

ANTONIO DIHEYLLON DE BRITO GOMES

*Universidade Federal do Piauí, UFPI,
Teresina, PI, Brasil.*

*Recebido em abril de 2024.
Aprovado em junho de 2024.*

TEOR DE ALUMÍNIO NA ÁGUA TRATADA PARA O ABASTECIMENTO HUMANO DO MUNICÍPIO DE PIRACURUCA – PI

RESUMO

O uso de sulfato de alumínio no tratamento de águas de abastecimento público tem sido controverso, pois a sua introdução no processo de tratamento pode levar ao aumento das concentrações residuais de alumínio, comprometendo a qualidade da água, levando a efeitos prejudiciais à saúde pública. Por este motivo, foi realizado um estudo da água potável da cidade de Piracuruca - PI a fim de analisar se o teor de sulfato de alumínio presente na água tratada e distribuída pela rede pública está dentro dos limites dos padrões vigentes para a potabilidade. Nesse sentido, foram coletadas três amostras de água, sendo uma na escola local, a outra da ETA convencional e a terceira da ETA compacta da cidade. Os resultados apontaram que a amostra coletada da escola teve um valor de 0,18 mg/L, a ETA convencional teve um índice de 0,15 mg/L e a ETA compacta de 0,05 mg/L. De acordo com os valores encontrados nas amostras, verificou-se que o parâmetro alumínio satisfaz o limite permitido e está em conformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021. No entanto, os resultados da escola e ETA convencional ficaram bem próximos do limite da portaria, necessitando assim uma maior atenção em relação a esses valores. Assim, recomenda-se que seja realizado o monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água, principalmente o teste de alumina residual para garantir o controle eficiente desta substância evitando assim, doenças causadas pelo consumo prolongado de excesso de alumínio no organismo humano, bem como a fiscalização pelos órgãos competentes para que as normas de potabilidade sejam cumpridas.

Palavras-Chave: qualidade da água; análises físico-químicas; potabilidade.

ALUMINUM CONTENT IN WATER TREATED FOR HUMAN SUPPLY IN THE MUNICIPALITY OF PIRACURUCA – PI

ABSTRACT

The use of aluminum sulfate in the treatment of public water supply has been controversial, as its introduction in the treatment process can lead to increased residual aluminum concentrations, compromising water quality, leading to harmful effects on public health. For this reason, a study of drinking water in the city of Piracuruca - PI was carried out in order to analyze whether the aluminum sulfate content present in treated water distributed by the public network is within the limits of current standards for potability. In this sense, three water samples were collected, one from the local school, the other from the conventional ETA and the third from the compact ETA in the city. The results showed that the sample collected from the school had a value of 0.18 mg/L, the conventional ETA had an index of 0.15 mg/L and the compact ETA of 0.05 mg/L. According to the values found in the samples, it was found that the aluminum parameter met the permitted limit and complies with Ordinance GM/MS No. 888/2021. However, the results of the school and conventional ETA were very close to the ordinance limit, thus requiring greater attention in relation to these values. Thus, it is recommended that the physical-chemical parameters of the water be monitored, especially the residual alumina test to ensure the efficient control of this substance, thus avoiding diseases caused by the prolonged consumption of excess aluminum in the human body, as well as the supervision by the competent bodies so that potability standards are complied with.

Keywords: water quality; physical-chemical analysis; potability.

INTRODUÇÃO

O tratamento da água para abastecimento humano tem sido uma grande preocupação nos últimos tempos e não está apenas voltado para a qualidade microbiana da água, mas também a qualidade química e os impactos da exposição da saúde humana. Há várias fontes de contaminação na água para consumo público, sendo divididos em duas fontes: os presentes na água para captação e os usados ou formados durante o tratamento e distribuição da água (ROSALINO, 2011).

