



**INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS MONTEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE**

ROMMEL DOS SANTOS SIQUEIRA GOMES

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO DAS
ESCOLAS PÚBLICAS DA CIDADE DE LAGOA SECA-PB**

**MONTEIRO-PB
2023**

ROMMEL DOS SANTOS SIQUEIRA GOMES

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO DAS
ESCOLAS PÚBLICAS DA CIDADE DE LAGOA SECA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente do Instituto Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. MsC. Pedro Nogueira da Silva Neto

**MONTEIRO-PB
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Bibliotecária responsável Porcina Formiga dos Santos Salgado. CRB15/204
IFPB, *campus* Monteiro.

G633m Gomes, Rommel dos Santos Siqueira.

Monitoramento da qualidade de água para consumo das
escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB / Rommel dos
Santos Siqueira Gomes – Monteiro. 2023.

28fls.: il.

TCC (Curso Especialização em Desenvolvimento e Meio
Ambiente) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
da Paraíba - IFPB campus, Monteiro.

Orientador: Prof. Msc. Pedro Nogueira da Silva Neto.

1. Água - análise microbiológica 2. Meio Ambiente. 3.
Políticas Públicas 4. Escolas – Município Lagoa Seca-PB . I.
Título.

CDU 628.1:543.3

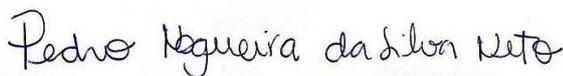
ROMMEL DOS SANTOS SIQUEIRA GOMES

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO DAS ESCOLAS
PÚBLICAS DA CIDADE DE LAGOA SECA-PB

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado a Coordenação do Curso de
Pós-Graduação em Desenvolvimento e
Meio Ambiente do Instituto Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção
do título de Especialista em
Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovado em: 26/05/2023.

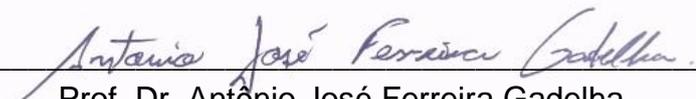
BANCA EXAMINADORA



Prof. MsC. Pedro Nogueira da Silva Neto
Orientador/IFPB-Campus Monteiro



Prof^a. Dra. Ana Paula da Silva Peres
Examinador - Interno/IFPB-Campus Monteiro



Prof. Dr. Antônio José Ferreira Gadelha
Examinador - Externo/IFPB-Campus C. Grande

Aos meus pais, Maria Lina dos Santos e Ronaldo Leite de Siqueira Gomes, pelo amor, apoio e incentivo ao longo do período acadêmico;

Aos meus queridos irmãos Karen, Ronaldo Júnior, Kriscia e à minha avó, Rosalina, pelo carinho, apoio e amor, e aos demais familiares e amigos que estiveram me apoiando e incentivando nessa fase. Sem vocês nada teria sentido

Dedico

Ao Deus que eu sirvo, pelo dom da vida, sabedoria, força e coragem para prosseguir, e por me guiar e proteger em todo esse caminho;

Ao Prof. MsC. Pedro Nogueira da Silva Neto, pela orientação, paciência e apoio na execução dos trabalhos e pelos conhecimentos adquiridos;

A Profa. Dra Cíntia Bezerra e o Pedro Lucas pelas orientações durante a condução dos experimentos em laboratório;

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB) em nome do Programa de Especialização em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela oportunidade de aperfeiçoamento dos meus estudos;

Aos Discentes e Docentes do Programa de Especialização em Desenvolvimento e Meio Ambiente, IFPB-Campus Monteiro pelo companheirismo e ensinamentos transmitidos.

A todos, meu agradecimento!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Localização dos pontos georreferenciados de amostragem, na área urbana de Lagoa Seca-PB.....	14
Tabela 2 – Análises da qualidade de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espacialização dos pontos de amostragem, na área urbana de Lagoa Seca-PB.....	14
Figura 2 – Concentração de CRL (cloro residual livre), presente em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.....	17
Figura 3 – Concentração de CT (cloro total), presente em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta....	18
Figura 4 – Concentração de CRC (cloro residual combinado), presente em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.....	19
Figura 5 – Valores de turbidez apresentado em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.....	20
Figura 6 – Valor de pH (potencial Hidrogeniônico), apresentado em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.....	21

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	13
2.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	15
2.3. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	15
2.4. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	15
2.4.1. Teste presuntivo.....	15
2.4.2. Teste confirmativo.....	16
2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
5. AGRADECIMENTOS.....	24
REFERÊNCIAS.....	24

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO DAS ESCOLAS PÚBLICAS DA CIDADE DE LAGOA SECA-PB

MONITORING THE QUALITY OF WATER FOR CONSUMPTION IN PUBLIC SCHOOLS IN THE CITY OF LAGOA SECA-PB

RESUMO

O abastecimento de água de boa qualidade é extremamente importante do ponto de vista da saúde pública, especialmente para as crianças que, em idade escolar, podem passar de 5 a 8 horas por dia nas escolas públicas. Boa parte das doenças em países em desenvolvimento são de veiculação hídrica, em virtude das precárias condições de saneamento e consumo de água de má qualidade. O objetivo da pesquisa foi analisar a qualidade físico-química e microbiológica de água para consumo em escolas públicas com alunos de nível de ensino fundamental e médio incompleto da cidade de Lagoa Seca-PB. As coletas ocorreram em dois períodos, no qual foram recolhidas amostras de água de bebedouros e cozinhas das seis escolas da zona urbana, com intervalo de 7 dias. Para tanto realizou-se análises de indicadores de sentinela (cloro residual livre, cloro total, cloro residual combinado e turbidez), além dos parâmetros cor aparente, pH, coliformes totais e *Escherichia coli*. A concentração de cloro residual combinado demonstra que água para consumo das escolas apresenta-se fora do limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/21 para esse parâmetro. A água para consumo das escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB apresenta dentro do padrão da legislação para os parâmetros de cloro residual livre, turbidez, pH, coliformes totais e *Escherichia coli*. A qualidade da água oferecida nas escolas requer estratégias de políticas públicas por parte dos órgãos relacionados à saúde e meio ambiente no município, além disso, a parceria deve ser mantida com a companhia CAGEPA afim de garantir a desinfecção e tratamento de água, resultando em uma qualidade superior da água oferecida.

