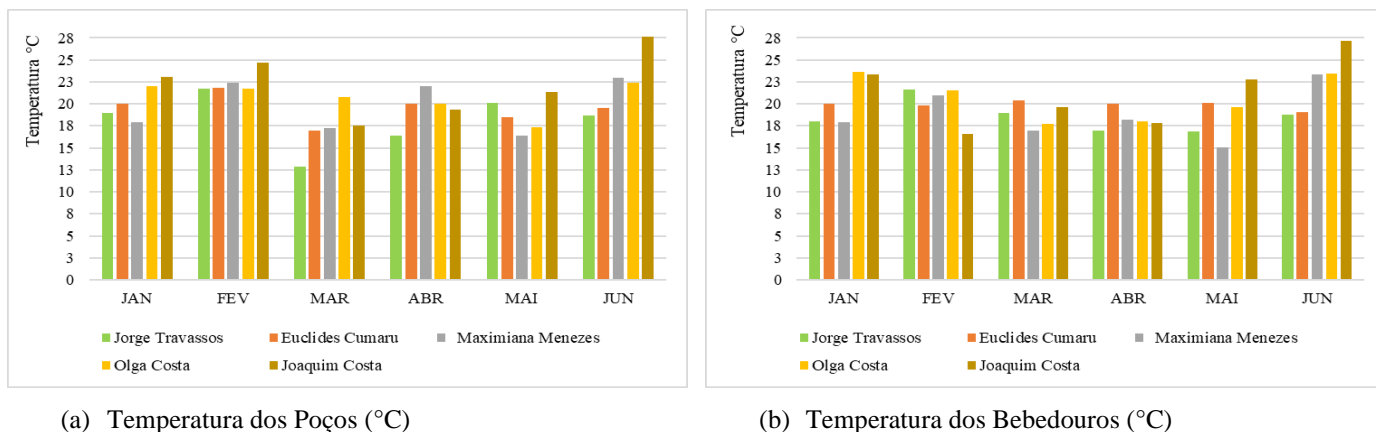
Nesta pesquisa a qualidade da água foi monitorada por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de cinco intuições de Ensino Infantil e Fundamental localizadas no município de Capanema-PA, durante seis meses do ano de 2019. Foram utilizados quatro parâmetros para as determinações físico-químicas e dois para as determinações microbiológicas. As amostras foram coletadas em dez pontos, sendo cinco em poços artesianos e cinco em bebedouros. Os resultados obtidos das coletas dos poços e dos bebedouros são apresentados e discutidos a seguir, sendo confrontados com o que preconiza a Portaria de Consolidação n° 5 do Ministério da Saúde de 2017.

Características Físico-químicas

A temperatura das amostras dos poços apresentou-se na faixa de 12,9°C a 27,6°C, no bebedouro ficou entre 15,1°C a 27,2°C (Figura 3). A legislação de potabilidade não estabelece padrão de temperatura da água para o consumo humano, porém a mesma apresenta correlação com outros parâmetros.

O parâmetro temperatura é de grande importância devido a influência que exerce sob as características físico-químicas e microbiológicas, como na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases, na taxa de crescimento dos microrganismos, entres outros (Sousa, 2001).

Figura 3. Resultados das amostras em relação ao parâmetro físico Temperatura.



Fonte: Autores (2022).

Os valores de turbidez obtidos nas análises de água coletadas nos cinco poços (Figura 4), durante seis meses de coletas apresentaram-se na faixa de 0,10 uT a 14,9 uT (Unidade Turbidez). Esses valores mostram que algumas amostras analisadas se encontram de acordo com o VMP da Portaria e que outras estão acima do valor permitido, visto que o valor máximo permitido é 5,0 uT. Destas amostras 63,3% atendem as normas de potabilidade e 36,7% não estão em conformidade com a Portaria supracitada. Segundo Almeida, Silva e Paula (2017), essa variação de turbidez pode estar relacionada com período chuvoso da região, que aumenta o escoamento superficial e o transporte de partículas e impurezas, promovendo uma água mais turva e com cor aparente elevada. Além disso, a turbidez de águas naturais pode comumente derivar de fragmentos de argila, silte, plâncton, microrganismo e matérias orgânica e inorgânica particuladas (Kuhn, Zart & Oliveira, 2015).

Os valores de turbidez obtidos das amostras dos cinco bebedouros estão na faixa de 0,10 uT a 6,30 uT (Figura 4). Das amostras analisadas 6,7% destas encontram-se acima do VMP (Valor Máximo Permitido) pela legislação, sendo que essa porcentagem se aplica somente a escola Maximiana Menezes, portanto 93,3% da turbidez destes bebedouros estão em conformidade com a Portaria supracitada. Considera-se que os valores mais elevados são resultantes das partículas em suspensão presentes nos reservatórios que abastecem os bebedouros (Castania, 2009). As porcentagens de amostras em conformidade ou em desconformidade com a portaria supracitada foram determinadas de acordo com a equação 1.