O tratamento da água tem o objetivo de eliminar os contaminantes como microrganismos e sais minerais, antes de serem enviados para consumo humano (OLIVEIRA; SASSI; MARTINS, 2015). Para isso, existe a Portaria de GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 que estabelece os meios para o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Todavia, existem preocupações acerca da ingestão de alumínio em alimentos e na água, principalmente na água. Essa preocupação se baseia na presença deste metal na água, pois podem ter maior potencial de biodisponibilidade e são mais prontamente absorvidos pelo trato gastrointestinal. A ingestão desta substância pode causar diversas doenças como o parkinson, Alzheimer, esclerose lateral amiotrófica, entre outras (ROSALINO, 2011).

Na cidade de Piracuruca - PI o tratamento da água é realizado por uma estação de tratamento convencional pela Empresa de Águas e Esgotos do Piauí S/A - AGESPISA que capta água da barragem do Rio Piracuruca que segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA tem uma água classificada como classe II e é tratada com sulfato de alumínio. Com isso, surge o questionamento: qual o índice de alumina (Al_2O_3), presente na água tratada e distribuída pela rede pública?

Sendo assim, para responder esta pergunta, foi realizada a coleta de três amostras de água a fim de realizar a análise em um laboratório de qualidade de água da região, a fim de verificar a quantidade de alumínio que pode estar presente nesta amostra.

A qualidade da água é de grande importância e um fator decisivo para a sobrevivência, bem-estar e desenvolvimento da vida. Sendo assim, é fundamental garantir que a distribuição da água seja realizada de acordo com os padrões exigidos pela legislação. Atualmente, a presença de alumínio residual na água potável tornou-se motivo de preocupação e discussão pela comunidade científica. Esta inquietação é baseada em vários estudos que relacionam a presença de alumínio na água potável com distúrbios neurológicos como neurodegeneração, encefalopatia, demência por diálise, doença de Alzheimer e alterações neurocomportamentais do processo de esterilização (ROSALINO, 2011).

Nesse sentido, a justificativa deste trabalho é mostrar se há um excesso do teor de alumínio na água distribuída na cidade de Piracuruca - PI, com o intuito de contribuir para que a concessionária de abastecimento de água responsável pelo tratamento de água da região tenha o conhecimento em relação ao nível desta substância na água tratada tendo em vista que não é feito os devidos testes de teor de alumínio na estação de tratamento periodicamente segundo observado em loco.

Além disso, este estudo tem o intuito de fornecer mais dados para a comunidade científica, professores e estudantes da área, a fim de proporcionar mais discussões e aumentar o banco de dados acerca do tema. Para comunidade, este tema também é importante para que tenham consciência dos perigos que o alumínio pode causar à saúde e qualidade de vida da população da região.

Por fim, o objetivo geral deste artigo é analisar se o teor de sulfato de alumínio presente na água tratada e distribuída pela rede pública está dentro dos limites dos padrões vigentes para a potabilidade. Os objetivos específicos são: relacionar os possíveis efeitos à saúde humana com a presença de alumínio na água

potável; realizar a análise da água de consumo distribuída pela rede pública; comparar os resultados da análise de água com os padrões de potabilidade e outros resultados de estudos feitos sobre o tema; apresentar soluções para o problema da formação do alumínio residual na água tratada.

REFERENCIAL TEÓRICO

Alumínio

O alumínio está presente em pequenas quantidades nos organismos dos seres vivos, no entanto é um elemento abundante no meio ambiente e suas propriedades físicas e químicas proporcionam que seja usado em diversos produtos de consumo e em diferentes processos de várias áreas. Esta substância representa 8,8 % da crosta terrestre e ocupa o terceiro lugar, perdendo apenas para oxigênio e sílica. (ROSALINO, 2011).

Como um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, o alumínio é encontrado em partículas de pó, vegetais e utensílios domésticos. Além disso, o sulfato de alumínio é usado como floculante no processo de purificação de água, também é utilizado em aditivos alimentares, produtos farmacêuticos como antiácidos à base de hidróxido de alumínio e purificação de água, incluindo água potável (OLIVEIRA et al., 2005).