Palavras-chave: Análise microbiológica; Indicadores de sentinela; Padrão de potabilidade

ABSTRACT

The supply of good quality water is extremely important from a public health point of view, especially for school-age children who may spend 5 to 8 hours a day in public schools. Most diseases in developing countries are transmitted by water, due to precarious sanitization conditions and poor quality water consumption. The objective of the research was to analyze the physical-chemical and microbiological water of quality for consumption in public schools with students of elementary and incomplete secondary education in the city of Lagoa Seca-PB. The samples took place in two periods, in which water samples were collected from drinking fountains and kitchens of the six schools in the urban area, with an interval of 7 days. For this purpose, analyzes of sentinel indicators (free residual chlorine, total chlorine, combined residual chlorine and turbidity) were carried out, in addition to the parameters apparent color, pH, total coliforms and *Escherichia coli*. The combined residual chlorine concentration

demonstrates that water for school consumption is outside the limit established by Portaria GM/MS nº 888/21 for this parameter. The water for consumption in public schools in the city of Lagoa Seca-PB presents within the legislation standard for the parameters of free residual chlorine, turbidity, pH, total coliforms and *Escherichia coli*. The quality of the water offered in schools requires public policy strategies on the part of bodies related to health and the environment in the municipality, in addition, the partnership must be maintained with the company CAGEPA in order to guarantee the disinfection and treatment of water, resulting in a superior quality of the water offered.

Key words: Microbiological analysis; Sentinel indicators; potability standard

1. INTRODUÇÃO

A água constitui-se como um dos principais recursos naturais do planeta e está diretamente ligada à qualidade de vida, desenvolvimento e sobrevivência das civilizações. É um recurso natural imprescindível para a manutenção da vida, tanto para nós seres humanos quanto para as mais variadas formas de vida existentes (COLET et al., 2021).

Ao considerar o percentual (2,5%) de água doce disponível no mundo, boa parte encontra-se imprópria para consumo humano, uma vez que os modelos de desenvolvimento insustentável têm favorecido a degradação deste recurso. A perda da qualidade da água põe em risco a vida de todos os seres vivos, recaindo por consequência direta sobre a população que a consome ou está em contato direto com ela (SANTOS et al., 2019).

A água de consumo humano é considerada um dos principais veículos de transmissão de doenças, portanto é de suma importância sua avaliação de forma continuada, seguindo pelos tratamentos adequados antes de ser dada como um recurso para consumo humano (SCALIZE et al., 2014; MANUEL et al., 2018).

Segundo a OMS, a cada ano, mais de cinco milhões de pessoas morrem no mundo devido às doenças de veiculação hídrica (SANTOS et al., 2019). A água potável deve estar livre de bactérias indicativas de contaminação fecal e não deve conter principalmente microrganismos patogênicos (BRASIL, 2006).

Para que a água seja fornecida para abastecimento público, existe um conjunto de normas e protocolos que visam adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta aos padrões de água própria para consumo humano (FERNANDES, 2010). Entende-se como água potável para consumo humano, àquela que não ofereça riscos à saúde de quem a consome, onde os parâmetros básicos como cloro, cor, sabor, turbidez, pH e bacteriologia estejam dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2021).

Os padrões de água potável para consumo humano no Brasil são estabelecidos pelo Ministério da Saúde por meio da Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre procedimentos de controle e monitoramento da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (RÜCKERT, 2017; BRASIL, 2021).

São requeridos estudos e diagnósticos para o monitoramento da qualidade das águas superficiais, quando se quer avaliar a qualidade da água potável distribuída para a população, sendo hoje uma das atribuições prioritárias do poder público (OLIVEIRA et al., 2019).

Os indicadores sentinelas são instrumentos de identificação precoce de possíveis problemas relacionados à água consumida. Os indicadores cloro residual livre e turbidez, assumem o papel de indicar precocemente as alterações que levam à degradação da qualidade microbiológica de água, em que representa perigo à saúde da população.

Durante o processo de monitoramento de coliformes totais, após uma etapa de desinfecção de água é avaliada a eficiência do processo na inativação de bactérias, onde a ausência de coliformes é evidência suficiente da qualidade bacteriológica da água ao final do tratamento.

Ainda que a água seja adequadamente tratada e as bactérias patogênicas sejam eliminadas, a qualidade da água pode se deteriorar durante sua distribuição por diversos motivos ou por condições inadequadas de armazenamento, sendo a presença de coliformes um indicativo de possíveis distúrbios no sistema de distribuição (BRASIL, 2016).

As bactérias heterotróficas de ocorrência natural na água são responsáveis pela formação de biofilmes nas redes de distribuição de água, embora não sejam patogênicas sua determinação é útil na avaliação do saneamento de sistemas de abastecimento de água para consumo humano.

A demanda por água nas regiões semiáridas do Brasil está aumentando constantemente devido ao crescimento populacional, urbanização e industrialização, e aumento da produção e consumo (NUNES et al., 2020).

Relacionado a isso, muitos municípios em regiões semiáridas têm problemas com seus sistemas de abastecimento de água, incluindo secas prolongadas, levando ao abastecimento de água intermitente devido à redução da disponibilidade de água bruta. Como resultado dessa interrupção, os sistemas municipais de água estão expostos a interrupções e estresse, tornando-os mais sensíveis e, portanto, mais vulneráveis aos seus usuários (TURNER et al., 2003; ADGER, 2006; BORUFF et al., 2018).

Para resolver este problema, é necessário encontrar alternativas para fornecer água em quantidade e qualidade adequada para o desenvolvimento humano. Tradicionalmente, o abastecimento de água é maximizado com a instalação de obras hidráulicas de grande porte, como a construção de reservatórios, a perfuração de poços e a transposição de águas. No entanto, em muitos casos, essas intervenções não são viáveis do ponto de vista econômico, financeiro ou ambiental (GNADLINGER, 2015).

Dado o exposto, o objetivo da pesquisa foi analisar a qualidade físico-química e microbiológica de água para consumo em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de água do sistema de abastecimento da CAGEPA - Companhia de Água e Esgoto da Paraíba, oriundas de bebedouros e cozinhas das escolas públicas da rede municipal e estadual com ensino infantil, fundamental e médio incompleto, na zona urbana de Lagoa Seca - PB. As amostras de água foram coletadas e analisadas em dois períodos distintos, sendo o primeiro compreendido entre 20 a 24 de março e o segundo período de 27 e 31 de março de 2023. As amostras foram coletadas, sempre no mesmo horário do dia, utilizando-se frascos de polietileno (500 ml) estéril, devidamente identificadas, em seguida foram transportadas em caixa térmica para realização de análises em laboratório, não ultrapassando duas horas do tempo da coleta.