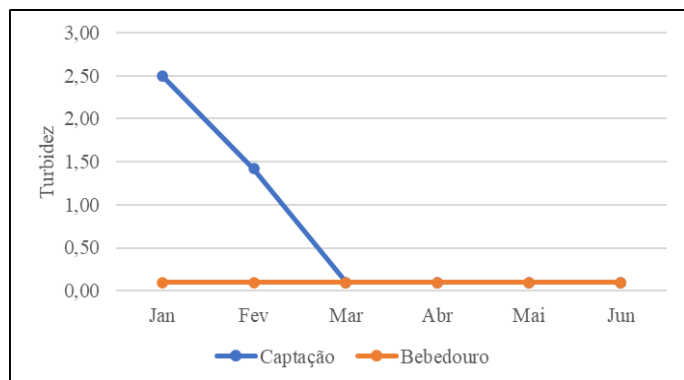
$$T(\%) = (T_A \times 100\%) / (30 \text{ (total de amostras analisadas)}), \text{ em que:}$$

T (%) - Porcentagem de turbidez em conformidade ou desconformidade;

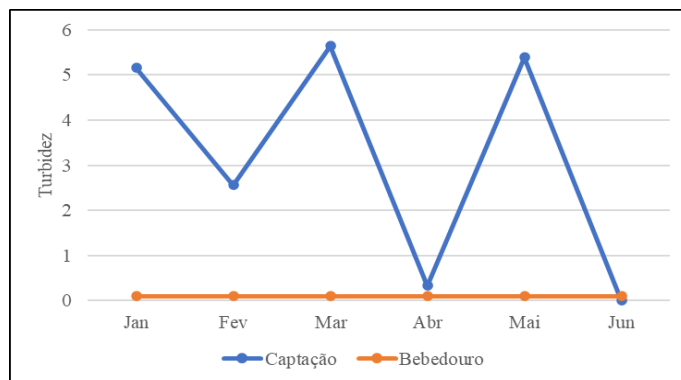
TA - Turbidez analisada individualmente.

Na escola municipal Jorge Travassos, as partículas sólidas em suspensão presentes nas amostras dos poços, mostraram-se mais elevadas nos meses de janeiro e fevereiro, a partir de março a turbidez tornou-se constante até junho, juntamente com os resultados das análises das amostras dos bebedouros, porém estas foram constantes desde o início da pesquisa, como mostra a Figura 4a.

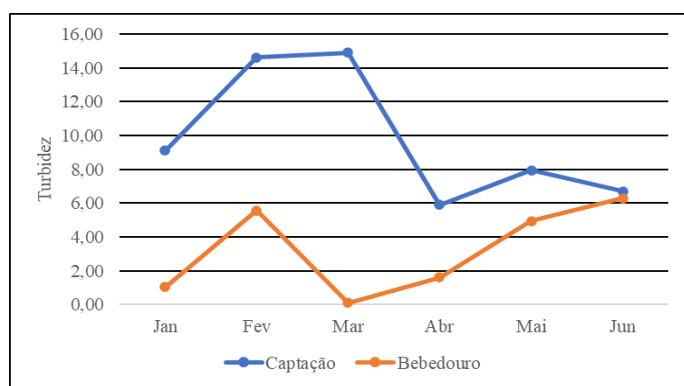
Figura 4. Incidência da turbidez (uT) do poço e bebedouro das escolas municipais.



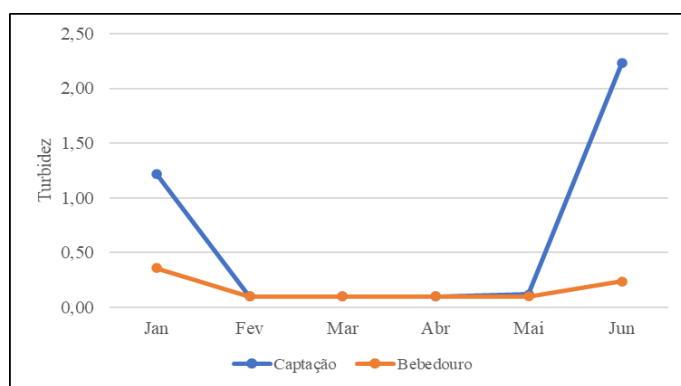
(a) Escola Municipal Jorge Tavares



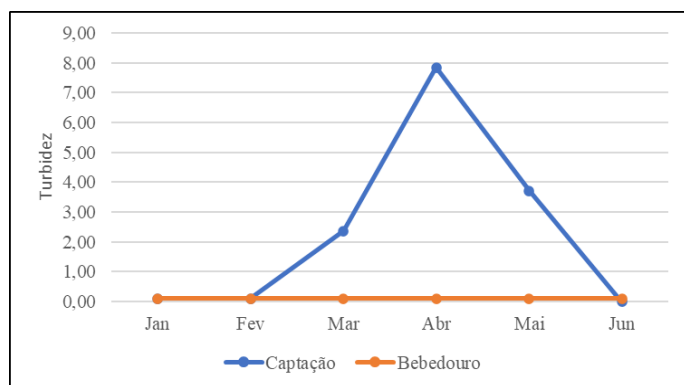
(b) Escola Municipal Euclides Cumaru



(c) Escola Municipal Maximiana Menezes



(d) Escola Municipal Olga Costa



(e) Escola Municipal Joaquim Costa

Fonte: Autores (2022).

