

AVALIAÇÃO DA DUREZA TOTAL E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO EM BAIRROS NO ENTORNO DO IFMA – TIMON

Data de submissão: 12/02/2025

Data de aceite: 05/03/2025

Jessica Helen dos Santos Mota

Graduada em licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal do Maranhão, Brasil

Antonio da Conceição Filho

Graduando em licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal do Maranhão, Brasil

Thiago Desiderio Gomes

Graduado em licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto Federal do Maranhão, Brasil

Carlyanne do Nascimento Costa

Mestra em Saúde Pública e Meio Ambiente pela Fundação Oswaldo Cruz, Brasil. Graduada em Tecnologia em Alimentos, Instituto Federal do Piauí, Brasil. Graduada em Licenciatura Plena em Educação Física, Universidade Estadual do Piauí, Brasil. Professora Titular do Instituto Federal do Maranhão, Brasil

Rafael José Marques

Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Piauí, Brasil. Graduado em licenciatura em Geografia e Especialista em Geografia, Universidade Estadual do Piauí, Brasil

Juliana Beatriz Sousa

Doutora em Biotecnologia, Universidade Federal do Piauí, Brasil. Professora do Instituto Federal do Maranhão, Brasil

RESUMO: No Brasil o consumo de água subterrânea contaminada tem sido associado a diversos problemas de saúde. Este trabalho teve como objetivo, avaliar a qualidade da água de abastecimento proveniente de poços tubulares profundos, distribuída para a população da zona urbana no entorno do Instituto Federal de Educação (IFMA) na cidade de Timon-MA, Brasil. Foram analisados os parâmetros microbiológicos (Coliformes Totais e *Escherichia Coli*) através da técnica do Substrato Cromogênico Enzimático Colilert, além do parâmetro químico, dureza total, utilizando a técnica da volumetria de complexação, a fim de verificar a conformidade destes, segundo o padrão estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 888/2021 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA nº 396/2008. Os resultados das amostras, coletadas em residências de voluntários em 6 bairros, foram satisfatórios aos padrões de potabilidade estudados. Contudo, amostras do poço tubular e de bebedouros da escola apresentaram Coliformes Totais, estando em desacordo com a legislação vigente,

causando riscos à saúde dos usuários. Além disso, segundo dados obtidos via aplicação de questionários aos voluntários, 83,33% relataram sentir coceira na pele e descreverem características sensoriais desagradáveis quanto ao gosto, cheiro e cor da água, mostrando a necessidade da adoção de políticas públicas capazes de reduzir os fatores de poluição da água subterrânea no Município.

PALAVRAS-CHAVES: Águas subterrâneas; Dureza total; Análise microbiológica; Saúde pública.

EVALUATION OF THE PARAMETERS TOTAL HARDNESS AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF WATER SUPPLIED IN TO THE NEIGHBOURHOODS OF TIMON MARANHÃO

ABSTRACT: In Brazil, the consumption of contaminated groundwater has been associated with several health problems. This study aimed to evaluate the quality of water obtained from deep tube wells and distributed to the population of the urban area around the Federal Institute of Maranhão (IFMA) in the city of Timon-MA, Brazil. Microbiological parameters (total coliforms and *Escherichia coli*) were determined using the Colilert Enzymatic Chromogenic Substrate method. Total hardness was determined using the complexation titration technique. Further, it was determined whether the obtained values met the standards established by the Consolidation Ordinance No. 888/2021 of the Ministry of Health and CONAMA Resolution No. 396/2008. Samples collected from volunteer residences in six neighbourhoods were in accordance with the potability standards. However, total coliform counts in samples from the tube well and the school drinking fountains did not comply with the current legislation, posing a health risk to the users. Additionally, according to data obtained from questionnaires administered to volunteers, 83.33% of respondents reported itchy skin and described unpleasant sensory characteristics regarding the taste, smell, and colour of water. The findings highlight the need to adopt public policies capable of reducing groundwater pollution in the municipality.

KEYWORDS: subterranean waters; total hardness; Microbiological analysis; Public health.

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas apresentam menor vulnerabilidade aos agentes poluidores, reduzindo custos de captação, adução e tratamento, pois são filtradas e purificadas naturalmente, determinando excelente qualidade, em função disso, vem sendo reconhecida como alternativa viável aos usuários, apresentando uso crescente nos últimos anos. No Brasil, cerca de 61 % da população é abastecida para fins domésticos por águas subterrâneas, sendo 6% por poços rasos, 12 % por fontes e 43 % por poços profundos. Em torno de 15,6 % dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea (Abas, 2020; Brasil, 2013; Villar, 2016).