2.1. ÁREA DE ESTUDO

Foram definidos 6 (seis) pontos de amostragem (Tab. 1), seguindo a definição dos pontos de coleta de amostras, com base na Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (BRASIL, 2016). A rede de distribuição de água da cidade de Lagoa Seca, possui no sistema, canalizações de diversos materiais, desde ferro fundido e cimento amianto até policloreto de vinila - PVC e de diferentes tempos de ligação, desde domiciliares muito recentes e outras quase centenárias, de acordo com informações da CAGEPA.

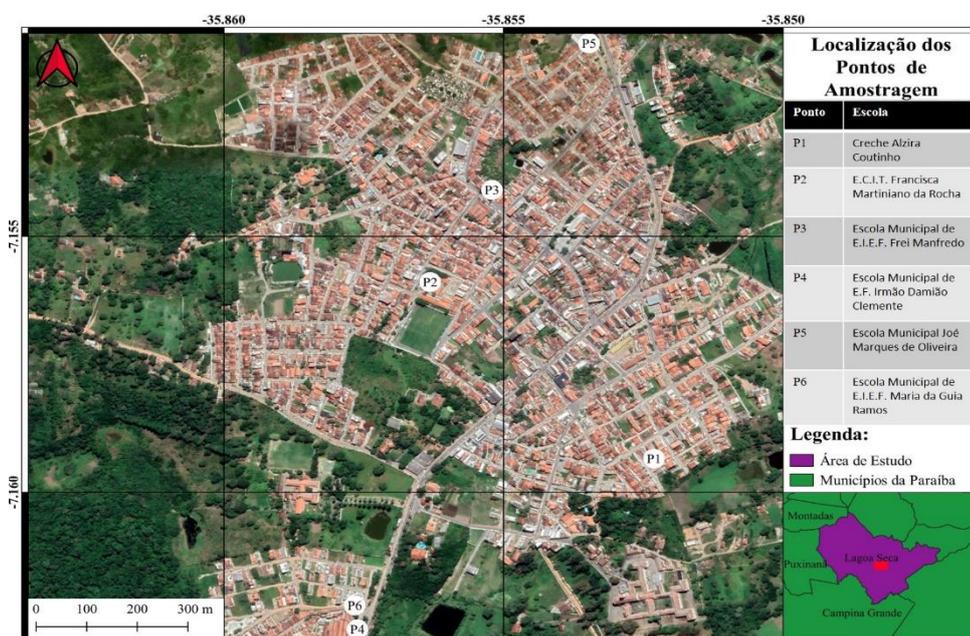
Tabela 1 – Localização dos pontos georreferenciados de amostragem, na área urbana de Lagoa Seca-PB.

Pontos	Origem	Longitude	Latitude
P1 - Creche Escola Alzira Coutinho	Cozinha	W 35° 51' 8,8"	S 7° 9' 34,1"
P2 - E.C.I.T. Francisca Martiniano da Rocha	Bebebouro	W 35° 51' 23,2"	S 7° 9' 21,7"
P3 - Escola Municipal de E.I.E.F Frei Manfredo	Bebedouro	W 35° 51' 19,2"	S 7° 9' 15,2"
P4 - Escola Municipal de E.F. Irmão Damião Clemente	Bebedouro	W 35° 51' 27,5"	S 7° 9' 45,7"
P5 - Escola Municipal José Marques de Oliveira	Bebedouro	W 35° 51' 13,0"	S 7° 9' 5,0"
P6 - Escola Municipal de E.I.E.F Maria da Guia Ramos	Cozinha	W 35° 51' 27,3"	S 7° 9' 45,0"

E.C.I.T. = Escola Cidadã Integral Técnica; E.I.E.F. = Ensino Infantil e Ensino Fundamental; E.F. = Ensino Fundamental; W = Oeste; S = Sul

O município de Lagoa Seca (Fig. 1) está localizado no agreste do estado da Paraíba, possuindo área de 108,219 km², e é limitada pelos municípios de Campina Grande, Massaranduba, São Sebastião de Lagoa de Roça e Puxinanã. No último censo do IBGE, em 2022, com uma população de 27.730 habitantes (IBGE, 2023).

Figura 1 – Espacialização dos pontos de amostragem, na área urbana de Lagoa Seca-PB.



2.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As análises seguiram a metodologia indicada pelo *Standard Methods for the Examination of water and Wasterwater* (APHA/AWWA/WPCF, 2023), conforme também descritos no Manual Prático de Análise de Água da FUNASA - Fundo Nacional de Saúde, sendo as análises realizadas em triplicata (BRASIL, 2013).

Os indicadores analisados foram cloro residual livre (CRL), cloro total (CT), cloro residual combinado (CRC), turbidez, potencial hidrogeniônico (pH), cor e bactérias do grupo Coliformes e *Escherichia coli*. As análises foram realizadas nos laboratórios de Química geral e Biologia, pertencentes ao IFPB-Campina Grande. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 6 x 2 (seis escolas vs. dois períodos de avaliação) e três repetições.

2.3. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Para análise do CRL, CT, CRC e cor aparente foram avaliadas pelo método espectrofotométrico utilizando o fotômetro multiparâmetro de modelo HI83300. E pela subtração dos valores de CT pelo CRL, obteve-se CRC. A turbidez também foi avaliada pelo método espectrofotométrico utilizando o turbidímetro de modelo DLT. WV. O pH foi verificado com o pHmetro digital de bancada, modelo META210, calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0.

2.4. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

A identificação dos microrganismos indicadores da qualidade de água foi realizada utilizando a técnica de fermentação em tubos múltiplos, a fim de se obter o número mais provável (NMP. 100 mL^{-1}) de amostra de bactérias do grupo coliformes (FILHO et al., 2016; APHA, 2017). A efetuação do método dos tubos múltiplos ocorre em duas etapas: prova presuntiva e prova confirmativa que determina a presença ou ausência de coliformes totais e termotolerantes.

2.4.1. Teste presuntivo

A pesquisa de coliformes à 35 °C para cada amostra de água procedeu-se da seguinte forma: foram inoculados com pipeta esterilizada 10, 1 e 0,1 mL da amostra, distribuídos de 5 em 5 tubos, totalizando quinze tubos de ensaio (15 cm).