Na Figura 4b, a turbidez da escola municipal Euclides Cumaru apresentou-se bastante variada, tendo um pico no mês de janeiro, março e maio e uma brusca redução nos meses de abril e junho. Já nas amostras dos bebedouros a turbidez é constante durante os seis meses de amostragem, considera-se que o filtro esteja em boas condições, consequentemente filtrando as partículas sólidas.

Na escola Maximiana Menezes as amostras coletadas apresentaram-se bastante turvas em ambos os pontos de coleta, sendo mais elevada no poço (Figura 4c). Pode-se observar que no mês de março ocorreu o valor máximo de turbidez, sendo este 14,9 uT. Após a coleta do mês de fevereiro foi realizada a limpeza da caixa d'água e do bebedouro, o que resultou na

redução da turbidez no mês de março na amostra do bebedouro, porém nos meses posteriores nota-se que os valores de turbidez foram crescentes.

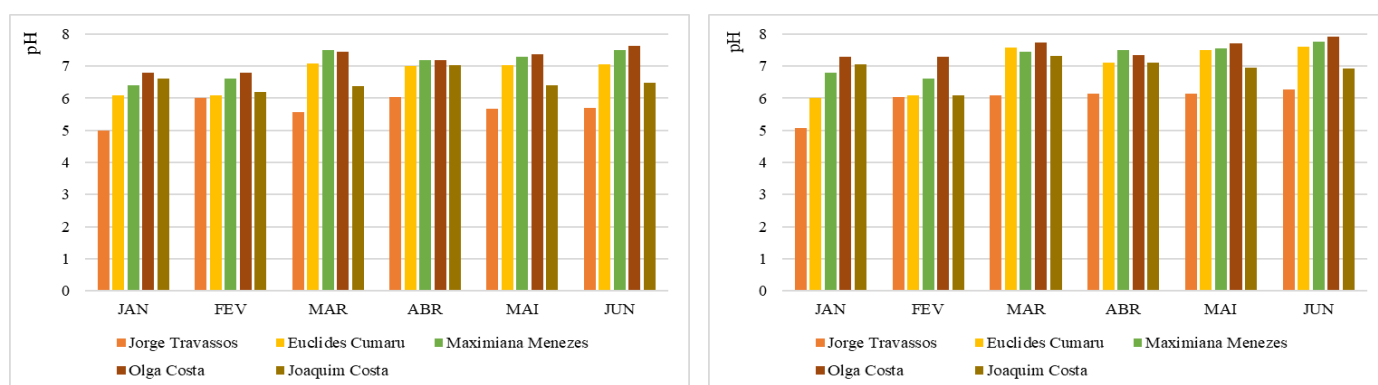
Nos meses de janeiro e junho foram obtidos valores diferenciados das demais amostras, por apresentarem valores mais elevados de turbidez. Considera-se que isso possa ocorrer devido à dias chuvosos anteriores as coletas. Em relação as amostras dos bebedouros, no mês de janeiro a turbidez diferenciou-se pela pequena elevação (Figura 4d), porém no mês de fevereiro foram realizadas algumas ações, como troca do filtro, limpeza do bebedouro e da caixa d'água, eliminando grande parte das partículas sólidas que estavam acumuladas em ambos.

A escola Joaquim Costa possui um filtro central de água instalado antes do reservatório. Dessa forma, foi possível observar a eficiência do filtro central na retenção das partículas sólidas em suspensão, visto que, apesar da elevada turbidez no poço nos meses de março a maio, no bebedouro a turbidez se manteve constante e dentro do padrão de potabilidade, 0,10 uT (Figura 4e).

O pH das amostras coletadas nas cinco instituições de ensino, se apresentou 13,3% abaixo do valor mínimo permitido pela legislação supracitada que determina que para a água de consumo humano, os valores devem permanecer na faixa de 6,0 a 9,5 (Brasil, 2017). É importante ressaltar que o valor supracitado, considerado fora do padrão pela legislação vigente, é referente a uma única escola, Jorge Travassos, com valores entre 5,0 a 5,7. O pH é ligeiramente ácido, exceto nos meses de fevereiro e abril, com resultados iguais a 6,0 respectivamente (Figura 5). A água com o pH na faixa ácida é corrosiva, portanto, é importante que seja realizado o controle e o monitoramento desse parâmetro pelos órgãos competentes, para garantir a integridade da rede de abastecimento de água e consequentemente a saúde da população (Castania, 2009).