O alumínio é extraído da bauxita, um mineral que possui de 40% a 60% de óxido de alumínio (alumina) e pequenas quantidades de dióxido de silício, óxido de ferro, dióxido de titânio, silicato de alumínio e outras impurezas. Este elemento é usado na produção de utensílios domésticos, materiais de construção (como molduras refratárias e cerâmicas), embalagens, peças de veículos e estruturas de aeronaves, como agente abrasivo e curtidor na indústria têxtil. Os sais de alumínio são amplamente utilizados na indústria farmacêutica para fabricar antiácidos e antidiarreicos e como adjuvantes para vacinas. Também é usado na indústria alimentícia como aditivo e como componente de embalagens de alimentos (APDA, 2012).

A exposição humana ao alumínio é inevitável, pois ocorre pela presença natural do alumínio na natureza, ou seja, nos alimentos, na água e no ar, e pelo uso consciente e introdução diária desse elemento pelo homem, em medicamentos, tratamento de água, produtos de consumo, entre outros (ROSALINO, 2011).

Os alimentos são a principal via de exposição humana ao alumínio, mas o consumo de água representa menos de 5% da ingestão diária total (APDA, 2012). Embora os alimentos sejam o principal acesso de alumínio no corpo humano, há uma preocupação em relação àquele que estão na água para consumo humano, pois, como ele está biodisponível faz com que o organismo absorva com mais facilidade (ROSALINO, 2011; APDA, 2012).

Assim, cerca de 0,1 - 0,6% do total de alumínio ingerido é absorvido pelo organismo, sendo que o excesso é excretado nas fezes e na urina. A biodisponibilidade do alumínio é muito influenciada pela forma do composto alumínio e pela presença de ingredientes na dieta que complexam com o alumínio, promovendo ou inibindo a absorção (ROSALINO, 2011).

Potabilidade da Água para Consumo Humano

Com o incremento de tecnologias cientificamente comprovadas e o aparecimento de inúmeras doenças oriundas da água, surgiram recursos técnicos para o monitoramento das características da qualidade da água potável (PÁDUA et al., 2009). Neste sentido, para atender aos padrões de consumo, a água deve ser limpa, transparente e livre de microrganismos ou substâncias capazes de causar doenças aos seres humanos (GASPAROTTO, 2011).

A origem da água potável pode ser de duas maneiras: água subterrânea (captada de um aquífero) e águas superficiais (por exemplo, rios). Sendo que, as águas

superficiais normalmente apresentam características mais adequadas ao consumo humano, baixo custo e mais fáceis de captar (RIBEIRO, 2010; SANTOS, 2021).

A resolução CONAMA nº 357/2005 que especifica a classificação dos corpos d'água, as diretrizes ambientais para o seu enquadramento e a finalidade de uso, classifica as águas doces como classe especial e classe 1, 2, 3 e 4. Estas águas são as que podem ser utilizadas para abastecimento humano desde que passem pelo devido tratamento, seguindo as especificações que são contidas nesta portaria.

Além da desta resolução existe a Portaria de GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que determina os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esta portaria estabelece em seu Anexo 11 a tabela de padrão organoléptico de potabilidade, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Padrão organoléptico de potabilidade (Portaria GM/MS nº 888/2021).

Parâmetros	CAS	Unidade	VMP (¹)
Alumínio	7429-90-5	ml/L	0,2
Amônia (como N)	7664-41-7	ml/L	1,2
Cloreto	16887-00-6	ml/L	250
Cor Aparente (²)		µH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	ml/L	0,001
1,4 diclorobezeno	106-46-7	ml/L	0,0003
Dureza total		ml/L	300
Ferro	7439-89-6	ml/L	0,3
Gosto e odor		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	ml/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	ml/L	0,02
Sódio	7440-23-5	ml/L	200
Sólidos dissolvidos totais		ml/L	500
Sulfato	14808-79-8	ml/L	250
Sulfeto de hidrogênio	04/06/7783	ml/L	0,05
Turbidez (³)		µT	5
Zinco	7440-66-6	ml/L	5

A Tabela 1 demonstra os índices de tolerância para as substâncias apresentadas, em especial o alumínio que precisa estar no padrão determinado por esta portaria. Neste sentido, para que a água esteja no nível adequado para consumo é necessário que esteja dentro desses valores para potabilidade.