Anteriormente, em cada tubo foi depositado 10 mL de caldo lactosado - CL, sob concentração duplicada (26 g. L⁻¹). Em seguida os tubos inoculados foram incubados em estufa a 35 °C por 48 h para observação do crescimento com formação de gás dentro do tubo de Durham. No teste presuntivo foram considerados positivos os tubos que apresentaram crescimento e produção de gás e após isso se realizou o teste confirmativo. Nos tubos que não houve formação de gás durante o período de incubação, a análise foi encerrada nessa etapa com resultado negativo.

2.4.2. Teste confirmativo

Utilizando-se os tubos positivos do teste presuntivo, foi transferida uma alíquota com auxílio da alça de platina para tubos contendo caldo lactosado verde brilhante bile (VB) a 2%, sob concentração duplicada (40 g. L⁻¹) e incubados a 36 °C por 24 a 48 h. A presença de gás nos tubos de Durham do caldo VB evidenciou a fermentação da lactose presente no meio. Igualmente foram usados os tubos positivos do CL, transferindo-se uma alçada para tubos contendo caldo *Escherichia coli* (EC), sob concentração duplicada (37 g. L⁻¹), sendo incubados por 24 a 48 h em banho-maria à 44,5 ±0,5 °C. Foi registrado o número de tubos positivos no caldo VB e EC com produção de gás dentro do tubo de Durham para determinar o número mais provável (NMP. 100 mL⁻¹).

2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey em até o nível de 5% de probabilidade, por meio do software estatístico R® (R CORE TEAM, 2020).

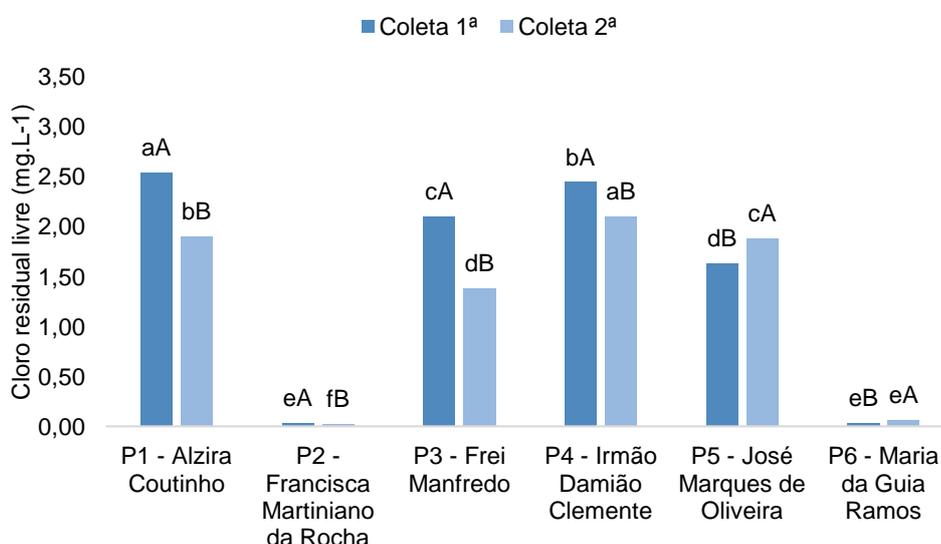
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Havia a presença de bebedouro refrigerado do tipo coluna e industrial, e bebedouro de alvenaria, nas escolas da rede pública de ensino na cidade de Lagoa Seca-PB. Essas escolas recebem o fornecimento de água por meio do sistema de abastecimento da CAGEPA, sendo armazenada primeiramente em caixas d'água, para depois ser distribuída para as torneiras e bebedouros. No entanto, apenas os pontos P1 e P6 não utilizam água dessa companhia nos bebedouros, porém é usada

na preparação da merenda escolar. A escola P1 utiliza água mineral no fornecimento de água dos bebedouros. Já escola P6 utilizada água de cisterna com captação de água da chuva, no fornecimento dos bebedouros.

Os resultados da análise de concentração do cloro residual livre – CRL, referentes as escolas P2 e P6, encontram-se com valores inseridos na faixa permitida para consumo nos dois períodos de coleta (Fig. 1), compreendido entre 0,2 a 5 mg. L⁻¹, considerado mínimo permitido no ponto de consumo, de acordo com o Art.32 da Portaria nº 888/21 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021). Além disso, houve diferença estatística ($p \leq 0.01$) na interação escolas x coletas para as concentrações de CRL.

Figura 2 – Concentração de CRL (cloro residual livre), presente em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.



Médias seguidas por mesma letra maiúscula (períodos de coleta) e minúscula (escolas), não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de ($p < 0,01$).

Diferentemente dos resultados da pesquisa, comparando-se a Oliveira et al. (2018) apenas uma escola pública da cidade de Timon-MA, estava dentro do padrão permitido de CRL na amostra de água. Para os resultados desse parâmetro, Conde et al. (2017) relatam que todas as escolas estaduais do município de Ariquemes-RO, estavam dentro da legislação quanto aos valores de CRL nas amostras.

Observa-se que a primeira coleta do P1 apresenta maior concentração de CRL, com valor de 2,54 mg. L⁻¹, diferindo-se estatisticamente entre as escolas e período de coleta (Fig. 2). Já na segunda coleta, o ponto P4 foi quem apresentou maior valor de

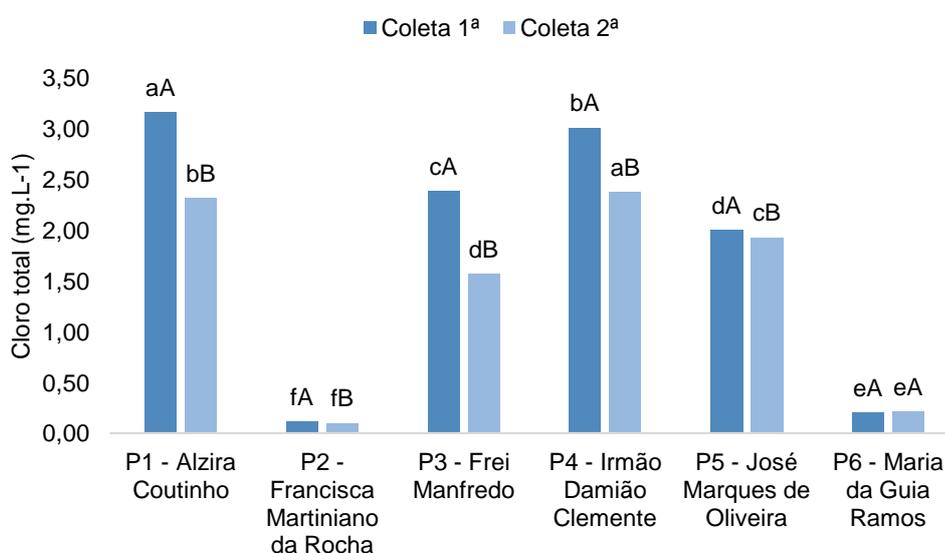
CRL (1,10 mg. L⁻¹). Os menores valores de CRL de 0,02 a 0,07 foram verificados nas escolas P2 e P6 para os dois períodos de coleta (Fig. 2). Tais resultados de CRL são abaixo dos valores mínimos permitidos (0,20 mg. L⁻¹) ficando fora do padrão estabelecido para consumo quando comparados com a legislação.