O pH da água dos poços das demais escolas apresentaram-se dentro dos valores estabelecidos pela Portaria, pois o pH dos poços encontram-se em condições neutra e/ou teor alcalino baixo. Pressupõe-se que o teor de alcalinização é devido ao solo apresentar alta concentração de cálcio, decorrente do solo calcário. Segundo Sousa (2001), várias substâncias contribuem para a alcalinidade da água, a maior parte desta característica nas águas naturais é resultante da presença de bicarbonatos, que se formam em virtude da passagem de águas contendo anidro carbônico pelos calcários.

Figura 5. Resultados das amostras em relação ao parâmetro químico_ pH



(a) pH dos Poços

(b) pH dos Bebedouros

Fonte: Autores (2022).

Características Biológicas

Nas amostras coletadas dos poços das cinco escolas, os parâmetros coliformes fecais, mostrou-se ausente em 23,3% e presente em 76,7% das amostras durante o período estudado (janeiro a junho de 2019). Na Figura 6, observa-se uma variação

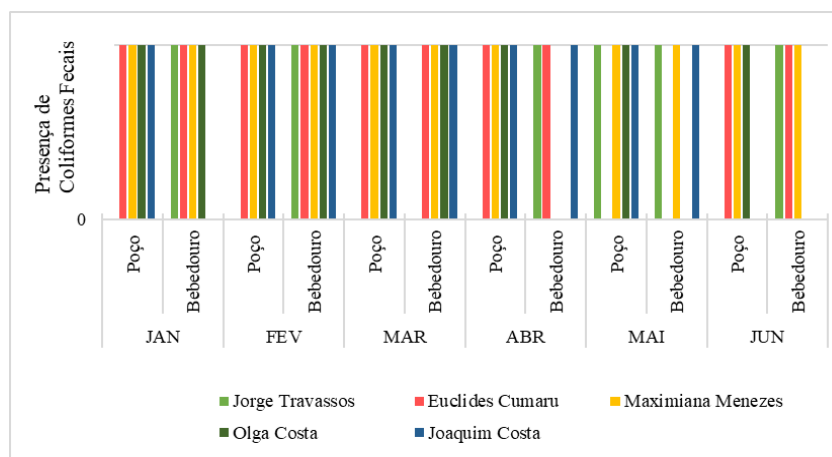
de presença (P) e ausência (A) de coliformes fecais nas escolas, exceto na escola Olga Costa, onde se manteve constantemente presente durante os seis meses de coletas. Este parâmetro evidencia a presença dos microrganismos na água, indicando contaminação fecal e, subsequentes riscos da ocorrência de doenças.

Como demonstra o Figura 7(a), na escola Jorge Travassos 83,3% das amostras coletadas no poço apresentaram ausência de coliformes fecais e 16,7% presença, a escola Euclides Cumarú apresentou 16,7% de ausência e 83,3% presença. Em 100% das amostras das escolas Maximiana Menezes e Olga Costa apresentaram presença. Por fim, na escola Joaquim Costa 16,7% das amostras foram verificadas a ausência e em 83,3% presença.

As amostras procedentes de sistemas alternativos de abastecimento, como poços, fontes, nascentes ou outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, somente será tolerada a presença de coliformes fecais na ausência da *Escherichia coli*, devido a presença do grupo coliformes ser comum na natureza. Portanto é de suma importância que haja a investigação da origem da fonte de contaminação para que seja tomada as devidas providências de caráter corretivo e preventivo, realizando nova análise de coliformes (Casali, 2008).

De acordo com as amostras analisadas dos cinco bebedouros, 26,7% apresentaram ausência para coliformes fecais e, 73,3% presente. Em relação ao resultado de cada escola durante os seis meses de coleta, como mostra a Figura 6, as escolas Jorge Travassos, Euclides Cumarú e Maximiana Menezes apresentaram o mesmo resultado, visto que 16,7% apresentaram ausência e 83,9% presença. A escola Olga Costa diferenciou-se pela ausência em 50% e presença em 50% das amostras. Por fim, a escola Joaquim Costa resultou em 33,3% em ausência e 66,7% presença (Figura 7(b)).