O município de Timon faz parte da Bacia do rio Parnaíba e está inserido no percentual de 80% dos municípios do Maranhão que utilizam a água subterrânea, sendo esta aproveitada para consumo humano; agricultura e indústria (Abas, 2020). O Instituto Federal do Maranhão (IFMA) Campus Timon fica localizado em uma área da cidade onde

o abastecimento ocorre de forma subterrânea (SGB/CPRM, 2021). As águas subterrâneas, em geral, possuem uma qualidade natural muito boa, contudo, as atividades antrópicas, têm comprometido significativamente alguns aquíferos. Dentre as principais fontes de poluição de águas subterrâneas estão: Inadequada construção de poços rasos e profundos, sem vedação sanitária; Disposição inadequada de resíduos em lixões; Infraestrutura hídrica; Lançamento de efluentes domésticos não tratados em sistemas aquáticos; Atividade industrial e agrícola (Fagundes; Andrade, 2015), portanto, o acompanhamento das condições das águas subterrâneas vem se tornando cada vez mais importante para o gerenciamento deste recurso hídrico no país.

O consumo de água contaminada por agentes biológicos ou físico-químicos tem sido associado a diversos problemas de saúde, como doenças gastrointestinais que representam elevada taxa de mortalidade em indivíduos com baixa resistência, atingindo em especial idosos e crianças menores de cinco anos (OPS, 2000). Portanto, a garantia de água potável, livre de microrganismos patogênicos, de substâncias e elementos químicos prejudiciais à saúde, constitui-se em ação eficaz de prevenção de doenças.

No Brasil a água destinada para consumo humano é regulamentada por normas e padrões estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS), que visa o controle de qualidade da água para consumo humano de forma segura (Brasil, 2021), sendo complementada pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396/2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas (Brasil, 2008). Por exigência destas legislações, a água natural para consumo humano não deve apresentar risco à saúde do consumidor. Ou seja, os microrganismos patogênicos devem estar ausentes, especificamente Coliformes Totais (CT) e Coliformes Fecais (CF), sendo recomendada sua ausência em 100 mL (Brasil, 2021; Brasil, 2008). Dentre os métodos mais utilizados para a identificação destes microrganismos destaca-se o método rápido Colilert que identifica simultaneamente as bactérias do grupo coliforme total e *Escherichia coli* (*E. coli*), com resultado em 24 horas através de enzimas específicas de cada microrganismo. Este método não necessita de testes confirmatórios ou complementares possibilitando a rápida correção de problemas antes que a água seja destinada ao consumo (Fernandes e Gois, 2015).

Outro parâmetro importante para a avaliação da qualidade da água é a determinação da sua dureza. A dureza da água é um parâmetro químico provocado principalmente pela presença de sais de cálcio e magnésio encontrados em solução e apesar destes íons serem minerais essenciais à saúde humana, quando ingeridos em doses elevadas podem provocar problemas cardiovasculares, reprodutivos, diabetes, hipertensão (Sengupta, 2013). A dureza total é expressa em termos de CaCO_3 em mg/L (APHA, 2017) sendo o valor máximo possível 300 mg/L de CaCO_3 (Brasil, 2021). A técnica mais usada para a determinação deste parâmetro é a volumetria de complexação, que usa soluções padronizadas de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) como titulante, em meio tamponado (Hussein, 2011).

Populares residentes próximos à escola reclamam da qualidade da água fornecida pela empresa de abastecimento, informando, que pele e/ou cabelos apresentam um aspecto ressecado, causando coceira. Neste contexto, este trabalho é uma contribuição para a avaliação da qualidade de águas subterrâneas, proveniente de poços tubulares, da zona urbana no entorno do Campus, analisando a dureza total da água, utilizando-se a técnica da volumetria de complexação, e também a análise de coliformes totais e fecais, realizadas por meio da técnica Colilert, a fim de avaliar sua conformidade aos padrões estabelecidos pela legislação vigente, verificando a segurança para o consumo e buscando qualidade de vida e proteção da saúde pública da comunidade local. Além disso, foram realizados questionários, envolvendo perguntas abertas e fechadas, junto à população local com o intuito de avaliar possíveis problemas de pele e ressecamento dos cabelos que possam ser causados pelo uso dessa água.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado no município de Timon, localizado na região leste do estado do Maranhão. A cidade possui uma área territorial corresponde a 1.763,220 km² e população de 174.465 habitantes, de acordo com o último Censo Demográfico de 2022. (IBGE, 2022). A área de estudo correspondente ao perímetro urbano do município de Timon no entorno do IFMA, e está relacionada aos sedimentos da Formação geológica Pedra de Fogo que apresenta litologia pelítica, representada por: siltitos, folhelhos, arenitos muito finos, argilosos e lentes de silexitos sendo um manancial de fraco potencial hidrogeológico (RIDESAB, 2019).

O clima da região, segundo Köppen, é tropical (AW') subúmido seco, possuindo período chuvoso de dezembro a maio, com médias mensais superiores a 124 mm e período seco de junho a novembro (CPRM, 2011). Os serviços públicos de abastecimento de água e tratamento de esgoto, atualmente, são realizados pela prefeitura municipal, através do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) e pela empresa Águas de Timon, responsáveis pela região rural e urbana, respectivamente. E utiliza a captação de água superficial e subterrânea em uma atuação conjunta de 71 poços tubulares profundos e pelo Rio Parnaíba através da Estação de Tratamento de Água – ETA (Silva, 2019). Segundo a Lei Municipal nº 1940, de 05 de Dezembro de 2014, a área urbana de Timon possui 30 bairros (Timon, 2014). Para este trabalho foram considerados 6 bairros no entorno do IFMA, sendo eles: Flores, Mutirão, Pedro Patrício, Vila Angélica, Vila Bandeirante e Cidade Nova.