A baixa concentração de cloro na rede de distribuição pode ocorrer devido a falhas operacionais no processo de tratamento da água (dose insuficiente de cloro) e/ou seu consumo na própria rede (matéria orgânica presente na rede) (MORAIS et al., 1999).

No segundo período de coleta as escolas tiveram redução no valor de CRL, exceto as escolas P5 e P6 que tiveram um leve acréscimo quanto a esse parâmetro (Fig. 2). No entanto, a escola P6 manteve o valor 0,07 mg. L⁻¹ de CRL, na segunda coleta.

Conforme os resultados na Figura 3, houve diferença estatística ($p \leq 0,01$) quando avaliada a interação escolas x coletas para a variável cloro total - CT, sendo os valores máximo de 3,16 e 3,01 mg. L⁻¹, encontrados nas escolas P1 e P4, respectivamente.

Figura 3 – Concentração de CT (cloro total), presente em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.



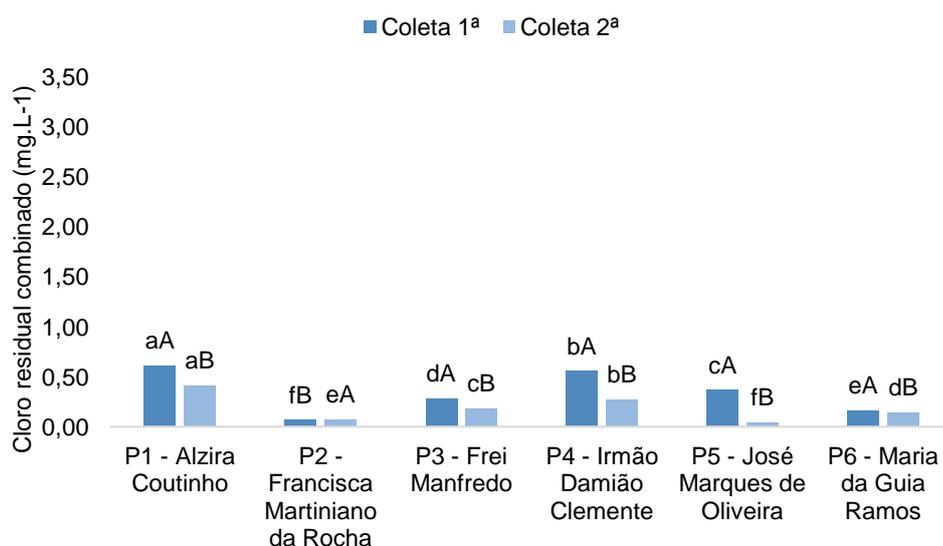
Médias seguidas por mesma letra maiúscula (períodos de coleta) e minúscula (escolas), não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de ($p < 0,01$).

No entanto, os valores mínimos entre 0,10 a 0,21 mg. L⁻¹ foram encontrados nos P2 e P6, nos dois períodos de coleta (Fig. 3). Ocorreu redução significativa

($p \leq 0.01$) do CT das escolas avaliadas na segunda coleta, exceto para a escola P6, que manteve os valores iguais de CT nos dois períodos de coleta (Fig. 3).

Tanto o fator escolas (seis) quanto períodos de coleta (dois) apresentam efeito significativos ($p \leq 0.01$) para interação entre si, quando avaliados os valores de cloro residual combinado - CRC (Fig. 4). Independente do período de coleta a escola P1 apresentou maior valor de $0,62 \text{ mg. L}^{-1}$ de CRC (Fig. 4).

Figura 4 – Concentração de CRC (cloro residual combinado), presente em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.



Médias seguidas por mesma letra maiúscula (períodos de coleta) e minúscula (escolas), não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de ($p < 0,01$).

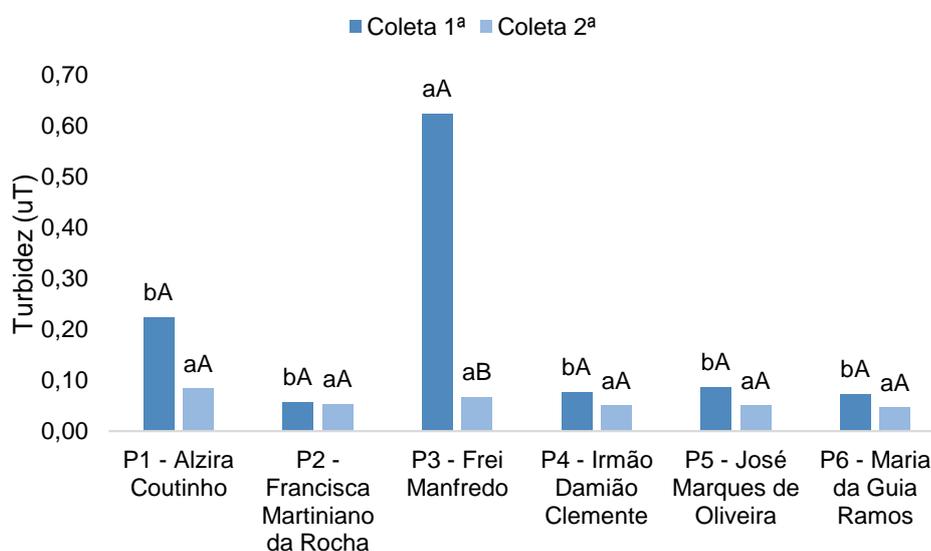
Houve redução nos valores de concentração de CRC para as escolas avaliadas na segunda coleta, exceto para a escola P2 que manteve o valor de $0,07 \text{ mg. L}^{-1}$ de CRC (Fig. 4). Neste período de coleta, pode-se verificar também que a escola P5 teve redução significativo dessa variável, apresentando o valor de $0,05 \text{ mg. L}^{-1}$ de CRC, menor valor encontrado entre as escolas.