Tratamento de Água Convencional

O tratamento de água convencional é constituído pelas seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação. No entanto, a primeira etapa deste processo é a captação superficial da água em um rio que depois é transportada para a Estação de tratamento de esgoto - ETA por meios de adutoras que são tubos ou canais por onde a água é bombeada (AGESPISA, 2020).

Antes de iniciar o tratamento na ETA, a água passa por sistemas de grades (gradeamento) para remoção de sólidos como, folhas, galhos, troncos, entre outros. Depois ocorre o processo de coagulação que remove as impurezas com partículas pequenas que o processo de gradeamento não conseguiu remover. Para isso, é necessário adicionar coagulantes químicos à água. Normalmente, o coagulante usado aqui no Brasil é o sulfato de alumínio $[Al_2(SO_4)_3]$ (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2020).

Quando o sulfato de alumínio é aplicado ocorre a agitação rápida e formação das partículas. Na etapa seguinte de floculação ocorre a mistura lenta com um agitador mecânico para união das partículas e formação dos flocos maiores e mais pesados. Estes processos são usados para remover turbidez e cor, organismos patogênicos, algas e outros plânctons, assim como algumas substâncias que causam odor e sabor, eliminação de fosfatos e metais pesados (ROSALINO, 2011; CAESB, 2022).

Na fase de decantação é fundamental separar por gravidade os flocos formados no processo de coagulação/floculação contidos em uma solução líquida. Os sólidos se depositam no fundo do decantador e são eventualmente removidos como lodo, enquanto o efluente sem sólidos se deposita através do transbordamento (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2020; CAESB, 2022).

Já na etapa de filtração a água decantada é enviada para uma unidade de filtração que realiza o processo de filtragem das impurezas. Este processo consiste na passagem da água por um filtro formado por areia grossa, areia fina, cascalho, pedregulho e carvão capaz de reter flocos ou outras sujeiras que passam sem sedimentar (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2020).

Na etapa de desinfecção é usado um agente físico ou químico que elimina os microrganismos patogênicos que possam transmitir doenças para quem consumir a água. O desinfetante mais utilizado no Brasil é o cloro, mas existem outros como ozônio, luz ultravioleta e íons de prata. A água também passa pela fase de correção de pH (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2020; CAESB, 2022).

A etapa final do tratamento é a fluoretação que é realizada por meio de compostos a base de flúor. O uso desses compostos em abastecimento público de água pode ajudar a reduzir a cárie dentária em até 60% se as crianças receberem íons de flúor suficientes desde o nascimento (CAESB, 2022).

Perigos do Excesso de Alumínio na Água Tratada e na Saúde Humana

O uso de sulfato de alumínio no tratamento de águas de abastecimento público tem sido controverso, pois a sua introdução no processo de tratamento pode levar ao aumento das concentrações residuais de alumínio, comprometendo a qualidade da água, levando a efeitos prejudiciais à saúde pública (ROSALINO, 2011).

O excesso de alumínio pode levar a uma má qualidade em relação aos padrões utilizados para água potável, resultando em turbidez e depósitos nas tubulações. Em relação à ingestão humana de alumínio, em pessoas saudáveis, o alumínio é excretado sem problemas, enquanto em pessoas com insuficiência renal ou forte exposição a esse metal, pode causar, entre outros problemas, distúrbios orgânicos (BONGIOVANI *et al.*, 2016; CLETA, 2008).

Outro fator notável causado pela presença de alumínio residual na água tratada é que devido ao aumento da turbidez, ocorre a redução da eficiência de desinfecção e o potencial de precipitação do alumínio em $Al(OH)_3$ durante a distribuição, reduzindo a capacidade de transporte na rede de distribuição (ROSALINO, 2011).

Diversos estudos laboratoriais concluíram que a exposição ao alumínio é um fator de risco para o desenvolvimento de doenças degenerativas, como a esclerose lateral amiotrófica, a doença de Parkinson e os danos cerebrais característicos da doença de Alzheimer (APDA, 2012).