Mapeamento dos poços com pontos georreferenciados

O georreferenciamento dos pontos de coleta foi realizado in loco com GPS da marca Garmin, modelo E-trex 30x. As coordenadas geográficas coletadas foram então usadas para a elaboração de um produto cartográfico (Figura 1) em um Sistema de Informação Geográfica – SIG/SIRGAS 2000 (CPRM, 2011; SIAGAS, 2021).



Figura 1 - Mapa de localização dos poços e residências monitoradas nos bairros onde foram realizadas as coletas de águas subterrâneas.

Fonte: (Marques, 2021)

Parâmetros de Análise

As coletas de amostras de água foram coletadas nas torneiras de 6 residências, na saída do poço do IFMA e nos bebedouros A e B e ocorreram entre 30/06/21 e 07/07/21, período de inverno no Brasil, porém o clima no Nordeste foi seco durante essa estação do ano, sem ocorrência de chuva nas últimas 48 horas antes da coleta, não havendo, portanto, alterações na água de abastecimento através do lençol freático. As coletas, acondicionamento e transporte de amostras de água foram realizadas segundo orientações da Secretaria de Vigilância em Saúde que dispõe sobre a Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância da qualidade da água para consumo Humano (Brasil, 2016) e segundo a Resolução nº 724 de 03 de outubro de 2011 da Agência Nacional de Águas - ANA (Brasil, 2011), em acordo com as normas internacionais do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF) (APHA, 2017). Em todas as residências as amostras foram coletadas da primeira torneira por onde passava a água de abastecimento, além disso, todas tiveram seus acessórios removidos e foram devidamente higienizadas com hipoclorito de sódio a 100mg/L e gaze. O mesmo procedimento de coleta foi aplicado nas torneiras dos bebedouros e na saída de água do poço. Antes da coleta, o excesso de hipoclorito de sódio foi removido abrindo-se a torneira em jato forte, deixando a água escoar por 3 minutos, nas torneiras das casas e nos bebedouros, para eliminação de resíduos de desinfetante ou outras incrustações existentes na canalização e para eliminar a água estagnada na tubulação. No poço, o tempo de escoamento foi de 5 minutos, para estabilização da temperatura da água. Para as análises microbiológicas a água foi coletada em

frascos de polietileno esterilizados, com capacidade para 100 mL de amostra e contendo uma pastilha de tiosulfato de sódio e lacre que impede o vazamento. Para análise e dureza total os frascos de coleta utilizados foram garrafas de polietileno com capacidade para 1000 mL que foram devidamente higienizadas com 48 h de antecedência por imersão em solução de ácido nítrico (HNO_3 a 10 %), estes foram etiquetados e identificados. O intervalo entre a coleta e a realização das análises microbiológicas foi de 1 h e as amostras para análise de dureza foram realizadas no mesmo dia. No transporte até o laboratório as amostras foram armazenadas a 4 °C em caixa térmica, para preservação das suas características. Todas as análises foram realizadas entre os dias 2 e 12 de março de 2021 no Laboratório de Química do Campus.

A análise de dureza total foi realizada por titulação complexométrica - SM 2340 C, de acordo com o Standard Methods (APHA, 2017), utilizando-se 100 mL de amostra sendo titulada contra uma solução padronizada do reagente EDTA, marca Alphatec, teor 99,0-101,0%, e detecção visual do ponto de equivalência usando o indicador Negro de Eriocromo T (marca Neon) que em contato com água dura ($\text{pH} \approx 10$), se combina com cátions metálicos bivalentes formando um complexo fraco de cor púrpura avermelhado. Após cada triplicata foi realizada a análise de um branco para avaliação de erros na análise (APHA, 2017). Em seguida calculou-se a dureza total da água expressada em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3). E calculou-se a média (\bar{x}), a estimativa do desvio padrão (s) e o coeficiente de variação (CV%) (APHA, 2017).

As análises microbiológicas foram realizadas por meio da técnica do Substrato Cromogênico Enzimático Colilert, utilizando Kit Colilert - IDEXX contendo testes simples para amostras de 100 mL e detectando simultaneamente a presença/ausência de coliformes totais e *E. coli*. (Silva, 2017). Os coliformes crescem no Colilert usando a enzima (β -galactosidase) para metabolizar o indicador de nutriente orto- nitrofenil- β -Dgalactopiranosídeo (ONPG) desenvolvendo coloração amarela; enquanto a *E. coli*. utiliza a enzima (β -glucuronidase) para metabolizar o indicador 4-metilumbeliferil (MUG) e apresentar fluorescência azul em contato com a luz ultravioleta (UV) a 365 nm, sendo utilizada uma lanterna portátil UV - Handheld Blacklight DL – 01, após 24 horas de incubação a uma temperatura de 35 °C na estufa microbiológica (Silva, 2017), de marca cienlaB, modelo 210/36. Quando esta encontra-se incolor, o resultado é negativo para a presença de coliformes totais, fecais e *E. coli*. (Brasil, 2013).