A concentração de CRC de todas as escolas (Fig. 4) não obedeceu à recomendação mínima de $2,0 \text{ mg. L}^{-1}$ no ponto de consumo, conforme estabelecida pela legislação. Embora esse parâmetro não seja condicionante para impedimento de consumo de água, segundo a legislação. Para Queiroga et al. (2007) a presença mínima de $0,2 \text{ mg. L}^{-1}$ de CRL na água assegura a qualidade bacteriológica.

O cloro é amplamente utilizado para desinfecção da água, por se tratar de um produto barato e por causar inativação dos microrganismos em pouco tempo, principalmente, coliformes totais e termotolerantes (BRASIL, 2013). No entanto, beber água com alta concentração de cloro pode propagar efeitos adversos e doenças como, vômitos, náuseas, úlceras estomacais, gastrite e úlceras (BARBOSA; MARTINS, 2013).

Para os resultados de turbidez (Fig. 5) observa-se que as escolas ficaram dentro do padrão da legislação (0,5 uT), no entanto, a escola P3 apresentou valor acima do máximo permitido, além disso houve diferença estatística ($p \leq 0.05$) para esse parâmetro considerando o fator isolado escolas.

Figura 5 – Valores de turbidez apresentado em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.



Médias seguidas por mesma letra maiúscula (períodos de coleta) e minúscula (escolas), não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de ($p < 0,05$).

A interrupção no abastecimento de água pode causar ressecamento interno nas tubulações e isso pode provocar o desprendimento de incrustações e do limo, os quais, com o retorno da água, podem ser carregados, ocasionando aumento da turbidez e da concentração de matéria orgânica na água e este aumento pode consumir o cloro da rede (LAZCANO, 1998).

Quanto ao menor valor de turbidez (0,05 uT) foi verificado na segunda coleta para a maioria das escolas, apenas os P1 e P3 tiveram valores acima (0,08 e 0,07

uT). Observa-se que não houve diferença estatística entre os períodos de coleta (Fig. 5), independente da escola ao analisar os valores de turbidez, exceto para escola P3.

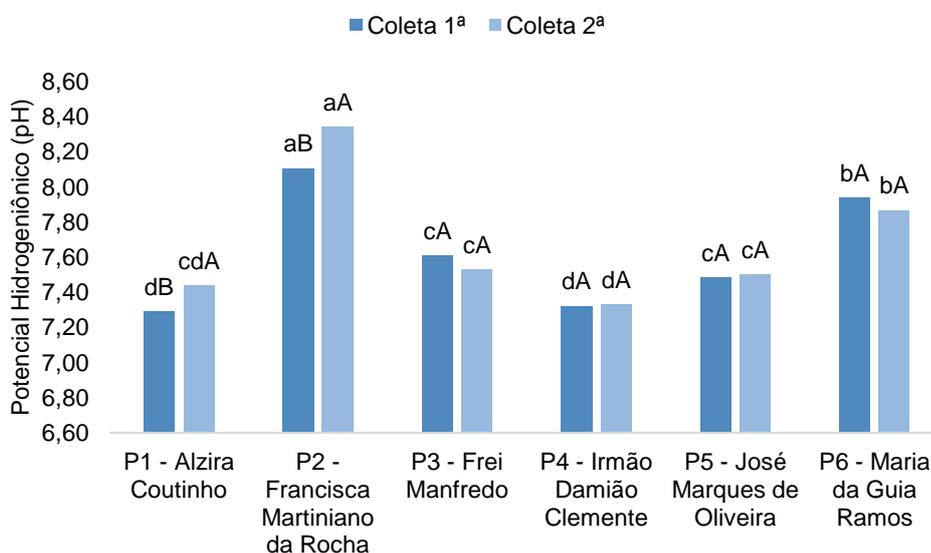
No estudo realizado por Fiorvanti et al. (2020) foi avaliada a qualidade da água para abastecimento de dez escolas públicas do município de Itatiba-SP, esses autores encontraram resultados parecidos a este estudo (Fig. 5), onde houve valor de turbidez acima do permitido na legislação entres as escolas estudadas.

A elevada turbidez na água deve-se à presença de sólidos suspensos, microrganismos, matéria orgânica e minerais, normalmente, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais, que reduzem a sua transparência (CONDE et al., 2017; WHO, 2017).

A turbidez da água pode estar também atribuída à alta concentração de Fe, onde sua presença pode favorecer o desenvolvimento de “ferrobactérias”, que não são prejudiciais à saúde, além de atribuir cor e odor à água (SCORSAFAVA et al., 2011; WHO, 2017).

Os resultados das análises do pH das escolas (Fig. 6), encontram-se com valores de pH entre 6,0 a 9,0, sob temperatura de 25 °C, aceitáveis para o consumo quando comparados a legislação da água. Para os resultados pH houve diferença estatística ($p \leq 0.01$) para a interação escolas x coletas, sendo verificados maiores valores 8,10 e 8,34 de pH, entre a primeira e a segunda coleta, na escola P2 (Fig. 6).

Figura 6 – Valor de pH (potencial Hidrogeniônico), apresentado em amostras de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.



Médias seguidas por mesma letra maiúscula (períodos de coleta) e minúscula (escolas), não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de ($p < 0,01$).

Já o menor valor de pH ficou em 7,29, quando realizada a primeira coleta no P1 (Fig. 6). De acordo com os dados da segunda coleta (Fig. 6), observou-se aumento significativo ($p \leq 0.05$) nos valores de pH de duas escolas P1 e P2 em comparação a primeira coleta.

Resultado semelhante foi observado por Queiroz et al. (2017) ao avaliar a qualidade da água dos bebedouros em escolas públicas de Mossoró-RN, no qual foi possível verificar pH oscilando acima de 8. As águas naturais apresentam um pH entre 4 e 9, que pode ser influenciado pela dissolução de CO_2 e os tipos de sais dissolvidos, que origina baixos valores de pH. E quando o pH chega a 9, ocorre a retirada de gás carbônico (BRASIL, 2011).

Em contrapartida, na pesquisa de Oliveira et al. (2018) o pH de todas as amostras de águas dos bebedouros em escolas públicas da cidade de Timon-MA foi abaixo dos valores encontrados nesta pesquisa, no entanto, estão dentro do padrão da legislação. De acordo com Grigoletto et al. (2012) o uso de sais de hipoclorito, como NaOC para desinfecção da água, além do ácido fluorsilícico (H_2SiF_6) no processo de fluoretação, resulta numa água com pH abaixo de 7.