Figura 6. Resultados das amostras em relação ao parâmetro microbiológico_ Coliformes Fecais

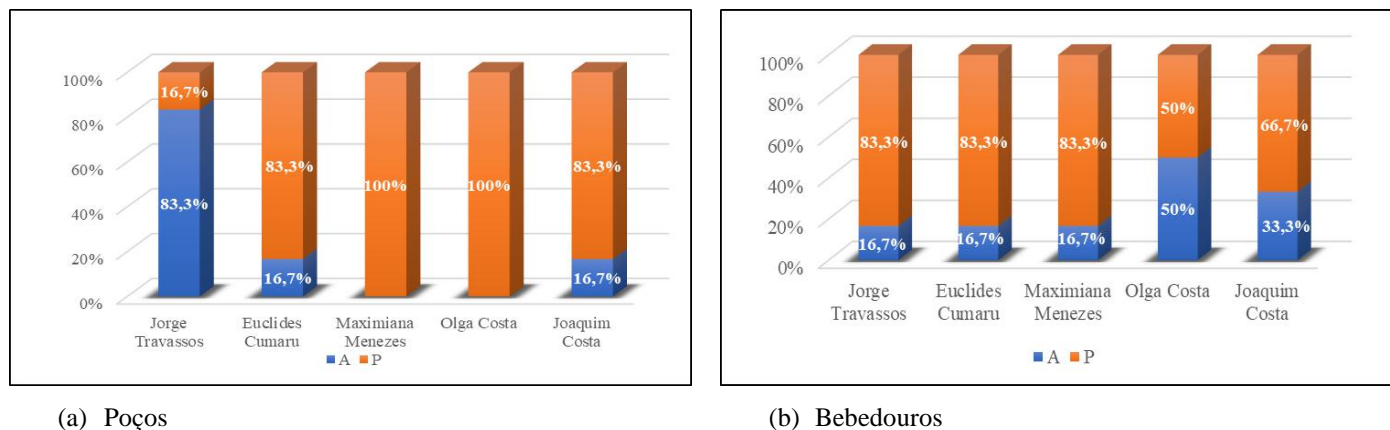


Fonte: Autores (2022).

Em condições normais, o grupo de coliformes não são patogênicos, embora certas linhagens possam causar diarreias e algumas infecções, pois a presença dessas bactérias na água é a indicação de maior probabilidade de contaminação por fezes, o que indica a falha no sistema de captação, distribuição e armazenamento de água (Marcheti, 2011).

A presença dos coliformes fecais pode ser utilizada para indicar a integridade do sistema de distribuição, portanto a detecção desses microrganismos, pode ser explicado pela ocorrência de infiltrações ou ruptura na rede e formação de biofilmes, que podem ocasionar a contaminação da água (Carmo et al., 2008).

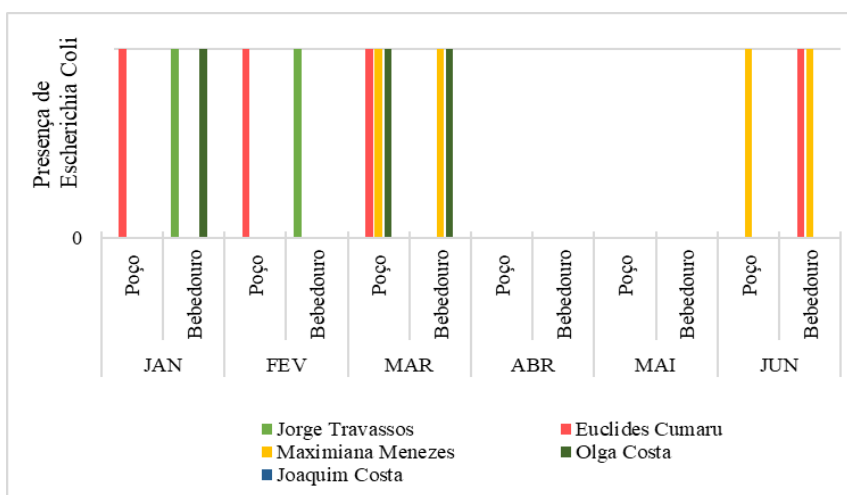
Figura 7. Ausência e Presença de Coliformes Fecais nas Escolas Municipais de Capanema-PA



Fonte: Autores (2022).

Os resultados das análises nas águas dos poços mostraram que 80% das amostras estavam isentas de contaminação pela bactéria *Escherichia coli*, porém 20% delas demonstraram que em alguns meses as águas dos poços das escolas, Euclides Cumaru, Maximiana Menezes e Olga Costa, estavam impróprias para o consumo humano. Na Figura 8, observa-se os resultados obtidos em Ausência (A) e Presença (P).

Figura 8. Resultados das amostras em relação ao parâmetro microbiológico_ *Escherichia Coli*



Fonte: Autores (2022).

De forma específica, a escola Jorge Travassos apresentou 100% de ausência; a escola Euclides Cumaru 50% ausência e 50% presença; a escola Maximiana Menezes com 66,7% ausência e 33,3% presença; a escola Olga Costa com 83,3 ausência e 16,7 presença e a escola Joaquim Costa 100% ausência. Como mostra a Figura 9 (a).