A presença de alumínio na água de consumo humano é preocupante para pacientes com Insuficiência Renal Crônica - IRC que a utilizam nas unidades de hemodiálise (APDA, 2012). Pois, no decorrer dos anos o paciente com IRC submetido ao tratamento de hemodiálise tende a apresentar altas concentrações de alumínio no sangue (hipoalbuminemia) preferencialmente no tecido ósseo e cerebral (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Ainda, a ingestão prolongada do alumínio pode causar vários problemas de saúde como: demência, danos ao sistema nervoso central, perda de memória, surdez, fortes

tremores, dores musculares, cólicas, fraqueza ou falta de apetite (MENDES; OLIVEIRA, 2004; PASTILHA, 2005).

Os altos níveis de alumínio no organismo podem causar efeitos neurotóxicos, afetar os ossos e relaxar o sistema reprodutivo. Além disso, o excesso de alumínio no corpo pode causar constipação, cólicas abdominais, anorexia, dores de cabeça, esquecimento, dificuldades de aprendizagem, hiperatividade, convulsões, diminuição da coordenação motora, doença de Alzheimer, padrões de fala alterados, diminuição da função hepática e renal (OLIVEIRA; SASSI; MARTINS, 2015).

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na cidade Piracuruca - PI que possui uma área da unidade territorial de 2.380,4 km², com população de 28.791 habitantes e densidade demográfica de 12,1 habitantes por km² (CIDADE BRASIL, 2022). As coordenadas desta região são de latitude de 3°55'40" S e longitude de 41°42'32" W. O rio Piracuruca responsável por 70% do abastecimento humano desta cidade faz parte da bacia de Longá - Parnaíba, cuja barragem é situada na latitude de 03°57'42" S e longitude de 41° 40' 18,67" W (ANA, 2016).

A amostragem foi realizada em 24/02/2023 às 10:00 horas na Unidade Escolar Raimundo Nonato da Trindade, situada na Avenida José Mendes de Moraes, S/N, bairro Esplanada município de Piracuruca - PI, a escola conta com 192 alunos distribuídos entre 1º, 2º e 3º ano do Ensino Fundamental I, onde se efetuou a coleta da amostra de água tratada para o desenvolvimento do estudo. Depois, esta amostra foi levada para Hidrolabor, laboratório de controle de qualidade, onde realizou-se o procedimento de ensaio da amostra no dia 02/03/2023 e de acordo com as informações apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Informações para a análise.

Parâmetros analisados	Unidade	LQ	Referência metodológica
Alumínio total	mg/L	0,005	SMWW, 23º, Mtd.3125 B

Nota: LQ: Limite de Quantificação.

Além do teste realizado na água da escola, foram coletadas mais duas amostras: uma da ETA convencional e a outra da ETA compacta. Enviado para Bragança Paulista, o qual o senhor Edmar de Moraes (químico e gestor ambiental, hidrobiologia aplicada em tratamento de água, especialista em PAE cloro, plano de ação emergencial de acidente com cloro líquido pressurizado, 99,9% de cloro ativo, técnico de sistema de tratamento de água sênior Sabesp, ETA escola 120 horas, Desinfecção aplicada, governo do estado de São Paulo, plano de erradicação da Tifo em Paulínia SP, eliminação de ferro, aplicação em Monte Mor, SP, dimensionamento de ETAs e ETEs, 50 sistemas implantados, professor de tratamento de água USF ação social franciscana, bioquímica 1984, com 48 anos de experiência na área de Meio Ambiente e Saneamento Básico), após conhecer o objetivo da pesquisa, sua relevância para a saúde pública e com o intuito de corroborar o estudo, esse fez em caráter solidário as análises de alguns parâmetros de qualidade na água, inclusive o teor de alumina, pelo método baseado na reação entre o íon Alumínio e o corante Eriocromocianina R, que em pH próximo a 6,00 forma um complexo de cor rosa na exata proporção à concentração de Alumínio presente na amostra.