O pH refere-se à concentração de íons de Hidrogênio H^+ , que indica as condições de alcalinidade e acidez da água. Este é um importante parâmetro que deve ser acompanhado para otimizar os processos de tratamentos, pois é sabido que águas ácidas são corrosivas, ao passo que as alcalinas são incrustantes (QUEIROZ et al., 2017).

Segundo Magalhães et al. (2014) a acidez exagerada pode ser um indicativo de contaminações o que pode tornar a água imprópria para consumo, por isso o pH final da água deve ser controlado, por ser um indicador de qualidade e potabilidade da mesma.

No que tange o parâmetro cor aparente da água, não houve diferença significativa nas análises, pois todas as escolas tiveram valores iguais a 0 uH de cor aparente, independente dos períodos de coleta, fato este que se apresenta enquanto um forte indicativo do tratamento exitoso da água de abastecimento.

A análise microbiológica de água das seis escolas, revelou a produção de gás em apenas 3,33% dos tubos de Durhan, no teste presuntivo para cada período de coleta, dados não apresentados.

Quando avaliado o teste confirmativo para coliforme totais e termotolerantes não houve produção de gás nos tubos de Durhan no período de 48 h, sob incubação em estufa à 36 °C e banho-maria à 45 ±0,5 °C, respectivamente. Logo, os resultados foram negativos para coliforme totais e *Escherichia coli*, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Análises da qualidade de água em escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB, obtida nos dois períodos de coleta.

Pontos	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
	1º e 2º coleta	1º e 2º coleta
P1 - Alzira Coutinho	Negativo	Negativo
P2 - Francisca Martiniano da Rocha	Negativo	Negativo
P3 - Frei Manfredo	Negativo	Negativo
P4 - Irmão Damião Clemente	Negativo	Negativo
P5 - José Marques de Oliveira	Negativo	Negativo
P6 - Maria da Guia Ramos	Negativo	Negativo
Total	0	0

Os resultados encontrados (Tab. 2) corroboram com os encontrados por Alves et al. (2018) que também revelaram ausência de gás nos tubos de Durhan ao avaliarem diferentes amostra de água de bebedouros do Parque Ecológico de Águas Claras – Brasília.

A presença do cloro residual livre em todas amostras durante o período de tempo adequado promoveu a destruição ou inativação de bactérias, por isso, obteve-se ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Para Santos et al. (2023) é de fundamental importância garantir a potabilidade da água, onde a mesma deve estar ausente de coliformes totais e *Escherichia coli*, além da realização das análises físico-químicas da água, oferecendo segurança e reduzindo riscos à saúde do consumidor.

Essa portaria ressalta que a presença de microrganismos no teste presuntivo já é um indicativo de contaminação da água e de inconformidade. A presença de coliformes termotolerantes é um indicador de contaminação fecal ligado a tratamento inadequado ou ineficiência da desinfecção da mesma (BRASIL, 2011).

Barros et al. (2016) chamam a atenção para a variedade de microrganismos poluentes presente na água sem tratamento, os grupos mais comuns são os

microrganismos patogênicos (bactérias, vírus e protozoários); os poluentes inorgânicos (metais tóxicos); os ânions e os cátions (nitratos, fosfatos, sulfatos); as substâncias radioativas solúveis em água; os antibióticos e também poluentes orgânicos, como resíduos de agrotóxicos e Poluentes Orgânicos Persistentes - POPs.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade da água oferecida nas escolas requer estratégias de políticas públicas por parte dos órgãos relacionados à saúde e meio ambiente no município, além disso, a parceria deve ser mantida com a companhia CAGEPA afim de garantir a desinfecção e tratamento de água, resultando em uma qualidade superior da água oferecida.

A concentração de cloro residual combinado demonstra que água para consumo das escolas Francisca Martiniano da Rocha e Maria da Guia Ramos apresentam-se fora do limite estabelecido pela Portaria GM/MS Nº 888/21 para o parâmetro Cloro livre. No entanto, a análise bacteriológica atestou que estes pontos de coleta estavam livres de agentes bacterianos.

A água para consumo das escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB apresenta-se dentro do padrão da legislação para os parâmetros de cloro residual livre, turbidez, pH, coliformes totais e *Escherichia coli*.

5. AGRADECIMENTOS

Ao IFPB-Campus Campina Grande pela disponibilização dos laboratórios de Química geral e de Biologia para realização das análises físico-químicas e microbiológicas de água para consumo das escolas públicas da cidade de Lagoa Seca-PB.

A Secretaria Municipal de Educação de Lagoa Seca pelo apoio logístico para o desenvolvimento desse estudo.

REFERÊNCIAS

ADGER, W. N. Vulnerability, **Global Environmental Change**, Bloomington, v. 16, n. 3, p. 268 – 281. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>

ALVES, S. G. S.; ATAIDE, C. D. G.; SILVA, J. X. Microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 12-17. 2018.

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association; WEF - Water Environment Federation. LIPPS, W. C, BRAUN-HOWLAND, E. B, BAXTER, T. E, eds. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 24rd ed. Washington DC: APHA Press, 2023. Disponível em: <https://www.standardmethods.org/24theditioncitation>. Acesso em: 10 maio 2013

BARBOSA, C. M.; MARTINS, L. C. Uma análise físico-química da água no contexto social e científico no município de Nova Cruz/RN. In: IX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN. 2013, Natal. **Anais [...]**. Natal: IFRN, PROPI, 2023. p. 1412-1419.

BARROS, L. S. S., SILVA, A.S., LIMA, D. V. L. Mapeamento sanitário rural do Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Fortaleza, v. 10, n. 4. p. 1-49. out./dez. 2016.

BORUFF, B.; BIGGS, E.; PAULI, N.; CALLOW, N.; CLIFTON, J. Changing water system vulnerability in Western Australia's Wheatbelt region. **Applied Geography**, Wuhan, v. 91, p. 131-143. feb. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.016>

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, 2016. 51p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2 ed. Brasília: FUNASA, 2006. 408p.

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

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021** - DOU - Imprensa Nacional. In.gov.br. Acesso em 22 de fev. de 2021, Disponível em:

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portariagm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. 2021

COLET, C.; PIEPER, M.; KAUFMANN, J. V.; SCHWAMBACH, K.; PLETSCHE, M. Qualidade microbiológica e perfil de sensibilidade a antimicrobianos em águas de poços artesianos em um município do noroeste do Rio Grande do Sul. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 683–690. jul./aug. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-415220200078>

CONDE, T. T.; STACHIW, R.; SILVA, T. D. P., BAY, M.; CODOGNOTO, L. C. Análise da qualidade da água em escolas estaduais localizadas no município de Ariquemes-RO. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Rolim de Moura, v. 6, n. 1, p. 1-62, jan./abr. 2017.