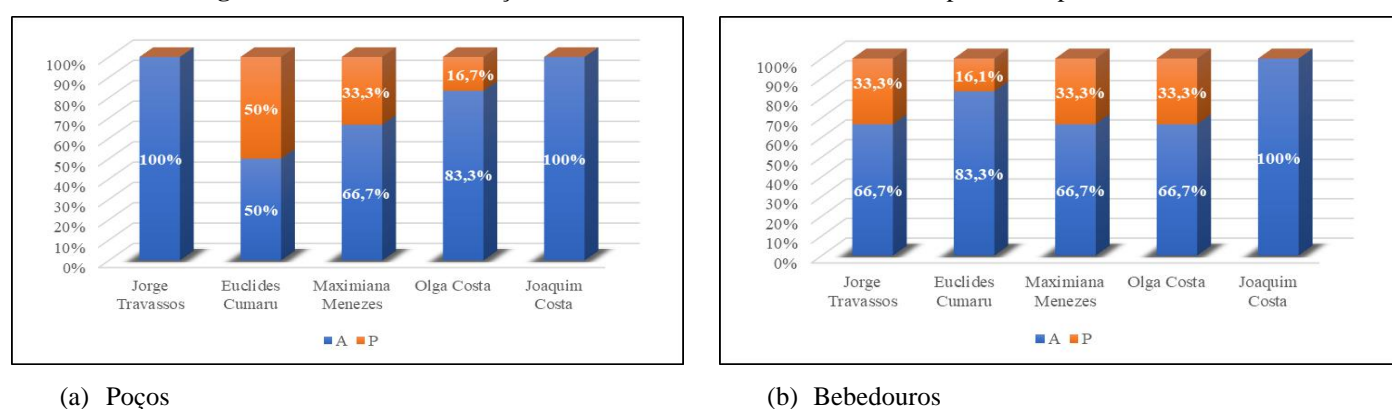
A bactéria *Escherichia coli* é um comensal do trato intestinal humano e exerce um efeito benéfico sobre o organismo, suprimindo a multiplicação de bactérias prejudiciais e sintetizando vitaminas. De acordo com a Portaria de consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, se houver a presença de algum desses organismos, coliformes fecais e *Escherichia coli* nas águas

coletadas, a água já não é passível de ser consumida sem tratamento prévio, podendo ser tratada com algum agente antibactericida, como por exemplo, o cloro (Brasil, 2017).

Mediante as análises realizadas nos bebedouros das escolas para a determinação de ausência e presença da bactéria *Escherichia coli*, 80% das amostras das escolas indicam ausência e em 20% presença. Esses dados estão dispostos na Figura 8.

No bebedouro da escola Jorge Travassos, 66,7% das amostras dos bebedouros indicaram a ausência de *Escherichia coli* e em 33,3% ela esteve presente, na escola Euclides Cumaru em 83,3% das amostras estavam ausentes e em 16,1% houve presença. As escolas Maximiana Menezes e Olga Costa apresentaram resultados iguais, 66,7% de ausência e 33,3% de presença, a única escola que não apresentou presença em nenhuma amostra foi a escola Joaquim Costa com 100% de ausência (Figura 9 (b)).

Figura 9. Ausência e Presença de *Escherichia coli* nas Escolas Municipais de Capanema-PA.



Fonte: Autores (2022).

Como foi visto anteriormente, a escola Joaquim Costa apresentou ausência da bactéria *Escherichia coli* no bebedouro em todas as amostras. Segundo Muller (2014), a ausência da *Escherichia coli* indica que no local realiza-se corretamente a higienização das caixas d'água e torneiras, além de não ocorrer infiltrações nas tubulações de distribuição, pois quando estes encontram-se em más condições de higiene e conservação, podem contaminar a água. Em contradição, as quatro escolas, Jorge Travassos, Maximiana Menezes e Olga Costa apresentaram em algum momento a presença da bactéria. Os reservatórios de água e até mesmo os próprios bebedouros algumas vezes permanecem anos sem manutenção, o que favorece a presença e a sobrevivência de microrganismos patogênicos (Melo, 2016).

Proposta de Melhoria no Sistema de Abastecimento de Água das Escolas Municipais de Capanema- PA