Após as análises, foi realizado uma comparação entre os resultados obtidos em laboratório e as outras duas amostras das ETAs com os valores determinados pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, a fim de verificar se o índice de alumínio encontrado está de acordo com esta portaria. Os valores obtidos depois do ensaio das amostras foram organizados, a fim de melhor efetuar as comparações, assim como as discussões dos resultados encontrados no estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado obtido após a análise da amostra em laboratório em relação ao teor de alumínio da água coletada na escola do município de Piracuruca - PI é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultado da análise físico-química do alumínio.

Parâmetro	Unidade	VMP	Resultado
Alumínio	mg/L	0,2	0,1874

Nota: VMP= Valor Máximo Permitido (Portaria GM/MS nº 888/2021).

De acordo com o valor encontrado na análise da amostra o resultado do parâmetro alumínio satisfaz ao limite permitido e está em conformidade com a Portaria GM/MS nº 888/2021. No entanto, está bem próximo ao índice admitido por esta portaria.

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de água das duas amostras da ETA convencional e da ETA compacta. Além do alumínio outros parâmetros foram analisados tais como: pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, dureza total e fluoreto.

Tabela 4 - Resultados das amostras da ETA convencional e compacta.

Parâmetros	Unidade de medida	ETA convencional	ETA compacta	PMV
Ph	--	7,10	6,77	6,0 a 9,0
Condutividade	µS/cm	106	104	--
Sólidos totais dissolvidos (STD)	mg/L	63	53	500
Alcalinidade	mg/L	10	10	--
Dureza total	mg/L	20	20	300
Alumínio	mg/L	0,15	0,05	0,20
Fluoreto	mg/L	Ausente	Ausente	1,5

Nota: VMP= Valor Máximo Permitido (Portaria GM/MS nº 888/2021).

Os dados mostram que os parâmetros pH, sólidos totais dissolvidos, dureza total, alumínio apresentaram valores conforme os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Sendo que, os valores de limite referentes aos parâmetros da condutividade e alcalinidade não são referenciados nesta Portaria.

O pH é o potencial hidrogeniônico de uma determinada solução e é estabelecido conforme a concentração de íons de hidrogênio (H^+) e serve para medir se a água é ácida, neutra ou básica (alcalina). Este parâmetro permite monitorar e melhorar os processos de tratamento e preservação das tubulações, evitando entupimentos e corrosão. Os resultados para o pH foram satisfatórios para as duas ETAs, sendo que a água da ETA convencional é considerada alcalina e a ETA compacta é mais ácida.

A condutividade é a capacidade da água de conduzir corrente elétrica e está ligada à presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas de eletricidade, sendo assim, quanto mais íons dissolvidos, maior a condutividade da água (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2015). Segundo Silva *et al.* (2017), a condutividade em corpos d'água naturais é inferior a 100 µS/cm, podendo chegar até 1.000 µS/cm. Nesse sentido, o valor encontrado da condutividade na amostra das duas ETAs é considerado baixo para a água de abastecimento público devido aos íons de alumínio, alcalinizante e cloro.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) são a medida de materiais que podem estar dissolvidos na água, tendo ligação direta com o parâmetro de condutividade (SALES GABRIEL *et al.*, 2021). Os valores das duas amostras tiveram uma diferença de 10 mg/L, sendo que a água da ETA convencional teve o maior índice de STD.

A alcalinidade é ocasionada por sais alcalinos como, sódio e cálcio e é medida pela capacidade da água de neutralizar os ácidos, em níveis elevados, pode dar à água um sabor desagradável e afetar os processos de tratamento da água (TRATAMENTO DE ÁGUA,

2015). Os valores das duas amostras de água das ETAs foram iguais a 10 mg/L. Segundo Piveli (2016), a alcalinidade não representa um risco potencial à saúde, mas pode causar alterações no sabor da água e causar rejeição para quem consumi-la.

A dureza total é um parâmetro que é calculado a partir do somatório das concentrações de íons de cálcio e magnésio presentes na água, podendo ser permanente ou temporária (SALES GABRIEL *et al.*, 2021). As águas podem ser classificadas em termo de dureza como: 0 - 50 mg/L CaCO₃ água branda ou mole; 50 - 150 moderadamente dura; 150 - 300 dura e acima de 300 muito dura (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2015). As amostras das ETAs tiveram um valor de 20 mg/L de dureza, sendo consideradas como uma água mole.