FERNANDES, K. D. A. N. Uso de carvão ativado de endocarpo de coco no tratamento de água. **Revista da Graduação**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 1-17. 2010.

FIORVANTI, M. I. A.; SANCHES, V. L.; DE AZEVEDO MAZON, E. M.; MARCIANO, M. A. M.; FERREIRA, C. D. O. F.; PEREIRA, P. H. L. Monitoramento e avaliação da qualidade da água de solução alternativa coletiva de abastecimento de escolas públicas do município de Itatiba, SP. **Vigilância Sanitária em Debate**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 122-133. abr./jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.22239/2317-269X.01460>

GNADLINGER, J. Água de chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos, biofísicos, técnicos, econômicos e sociopolíticos. **Instituto Nacional do Semiárido**, 2015.

GRIGOLETTO, T. L. B., FUZARI, B. H. C., ANDRADE, A. R. D., CAMPOS, M. L. A. D. M., GERLACH, R. F.; SANTOS, J. E. T. Fatores químicos e físicos que afetam a contaminação por chumbo e cobre em água potável: uma abordagem para o estudo de caso em química analítica. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 10, p. 1995-2001. mai./set. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012001000020>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores Sociais Municipais: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/lagoa-seca.html>. Acesso em: 28 jun. 2023.

LAZCANO, C. A. Fallas y problemas de la desinfección urbana. In: Anais do Simposio Regional sobre Calidad del Agua: Desinfección Efectiva [internet]; 1998 out 27-29; Lima. Peru; 1998. p. 1-11. [acesso em 2018 out 5]. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/simposio/ponen2.pdf>.

MAGALHÃES, Y. A.; BATISTA, A. S. M.; FONTENELLE, R. O. S.; JULIÃO, M. S. S.; LOIOLA, P. M. G.; MESQUITA, R. M.; AGUIAR, F. L. L.; OLIVEIRA, A. R. Qualidade Microbiológica e FísicoQuímica da Água dos Açudes Urbanos Utilizados na Dessedentação Animal em Sobral, CE. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 12, n. 2, p. 141-148. ago./dez. 2014.

MANUEL, P. A.; LEITÃO, A. A. R.; BOAVENTURA, R. Qualidade da Água para Consumo Humano na Cidade do Uíge (Angola): Água Tratada do Sistema de Abastecimento Público e Água não Tratada de Fontes Alternativas. **Revista Internacional em Língua Portuguesa**, Lisboa, v. 33, p. 75–93. 2018. DOI: <https://doi.org/10.31492/2184-2043.RILP2018.33/pp.75-93>

OLIVEIRA, A. D. J.; MAGALHÃES, T. D. B.; MATA, R. N. D.; SANTOS, F. S. G. D.; OLIVEIRA, D. C. D.; CARVALHO, J. L. B. D.; ARAÚJO, W. N. D. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 1-14, nov./jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742019000100024>

OLIVEIRA, E. M. DE.; RIBEIRO, D. M.; CRONEMBERGER, M. G DE O.; CARVALHO, W. F.; LIMA, M. D. P.; SOUSA, K. R. F. Análises físico-químicas e microbiológicas da água de bebedouros em escolas públicas da cidade de Timon-MA. **Pubvet**, Londrina, v. 12, n. 5, p. 1-6. jan./mai. 2018. DOI: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n5a100.1-6>

QUEIROGA, I. V.; SANTOS, C.; CARNEIRO, L. Ocorrência de coliformes totais na presença de cloro residual mínimo e distribuição público de água potável da cidade de Abadia-GO. **New Lab**, Goiás, v. 83, p. 148–154, 2007.

QUEIROZ, A. M.; DA ESCÓSSIA, C. D. G. M.; DE SOUZA, L. B.; DA SILVA, J. B. A. Qualidade da água de bebedouros em escolas públicas de Mossoró/RN. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 23, n. 1, p. 46-52. 2017.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. URL <https://www.R-project.org/>.

RÜCKERT, F. Q. O abastecimento de água na perspectiva da historiografia europeia e hispano-americana. **Revista História: Debates e Tendências**, Passo Fundo, v. 17, n. 1, p. 157-179. jan./jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5335/hdtv.17n.1.7241>

SANTOS, G.S.; PAES, T. A. S. V.; PESSOA, T. B. A. Qualidade da água de consumo de comunidades rurais do Vale do Jiquiriçá (Bahia): análise microbiológica e percepção dos indivíduos. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Recife, v. 11, n. 2, p. 2-16, ago./dez. 2023.

SANTOS, S. R.; FERREIRA, J. A.; CRUZ, E. M. M. S.; LEITE, E. M. A. M.; PESSOA, J. C. S. Sistema de informação em saúde: gestão e assistência no sistema único de saúde. **Cogitare Enferm**, Curitiba, v. 19, n. 4. p. 833-840. out-dez. 2019.

SCALIZE, P. S.; BARROS, E. F. S.; SOARES, L. A.; HORA, K. E. R.; FERREIRA, N. C.; BAUMANN, L. R. F. Avaliação da qualidade da água para abastecimento no assentamento de reforma agrária Canudos, Estado de Goiás. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 9, n. 4, p. 696-707. oct./dec. 2014. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1386>

SCORSARAVA, M. A.; SOUZA, A.; SAKUMA, H.; STOFER, M.; NUNES, C. A.; MILANEZ, T. V. Avaliação da qualidade da água de abastecimento no período 2007-2009. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 395-403. mai./set. 2011. DOI: <https://doi.org/10.53393/rial.2011.v70.32550>

WHO - World Health Organization. **Guidelines for drinkingwater quality**. 4 ed. Geneva: World Health Organization; 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>. Acesso em: 10 maio 2023

TURNER, B. L.; KASPERSON, R. E.; MATSON, P. A.; MCCARTHY, J. J.; CORELL, R. W.; CHRISTENSEN, L.; ECKLEY, N.; KASPERSON, J. X.; LUERS, A.; MARTELLO, M. L.; POLSKY, C.; PULSIPHER, A.; SCHILLER, A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **PNAS**, Worcester, v. 100, n. 14, p. 8074–8079. jul. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>