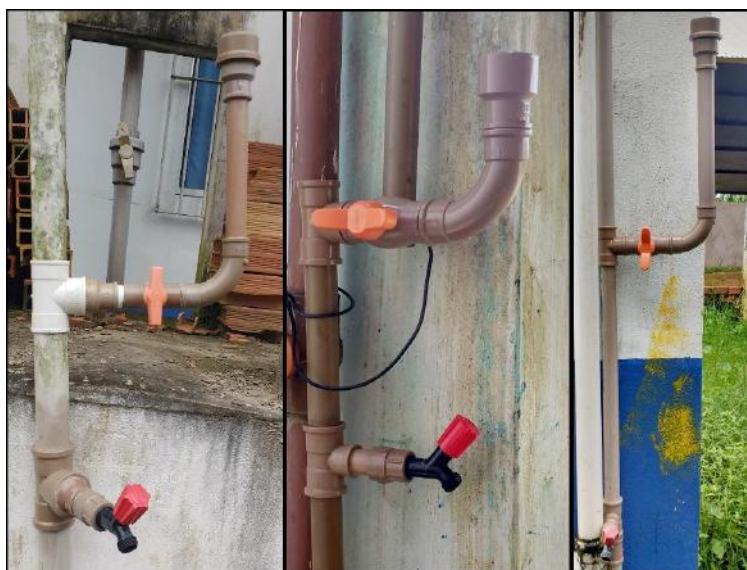
De acordo com a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, o teor de cloro residual em qualquer ponto de abastecimento deve ser entre 0,2 e 2mg/L (Brasil, 2017). Porém nenhuma das cinco escolas realizava processo de cloração. Após a terceira coleta foram instalados cloradores simplificados em três escolas, em consequência dos resultados bacteriológicos insatisfatórios apresentados mensalmente. A instalação dos cloradores ocorreu nas seguintes escolas: Euclides Cumaru, Maximiana Menezes e Olga Costa, respectivamente como mostra na Figura 10.

A desinfecção da água pelo método de cloração é bastante utilizada por ser efetiva na eliminação dos microrganismos por meio da passagem rápida por suas membranas celulares. A incorporação de um pequeno excesso de ácido hipocloroso (HOCl) possui um potencial de desinfecção durante a posterior estocagem e fornecimento aos consumidores, além disso, o método apresenta um custo relativamente barato (Baird, 2011).

O funcionamento do clorador requer a utilização de uma quantidade significativa de hipoclorito de sódio de acordo com o volume da caixa d'água das escolas, pois o clorador simplificado desinfeta volumes fixos de água, portanto, cada vez que o reservatório (caixa d'água) secar, é necessário adicionar o hipoclorito de sódio (NaOCL) no local específico do clorador.

Nas escolas Maximiana Menezes e Euclides Cumaru com volume dos reservatórios de 1000L foram adicionados 150 ml de Hipoclorito de Sódio, já na escola Olga Costa que possui um reservatório de 2000L, utilizou-se o dobro de hipoclorito (300 ml).

Figura 10. Cloradores simplificados implantados em três escolas.



Fonte: Autores (2022).

As coletas das amostras realizadas nos bebedouros das escolas resultaram em concentrações de cloro de 0,00 a 0,22 mg/l (Tabela 3). Devido os resultados insatisfatórios das amostras coletadas, foi realizada uma coleta nas torneiras das três escolas no mês de junho, para comparar os resultados obtidos dos bebedouros com o cloro das torneiras (Tabela 4), observa-se que em duas escolas o teor de cloro foi satisfatório, exceto na escola Maximiana Menezes. Essa condição de cloro satisfatório nas torneiras e nos bebedouros baixo teor de cloro indica que no dia anterior à coleta o procedimento de cloração não foi realizado, pois o bebedouro armazena a água.

Tabela 3. Resultado do cloro residual dos bebedouros durante três meses.

| Escolas | Abril | Mai | Junho |
|-------------------|--------------|------------|--------------|
| Euclides Cumaru | 0,00 mg/L | 0,00 mg/L | 0,00 mg/L |
| Maximiana Menezes | 0,05 mg/L | 0,02 mg/L | 0,06 mg/L |
| Olga Costa | 0,00 mg/L | 0,06 mg/L | 0,22 mg/L |

Fonte: Autores (2022).

O cloro reage com a água e a matéria orgânica, portanto, parte do cloro será consumido na ação desinfetante e outra parte na oxidação da matéria orgânica. Após as reações, os residuais de cloro podem apresentar-se na forma de cloro livre e cloro combinado, sendo que o cloro livre é mais eficiente na ação desinfetante, o teor 0,2 a 0,5 mg/L é suficiente para a eliminação de bactérias (Brasil, 2006).

A turbidez elevada proporciona o aumento da demanda de cloro e da produção de cloro residual combinado, este apresenta menor poder desinfetante. Além disso, as partículas em suspensão protegem os microrganismos à ação do cloro. A formação de biofilmes também é um fator de redução, devido a sua absorção, isto ocorre pela falta de limpeza periódica dos reservatórios e da rede de distribuição (Brasil, 2006).

Tabela 4. Resultado do cloro residual nos bebedouros e nas torneiras após a instalação dos cloradores.

| Escolas | Cloro Bebedouro (mg/L) | Cloro Torneira (mg/L) |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Euclides Cumaru | 0,00 | 4,51 |
| Maximiana Menezes | 0,06 | 0,04 |
| Olga Costa | 0,22 | 0,60 |

Fonte: Autores (2022).