O fluoreto é um elemento químico acrescentado à água de abastecimento no momento do processo de tratamento, por causa de sua eficiência em relação à proteção dos dentes contra cáries, sendo que sua medida pode variar entre 0,6 a 0,8 mg/L (SAAE, 2023). Nas amostras estudadas não foram encontrados índices de flúor na água da ETA convencional e compacta.

Em relação ao alumínio, realizando um comparativo em relação aos três resultados, verificou-se que a média dos valores das amostras foram de 0,12 mg/L de alumínio na água. Além disso, observou-se que a ETA compacta possui um valor de alumínio inferior ao da amostra da Escola e da ETA convencional. Sendo que, todos os resultados estão conforme o limite da portaria de potabilidade. No entanto, é preciso está atendo para estes valores, pois as amostras da Escola e da ETA convencional ficaram próximas ao da legislação.

Portanto, para diminuir a concentração de alumínio na água tratada há várias maneiras como: otimizar toda a sequência de processamento, o uso do coagulante policloreto de alumínio (PAC) ao invés do tradicional sulfato de alumínio, bem como alternativas para coagulantes à base de alumínio no mercado que podem ser: cloreto de ferro, sulfato de ferro e polímeros orgânicos, catiônicos e aniônicos. Sendo que, a escolha do coagulante é baseada em alguns fatores como: turbidez da água, pH, alcalinidade, temperatura, origem da água coletada e grau de acidificação. Estas alternativas podem ser utilizadas de acordo com sua viabilidade técnica e econômica e avaliadas caso a caso (ROSALINO, 2011).

De acordo com Silva *et al.* (2017). o PAC é o coagulante mais adequado para solucionar os problemas em relação ao alumínio residual. Além disso, auxilia na melhora da qualidade da água e é bastante econômico, pois reduz o custo operacional do processo de tratamento de água.

Por fim, estas são algumas alternativas que podem ser usadas como solução para diminuir o índice de alumínio residual encontrado na água potável e melhorar ainda mais a qualidade da água para a população.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise dos dados, conclui-se que a concentração de alumínio presente nas amostras de água tratada da Escola, ETA convencional e ETA compacta estão de acordo com o valor determinado pela portaria GM/MS nº 888 de 04 de maio de 2021. Em relação aos outros parâmetros realizados nas ETAs, todos satisfazem os padrões e apesar de alguns não serem estabelecidos pela portaria, também estão conforme e não causam prejuízo para a água de consumo da região.

Apesar dos resultados estarem aceitáveis perante a legislação, mesmo assim, deve-se ter uma atenção para os parâmetros analisados, realizando o monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água, o tratamento da água se caso o resultado seja insatisfatório, bem como a fiscalização pelos órgãos competentes para que as normas de potabilidade sejam cumpridas. Verificou-se ainda que, não há adição de fluoreto no tratamento da água, portanto, fora dos padrões exigidos na portaria de potabilidade que VMP (Valor Máximo Permitido) de 1,5 mg/l. A adição de fluoreto no processo de tratamento,