Posteriormente, os resultados foram comparados aos padrões físico-químicos e microbiológicos recomendados na Portaria de Consolidação nº 888/2021 (MS) e pela Resolução CONAMA nº 396/2008 (Brasil, 2021; Brasil, 2008).

Aplicação dos questionários

Foram aplicados dois questionários com o objetivo de avaliar os efeitos do uso da água de abastecimento em comparação ao uso de 20 L de água mineral (4 galões de 5L) fornecida pelos pesquisadores. O questionário 1 foi aplicado durante a coleta das amostras e o questionário 2, sete (7) dias após o uso da água mineral. Ambos continham perguntas abertas e fechadas. Esta pesquisa foi avaliada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e recebeu aprovação pela Universidade Federal do Maranhão – CEP/UFMA (CAAE nº: 37099120.4.0000.5087) (Brasil, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a determinação dos parâmetros microbiológicos (Coliformes Totais e *E. coli*) e do parâmetro químico, dureza total, junto aos padrões de potabilidade, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Resultado por amostra									
Parâmetros	Poço IFMA	A	B	Casa 1	Casa 2	Casa 3	Casa 4	Casa 5	Casa 6
Coliformes Totais (100 mL/amostra)	Pres.	Pres.	Pres.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
<i>E. Coli</i> (100 mL/amostra)	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.	Aus.
Potabilidade VMP* (100 mL) 888/2021**	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Tabela 1 - Resultados encontrados nas análises microbiológicas das amostras de água coletadas no poço e bebedouros A e B do IFMA além das 6 residências dos bairros avaliados.

VMP* Valor máximo permitido (Ausência em 100 mL de amostra) ****Portaria de Consolidação nº 888/2021. 1 = Flores, 2 = Pedro Patrício, 3 = Mutirão, 4 = Vila Angélica, 5 = Vila Bandeirantes, 6 = Cidade Nova. A = Bebedouro localizado no corredor, B = Bebedouro localizado próximo à biblioteca. Aus. = Ausente, P = Presente.**

Fonte: Dados da pesquisa.

As amostras dos 6 bairros encontram-se em acordo com os padrões de potabilidade conforme a Portaria n.º 888/2021 e pela Resolução nº 396/2008, onde está determinado que seja analisada, a ausência de Coliformes Totais e Coliformes Fecais em cada 100 mL de água destinada ao consumo humano, visando garantir sua potabilidade (Brasil, 2013).

Contudo, nas amostras do poço e bebedouros do IFMA, foi identificada a presença de Coliformes Totais, em desacordo com os parâmetros vigentes. A água da escola provém de poço privado localizado nas dependências desta, e, portanto, não recebe tratamento público do município. Em estudo realizado por Oliveira et al. (2018) foi também confirmada a presença de Coliformes Totais em 30 % dos bebedouros analisados em escolas públicas da cidade de Timon, abastecidas por poços tubulares (Oliveira, 2018). A contaminação por Coliformes Totais na água do poço pode estar relacionada a fatores de poluição do aquífero que atende a escola, tais como: A existência de um terreno, localizado em frente ao Campus, onde ocorre o despejo irregular de lixo domiciliar (Figura 2).



Figura 2 – Depósito irregular de lixo domiciliar em frente ao IFMA Campus Timon.

Fonte: Registro dos autores.

Além disso, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apenas 3,03% da população do município tem acesso aos serviços de esgotamento sanitário com coleta de esgotos seguida de tratamento (Brasil, 2019). O último censo realizado em 2010 aponta que dos domicílios particulares permanentes com banheiro, somente 31,98 % são atendidos por esgotamento sanitário via fossa séptica (RIDESAB, 2019). Portanto, recomenda-se a necessidade de instalação de um dosador de cloro no poço da escola e avaliação diária deste parâmetro, evitando prejuízos à saúde dos usuários (OPS, 2000).

Na tabela 2 estão apresentados os resultados de dureza total para cada amostra, desvio padrão (DP) e o Valor Máximo Permitido (VMP) segundo a legislação atual.