4. Conclusão

De modo geral, conclui-se que a água dos poços e dos bebedouros das escolas não atendem os requisitos de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5 de 20 de outubro de 2017, devido os índices de contaminação microbiológica encontrados nos poços e bebedouros das escolas. Além disso, alguns dos valores obtidos dos parâmetros físico-químicos não estão em conformidade com Valor Máximo Permitido-VMP, o que torna a água imprópria para o consumo humano.

Portanto, é necessário ações corretivas que evitem os danos à saúde da comunidade escolar, por meio de medidas básicas de higiene (limpeza) dos bebedouros e dos reservatórios que os abastecem, além da manutenção dos filtros, para que assim sejam eficientes na filtração dos microrganismos e das partículas sólidas em suspensão. Desta forma, é importante que as autoridades sanitárias façam o monitoramento da qualidade da água nesses locais de abastecimento coletivo.

Após a implantação dos Cloradores Simplificados observou-se que a cada mês as amostras apresentaram um maior teor de cloro em cada escola, o que evidencia que apesar do pouco tempo da implantação, existe uma crescente conscientização da importância do método de tratamento – cloração.

Além das ações propostas por este estudo, devido a importância do tema, recomenda-se a expansão desta pesquisa para creches municipais localizadas em bairros carentes, ou seja, bairros que apresentam pouco ou nenhum saneamento básico, visto que as crianças que residentes nesses bairros tendem a ser mais vulneráveis a doenças infecciosas.

Referências

- Almeida, M. C., Silva, M. M., & Paula, M. (2017). Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de água em relação à turbidez, cor e pH da água. *GESTA*, 5 (1), 25-40.
- BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 03 de outubro de 2017. Ministério da Saúde. Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, ano 2017, n. 5.
- BRASIL. Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água Para Consumo Humano (2006). Brasília: Ministério da Saúde, *Secretaria de Vigilância em Saúde*, 284.
- Baird, C., & Cann, M. (2011). Química Ambiental. *Bookman*. (4), 844.
- Cardoso, R. C., Almeida, C.C.R, Guimarães, A.G, Góes, J.A.W, Silva, S.A, Santana A.A.C, Huttner, L.B, Vidal Jr, O.P, & Figueiredo, K.V.N.A. (2007). Qualidade da água utilizada em escolas atendidas pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), em Salvador-BA. *Rev Inst Adolfo Lutz*, 66(3), 287-91.
- Carmo, R. F., Bevilacqua, P. D., Bastos, R. K. X. (2008). Vigilância da qualidade da água para consumo humano: abordagem qualitativa da identificação de perigos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. 13(4), 426-34.
- Casali, C. A. (2008). Qualidade das águas para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – *Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul*.
- CASTANIA, J. Qualidade da água utilizada para consumo em escolas públicas municipais de ensino infantil de Ribeirão Preto – SP. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). Número de estabelecimentos de ensino fundamental 2018. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/capanema/panorama>.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. <https://biblioteca.ibge.gov.br/>.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). Panorama 2010. <https://biblioteca.ibge.gov.br/>.
- Kuhn, M. R.; Zart, N.; Oliveira, E. C (2015). Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade das águas dos poços artesianos que abastecem o distrito de Boa vista, no município de triunfo – RS. *Revista Destques Acadêmicos*, 7(4).
- Marcheti, R. G. A. & Caldas, E. D. (2011). Avaliação da qualidade microbiológica da água de consumo humano e de hemodiálise no Distrito Federal em 2009 e 2010. *Com. Ciências Saúde*, Brasília. 22(1), 33-40.
- Melo, R. A. (2016). Qualidade físico-química e microbiológica da água fornecida em bebedouros de escolas municipais em Cabedelo-PB. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – *Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande*.
- Muller, L. R. (2014). Qualidade microbiológica da água utilizada para consumo em escolas municipais de Mamborê, Paraná. *SaBios: Rev. Saúde e Biologia*, 9(1), 95-99.
- QEDU. (2019). Use dados, transforme a educação. (2018). Acesso em 22 de maio de 2019. Disponível em: <https://www.qedu.org.br/brasil/censo-escolar>.
- Rodrigues, M. F. A (2018). Projeto de implantação dos Cloradores Simplificados da Vigilância de Saúde Ambiental. Viseu-Pa. *Secretaria municipal de saúde de Viseu*.
- Rocha, E. S., Rosico, F. S, Silva, F. B, Da Luz, T.C.S & Fortuna, J.L. (2010). Análise microbiológica da água de cozinhas e/ou cantinas das instituições de ensino do município de Teixeira de Freitas (BA). *Rev. Baiana de Saúde Pública Mielo*, Bahia, 34(3), 694-705.
- Sousa, E. R. (2001). Noções sobre qualidade da água/parâmetros de caracterização de uma massa de água. *Secção de hidráulica e dos recursos hídricos e ambientais do curso de licenciatura em engenharia civil - Instituto Superior Técnico*.