é de fundamental importância em relação à proteção dos dentes contra cáries, sendo que sua medida estando entre 0,6 a 0,8 mg/L pode evitar até 60% dos casos de cáries na população (SAAE, 2023). Gerando, portanto, uma melhor qualidade de vida, a adição de flúor impactaria diretamente nos serviços públicos pois procura nos postos de saúde por problemas dentários diminuiriam proporcionalmente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Relatório anual de qualidade da água. Teresina/PI: AGESPISA, 2020. Disponível em: <<https://www.agespisa.com.br/site/pages/public/qualidadeAgua.jsf>>. Acesso em: 22 out. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Reservatórios do semiárido brasileiro: hidrologia, balanço hídrico e operação. Brasília: ANA, Engecorps Engenharia S.A., 2016. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/arquivos/semiario/204res/Parna%C3%ADba_Piracuruca.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.
- ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE DISTRIBUIÇÃO E DRENAGEM DE ÁGUAS. FT-QI-01 - ALUMÍNIO. [S.I.]: APDA, 2012. Disponível em: <https://www.apda.pt/site/ficheiros_eventos/201212041544-ft_qi_01_aluminio_21102012.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.
- BONGIOVANI, M. C. et al. Removal of natural organic matter and trihalomethane minimization by coagulation/flocculation/filtration using a natural tannin. Desalination and Water Treatment, Maringá, v. 57, n. 12, p. 5406-5415, 2016.
- BRASIL, Ministério da saúde. Resolução CONAMA nº 888, de 4 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: Ministério da saúde, 2021. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>. Acesso em: 22 out. 2022.
- CIDADE BRASIL. Município de Piracuruca. [S.I.]: 2022. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-piracuruca.html>>. Acesso em: 22 out. 2022.
- CLETO, C. I. T. P. O alumínio na água de consumo humano. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado em Química Industrial) - Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2008.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO DISTRITO FEDERAL. Como a água é tratada. Brasília: CAESB, 2022. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/como-a-agua-e-tratada.html>>. Acesso em: 22 out. 2022.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>. Acesso em: 22 out. 2022.
- GASPAROTTO, F. A. Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2011.
- MENDES, B.; OLIVEIRA, J. F. S. Qualidade da água para consumo humano-Lidel. Edições Técnicas, Lda, Lisboa=2004, 2004.

OLIVEIRA, A. L. P.; Sassi, P. S. Teor de alumínio na água tratada, Lages/SC, 2015. 5f. Iniciação Científica (Graduação em Técnico em análises químicas) - Instituto Federal de Santa Catarina, Lages/SC, 2015.

OLIVEIRA, S. M. R. et al. Nível sérico de alumínio: influência da água e de alimentos ingeridos por pacientes com insuficiência renal crônica mantidos em hemodiálise. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, v. 27, n. 3, p. 101-109, set. 2005.

PÁDUA, V. L. et al. Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

Pastilha, M. S. O alumínio em águas subterrâneas do distrito da Guarda; Universidade da Beira Interior, Julho de 2005.

PIVELI, R. P. Características químicas das águas: pH, acidez, alcalinidade e dureza. p.11, São Paulo: USP, 2016. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%206%20-%20Alcalinidade%20e%20Acidez.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2023.

RIBEIRO, A. T. A. Aplicação da Moringa oleífera no tratamento de água para consumo humano. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, 2010.

ROSALINO, M. R. R. R. Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2011.

SALES GRABRIEL, M. F. P. Avaliação de potabilidade da água subterrânea obtida em poço tubular localizado no município de Soledade, Paraíba. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 6., 2021, Paraíba. Anais [...]. Paraíba: Conapesc. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2021/TRABALHO_EV161_MD4_SA_ID1684_01112021135947.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2023.

SANTOS, N. P. Avaliação do desempenho da *Thypha domingensis* e *Eichhornia crassipes* como fitorremediadoras para remoção de Fe e Mn de águas destinadas ao abastecimento das Minas do Camaquã. 62 f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2021.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO. Qualidade da água. São Paulo: SAAE, 2023. Disponível em: <<https://www.saaec.com.br/agua/qualidade-da-agua/#:~:text=Par%C3%A2metros%20f%C3%ADsicos%3A%20cor%2C%20turbidez%2C,organismos%20indicadores%2C%20algas%2C%20bact%C3%A9rias.>>. Acesso em: 26 abr. 2023.

SILVA, A. B. et al. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remígio-PB. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 31, n. 2, 2017.

SILVA, A. F et al.. Estudo de redução do residual de alumínio na água tratada da cidade de Mogi das Cruzes. *Revista Científica UMC*, Mogi das Cruzes, v. 2, n. 2, p. 1-12, ago. 2017.

TRATAMENTO DE ÁGUA. Etapas do tratamento de água. São Paulo: Tratamento de Água, 2020. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/etapas-tratamento-agua/>>. Acesso em: 22 out. 2022.

TRATAMENTO DE ÁGUA. Qualidade da água. São Paulo: Tratamento de Água, 2015. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/qualidade-da-agua/>>. Acesso em: 25 abr. 2023.