Pontos de coleta	Volume gasto de EDTA em 100 mL de amostra			Média (\bar{x}) (mL)	Dureza total mg/L (CaCO_3)	Desvio Padrão (s) (mg/L)	RSD (%)	VMP* 300,00 mg/L (CaCO_3) 888/2021**
	Amostra 1 (mL)	Amostra 2 (mL)	Amostra 3 (mL)					
Poço IFMA	16,30	16,30	16,30	16,30	161,61	0,00	0,00	
Casa 1	13,35	13,35	13,40	13,36	132,46	0,28	0,21	
Casa 2	13,40	13,40	13,40	13,40	132,86	0,00	0,00	
Casa 3	13,40	13,50	13,40	13,43	133,16	0,57	0,43	
Casa 4	18,30	18,40	18,40	18,37	182,14	0,58	0,32	
Casa 5	13,30	13,30	13,30	13,30	131,87	0,00	0,00	
Casa 6	11,30	11,30	11,30	11,30	112,04	0,00	0,00	

Tabela 2 – Volumes gastos de EDTA na titulação, Dureza total, Desvio Padrão e Desvio padrão relativo (RSD) das amostras coletadas no IFMA e nos bairros no entorno da escola.

VMP:** Valor Máximo Permitido; *** Portaria de Consolidação nº 888, de 4 de maio de 2021. **1** = Flores, **2** = Pedro Patrício, **3** = Mutirão, **4** = Vila Angélica, **5** = Vila Bandeirantes, **6** = Cidade Nova.

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Analisando a tabela 2, verifica-se que as amostras dos bairros Flores, Pedro Patrício, Mutirão, Vila Bandeirante e Cidade Nova apresentaram resultado entre 112,04 mg/L e 133,16 mg/L, sendo classificadas como águas de dureza moderada, enquanto as amostras do poço do IFMA e do bairro Vila Angélica apresentaram respectivamente 161,61 mg/L e 182,14 mg/L, sendo classificadas como água dura (Brasil, 2014). Segundo o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do MS a dureza total máxima permitida para atender aos padrões de potabilidade era 500 mg/L de CaCO_3 , no entanto este padrão foi reduzido para 300 mg/L segundo nova portaria Nº 888, de 4 de Maio de 2021 do MS (Brasil, 2021). Para o consumo humano, a água dura, mesmo em concentrações abaixo do VMP pode apresentar propriedades organolépticas desagradáveis e maior gasto de sabão. O banho com sabão em água dura pode deixar uma película coalhada e pegajosa na pele, provocando coceira e ressecamento (Blake-Haskins, 1989; Mgombezi, 2020; Moraes, 2021).

RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS APLICADOS AOS VOLUNTÁRIOS

Do total de entrevistados, 100,00% eram do sexo feminino, na faixa etária de 20 e 53 anos, que nos informaram (questionário 1) sobre o tipo de água utilizada para consumo, satisfação das necessidades básicas e sobre dos efeitos do uso da água de abastecimento, sentidos na pele e nos cabelos (Figura 3) comparados ao uso de água mineral ofertada.

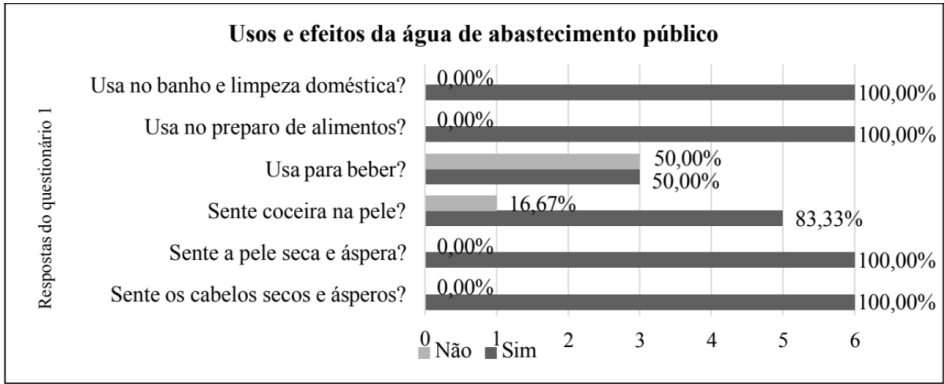


Figura 3: Respostas dos moradores dos 6 bairros, referentes ao questionário 1.

Fonte: dados da pesquisa.

Conforme dados obtidos após aplicação do questionário 1, 100,00% dos voluntários informaram que utilizam a água de abastecimento nas atividades diárias, porém 50,00% das pessoas avaliadas substituiu a água de abastecimento por água mineral (Flores, Pedro Patrício e Vila Angélica), 100,00% dos voluntários se queixam de que a água de abastecimento deixa pele e cabelos secos e ásperos, provocando coceira em 83,33 % dos usuários (Flores, Pedro Patrício, Mutirão, Vila Angélica e Vila Bandeirante). Foram relatadas ainda características sensoriais desagradáveis na água como gosto ruim (Vila Angélica), cheiro forte de cloro (Pedro Patrício), cor amarelada, barrenta ou com fuligem (Mutirão, Cidade Nova e Vila Bandeirante, respectivamente), sendo algumas destas comprovadas durante a coleta (Figura 4, 5 e 6).

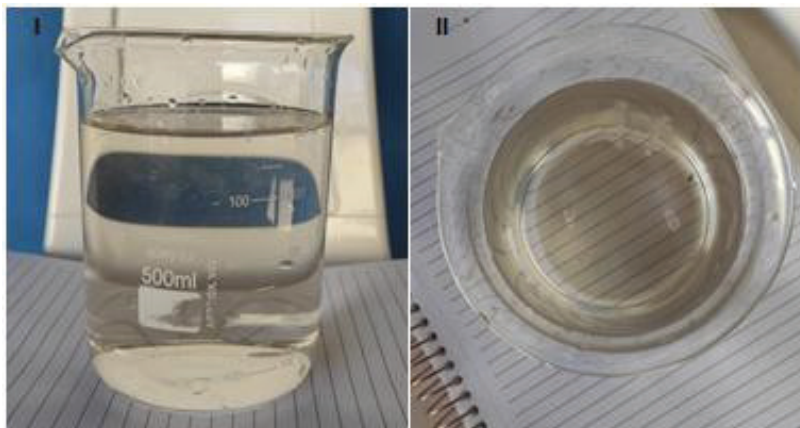


Figura 4 – Amostra da água do bairro mutirão coletada em um Becker e apresentando coloração amarelada.

Fonte: Registro dos autores.

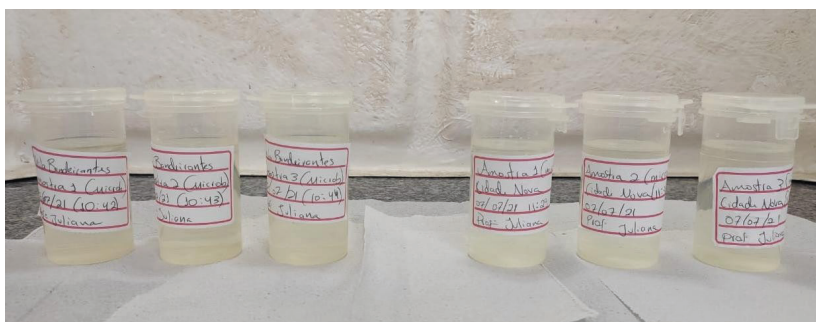


Figura 5 – Amostras dos bairros Vila Bandeirante e Cidade Nova, respectivamente, apresentando coloração amarelada.

Fonte: Registro dos autores.

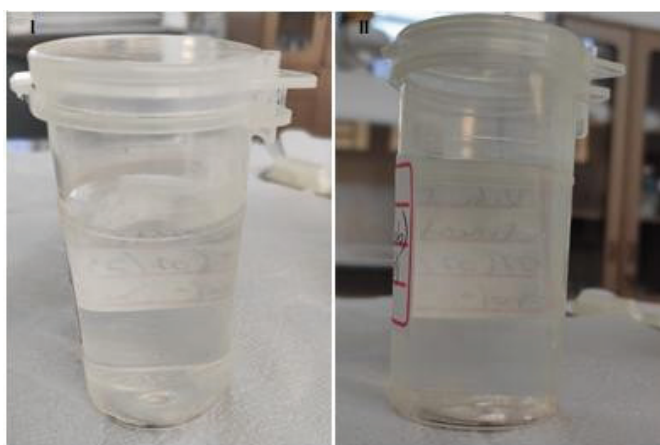


Figura 6 – Amostras do Bairro Vila Bandeirante, apresentando fuligem no fundo do recipiente.

Fonte: Registro dos autores.

Portanto, observou-se que tais aspectos registrados durante a coleta e apresentados nas figuras 4, 5 e 6 são esteticamente indesejáveis para os consumidores, provocando rejeição, o que justifica a busca de 50,00% dos voluntários por outras fontes de água (Figura 3).

No questionário 2 (Figura 6), os mesmos voluntários entrevistados no questionário 1, informaram sobre os efeitos do uso da água mineral sentidos na pele e nos cabelos, em substituição à água de abastecimento público.

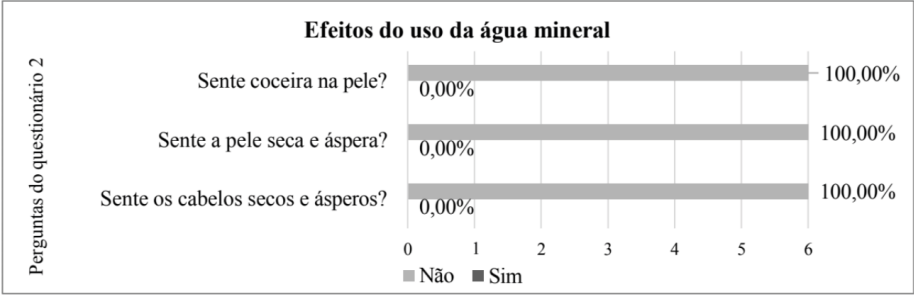


Figura 7 – Respostas dos moradores dos 6 bairros, referentes ao questionário 2.

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo dados obtidos no questionário 2, obtido após os voluntários utilizarem a água mineral oferecida para banho, no preparo de alimentos e para beber, obtivemos que 100,0% destes usuários responderam que o uso da água mineral não causou coceira e todos relataram sentir a pele e os cabelos mais macios e sedosos, demonstrando assim que os efeitos sentidos podem estar relacionados com a dureza da água de abastecimento visto que estes foram anulados após a substituição da água.

CONCLUSÃO

Os resultados das análises microbiológicas das águas subterrâneas coletadas nos 6 bairros estão abaixo do limite máximo permitido pelas legislações em vigor, porém as amostras do poço e bebedouros do IFMA não atendem ao parâmetro Coliformes Totais e oferecem riscos à saúde dos usuários e, portanto, recomenda-se que a instituição adote medidas de melhoramento da gestão de água ofertada à comunidade escolar e avaliação constante deste parâmetro. Acredita-se que estes resultados, estejam diretamente relacionados aos baixos índices de acesso da população aos serviços de esgotamento sanitário correspondente à coleta de esgotos seguida de tratamento, baixo acesso a fossas sépticas e também ao despejo irregular do lixo nas proximidades do Campus sendo necessária a adoção de políticas públicas capazes de reduzir os fatores de poluição que atuam no aquífero que atende à escola, além da aplicação de programas de conscientização da população quanto aos riscos à saúde que podem ser acarretados devido ao consumo de água imprópria, incluindo atividades de educação sanitária e promoção de hábitos higiênicos, como prática efetiva para evitar a contaminação das fontes primárias de água, garantindo, assim, água de qualidade para todos e reduzindo a incidência de doenças de veiculação hídrica.

Em relação ao parâmetro físico-químico dureza total, observou-se que todas as amostras analisadas apresentam valores abaixo do limite máximo permitido segundo a Portaria 888/2021, MS, sendo, portanto, consideradas potáveis. Do total de amostras de água subterrânea analisadas 71,43% apresentam dureza moderada em um intervalo de 112,04 mg/L e 133,16 mg/L e 28,57% apresentam água dura com resultados entre 161,61 mg/L e 182,14 mg/L, porém, de acordo com as respostas fornecidas, pelos 6 voluntários dos bairros selecionados, segundo questionário 1, foi possível afirmar que a água de abastecimento público deixa a desejar em alguns aspectos físicos visto que 50,00 % dos voluntários avaliados não utiliza mais a água de abastecimento para beber, substituindo-a por água mineral, demonstrando assim uma modificação nos hábitos de consumo. Além disso, 100,00% dos voluntários se queixam de que a água de abastecimento deixa pele e cabelos secos e ásperos, provocando coceira em 83,33% dos usuários. Houve ainda relatos dos moradores a respeito das características sensoriais da água percebidas por eles e descreveram que a água apresentava gosto ruim, coloração amarelada, barrenta ou com fuligem, sendo algumas destas comprovadas durante a coleta. E ao serem avaliados após substituição total da água de abastecimento público por água mineral, 100,00% dos voluntários sentiram melhora nos efeitos do seu uso na pele e nos cabelos.

Esta pesquisa contribuiu de forma significativa com dados relevantes para a comunidade acadêmica visto que existem poucos estudos relacionados à verificação da localização dos poços tubulares operantes e avaliação da qualidade da água subterrânea no Município, fornecendo subsídios para a adoção de medidas corretivas voltadas à identificação de riscos à saúde humana no consumo de água, colaborando assim com a melhoria da qualidade de vida da população Timonense.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa concedida ao primeiro autor, ao IFMA Campus Timon pela infraestrutura e suporte ao longo da pesquisa e aos voluntários moradores dos bairros analisados pela disposição em responder aos questionários.

REFERÊNCIAS

ABAS - Associação Brasileira de águas subterrâneas (2020). Águas **Subterrâneas. O que são?**. Disponível em: <<http://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/>>. Acesso em: 20/01/2020.

APHA - American Public Health Association (2017). **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater** (22nd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

Blake-Haskins, J., Simion, F. A., Rhein, L. D., Babulak, S. W., Cagan, R. H. (1984). **Processo para a preparação de uma composição de limpeza suave e de condicionamento para amaciamento da pele, contendo baixos níveis de um agente tensio-activo não ionico e um ácido orgânico.** (PT 89126 B). Colgate Palmolive Company. <https://patentimages.storage.googleapis.com/d5/0b/14/fb5941b9d3b118/PT89126B.pdf>.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Resolução nº 724, de 3 de outubro de 2011. Estabelece procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, no âmbito do Programa Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas (PNQA)**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 out. 2011. Seção 1, p.105. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2011/724-2011.pdf>>. Acesso em: 01/12/2020.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. (2013). **Manual prático de análise de água** (4a ed.) Brasília: Funasa. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf>. Acesso em 27/09/2021.

BRASIL. (2020). Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2019>>. Acesso em: 26/09/2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos**. Brasília; 2012. Disponível em: <<https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>>. Acesso em: 23/09/2021.

BRASIL. (2014). Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdbcb-8cd2-4157-940b-90b5c5bfc87>>. Acesso em: 25/03/2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano** – Brasília: Ministério da Saúde, 2016. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf>. Acesso em: 30/11/2020.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://brasilisus.com.br/index.php/pdf/portaria-gm-ms-no-888/>>. Acesso em: 23/09/2021.

BRASIL, **Resolução CONAMA, nº396, de 03 de Abril de 2008**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, Brasília, 2008. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em: 23/09/2021.

Correia, F. L. F., Gomes, E. R., Nunes, O. O., & Lopes, J. B. F. (2011). **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Timon**, Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/15662/1/rel_timon.pdf>. Acesso em: 25/09/2021.

Fagundes, J. P. R., & Andrade, A. L. A. (2015). Poços artesianos: uma reflexão na perspectiva da sustentabilidade. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**. Disponível em: <https://revistas.unipacto.com.br/storage/publicacoes/2015/pocos_artesianos_uma_reflexao_na_perspectiva_da_sustentabilidade_35.pdf>. Acesso em: 15/10/2021.

Fernandes, L. L., & Gois, R. V. (2015). Avaliação das Principais Metodologias Aplicadas às Análises Microbiológicas de Água para Consumo Humano Voltadas para a Detecção de Coliformes Totais e Termotolerantes. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, 6(2), 49-64. Disponível em: <<http://www.faema.edu.br/revistas/index.php/Revista-FAEMA/article/view/339/396>>. Acesso em 29/03/21.

- IBGE. (2022). Panorama da cidade de Timon – MA. **Censo Demográfico 2010**. Timon. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/timon/panorama>>. Acesso em: 16/08/2023.
- Hussein, F. R. G. e S., & Fernandes, N. S. (2011). Vivenciando a química ambiental (2. ed.). Natal: EDUFRN.
- Levido, A. S., da Silva, G. M., & Marinho, P. H. O. (2016). **Aplicação de resina de troca catiônica em um reator de leito fluidificado afim de remover dureza total de água de abastecimento**. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/APLICA%C3%87%C3%83O_DE_RESINA_DE_TROCA_CATI%C3%94NICA_EM_UM_REATOR_DE_LEITO_FLUIDIFICADO_AFIM_DE_REMOVER_DUREZA_TOTAL_DE_%C3%81GUA_DE_ABASTECIMENTO.pdf>. Acesso em: 04/10/2021.
- Mgombezi, D., & Vegi, M. R. (2020) Uma investigação sobre a eficácia do amido de batata enxertado como adsorvente para tratamento de água dura. **Journal of Chemistry**, 2020. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/jchem/2020/4050862/>>. Acesso em: 06/08/2021.
- Mierzwa, J. C., & Hespanhol, I. (2005). **Água na indústria: uso racional e reúso**. Oficina de Textos.
- Moraes, G. de. (2021). **Métodos de Abrandamento de Água para Abastecimento: estudo de caso Habitasul-Jurerê Internacional**. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/220235/TCC_GrazieledeMoraes_assinado%20%28%201%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 06/10/2021.
- Oliveira, E. M. de., Ribeiro, D. M., Cronemberger, M. G. de O., Carvalho, W. F. de., Lima, M. D. P., Sousa, K. R. F. (2018). Análises físico-químicas e microbiológicas da água de bebedouros em escolas públicas da cidade de Timon-MA. **PUBVET**, 12(05), 172. Disponível em: <<https://www.pubvet.com.br/artigo/4652/anaacutelisefiacutesicoquiacutemicasemicrobioloacutegicasdaaacuteguaembebedourosemescolaspuacuteblicasdacidadedetimonma>>. Acesso em: 30/10/2021.
- RIDESAB. (2019). **Diagnóstico do saneamento básico da região integrada de desenvolvimento (RIDE) grande Teresina**. Universidade de Brasília. Teresina – PI. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Diagn%C3%B3stico_do_Saneamento_B%C3%A1sico_da_Regi%C3%A3o_Integrada_de_Developimento_RIDE_Polo_Grande_Teresina-PI.pdf>. Acesso em: 26/09/2021.
- Sengupta, P. (2013). Potenciais impactos da água dura na saúde. **Revista internacional de medicina preventiva**, 4(8), 866. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3775162/>>. Acesso em: 12/12/2019.
- SGB/CPRM - Serviço Geológico do Brasil. (2021). **GeoSGB**. Disponível em: <<https://geoportal.cprm.gov.br/geosgb/>>. Acesso em: 26/09/2021.
- SIAGAS. (2021). Serviço de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php>. Acesso em: 26/09/2021.
- Silva, T. R. da. (2019). Caracterização e análise do Sistema de abastecimento de água do perímetro urbano do município de Timon, Ma, Brasil. **Acta Geográfica**, 13(33), 1-19. Disponível em: <<https://revista.ufrb.br/actageo/article/viewFile/4730/2751>>. Acesso em: 28/09/2021.
- TIMON. **Lei Municipal Nº 1940, de 05 de Dezembro de 2014. Denomina e delimita os bairros do município de Timon-MA**. 2014. Disponível em: <http://timon.ma.gov.br/semgov/leis/Denominacao_De-limitacao_Bairros_Timon.pdf>. Acesso em: 26/09/2021.