

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

ETEC Júlio de Mesquita

Curso Técnico em Química

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUAS MINERAIS

Giovana Bonfim Covizzi (1), Hemily Fernanda Sena Braz (2), Luiza Milanelli Neri (3),
Mariana Araujo Pereira (4).

Magali Canhamero (5), Maria do Socorro Sousa da Silva (6).

Resumo: Avaliar parâmetros físico-químicos de diferentes águas minerais, implementando-se uma comparação em relação a legislação estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução Diretoria Colegiada – RDC 217/2022, que define os critérios legais para a qualidade da água destinada ao consumo humano. Sua importância, portanto, se deve pela concentração adequada dos minerais presentes ingeridos diariamente para o bem-estar dos consumidores. O estudo baseou-se na análise de seis amostras adquiridas pela região do ABC, no qual foi utilizado o método de volumetria de complexação por EDTA dissódico para a determinação da dureza total, cálcio e magnésio, além da averiguação do pH e condutividade por aparelhagem. Ao término da metodologia, constatou-se que todas as amostragens expressaram conformidades nos parâmetros avaliados no que se refere aos critérios do regulamento imposto, apresentando convergências somente em relação aos valores relativamente distantes contrapostos a rotulagem.

Palavras-chave: Águas minerais, durezas, EDTA, parâmetros.

(1) Aluna do Curso Técnico em Química – giovana.covizzi@etec.sp.gov.br

(2) Aluna do Curso Técnico em Química – hemilybraz@etec.sp.gov.br

(3) Aluna do Curso Técnico em Química – luizaneri@etec.sp.gov.br

(4) Aluna do Curso Técnico em Química – mariana.pereira208@etec.sp.gov.br

(5) Professora do Curso Técnico em Química – magali.canhamero01@etec.sp.gov.br

(6) Professora do Curso Técnico em Química – maria.silva2473@etec.sp.gov.br

ABSTRACT

To evaluate physicochemical parameters of different mineral waters, implementing a comparison in relation to the legislation established by A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), through the Resolução Diretoria Colegiada – RDC 217/2022, which defines the legal criteria for the quality of water intended for human consumption. Its importance, therefore, is due to the adequate concentration of minerals present ingested daily for the well-being of consumers. The study was based on the analysis of six samples acquired by the ABC region, in which the disodium EDTA complexation volumetry method was used to determine the total hardness, calcium and magnesium, in addition to the determination of pH and conductivity by apparatus. At the end of the methodology, it was found that all the samples expressed compliance in the parameters evaluated with regard to the criteria of the imposed regulation, presenting convergences only in relation to the relatively distant values opposed to the labeling.

Keywords: Mineral waters, hardness, EDTA, parameters.

1 INTRODUÇÃO

A água é considerada um dos recursos naturais mais abundantes do mundo, visto que cobre cerca de 70% da superfície terrestre e pode ser encontrada em diversos estados físicos, principalmente líquido (BAIRD; CANN, 2011). Dentre todas as substâncias disponíveis para uso, com sua vasta quantidade e seu papel na manutenção da vida, é a mais importante por atender diversas necessidades simultaneamente, sendo a mineral responsável pela garantia de saúde e bem-estar populacional.

A retirada dos produtos minerais é exclusivamente de fontes naturais ou águas subterrâneas (ANVISA, 2022), sendo estas, nascentes localizadas em lugares protegidos de poluição. Serra (2009, p. 44) avalia que:

“A composição química das rochas, por onde se infiltram as águas subterrâneas, é responsável por sua mineralização. As águas das chuvas penetram no solo e atravessam diversas camadas de rochas até estacionarem. Nesse trajeto por baixo do solo, a água passa por rochas com substâncias minerais, como o carbonato e o sulfato de cálcio, que se diluem na água, enriquecendo-a e adquirindo, assim, propriedades medicinais. Outros fatores importantes são a temperatura e a pressão, que ajudam a determinar características próprias à água. As águas minerais dividem-se em fracas, médias e fortes”.

Com isso, é notório que, conseqüentemente, sem a submissão de processos químicos, ou seja, a manipulação em sua composição, a água extraída de nascentes naturais ou subterrâneas estará fundamentada de uma grande variedade de sais minerais e substâncias dissolvidas, as quais, segundos especialistas, são benéficas para a saúde por se revelarem como uma grande fonte de reposição de nutrientes para o organismo, que auxilia principalmente nos sistemas renais, cardiovasculares e ósseos.

1.1 Código das Águas Minerais

O Decreto-lei nº 7.841 artigo primeiro do Código de Águas Minerais – lei federal que regula o aproveitamento comercial – as define como “aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuam composição química ou

propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confirmam uma ação medicamentosa”.

1.2 Comercialização e controle de qualidade da água mineral engarrafada

Pela alta procura e consumo, a água mineral passou a ser comercializada em grande escala. No Brasil, a ascensão da produção de seu engarrafamento, ocorreu durante o século XX com o lançamento do garrafão de vidro de 20 litros. A partir disso foram surgindo cada vez mais novidades neste setor industrial, como as garrafinhas plásticas de polietileno de baixa densidade – PEBD – que conquistaram a população (MACEDO, 2001).

Ademais, sucedeu-se a classificação como alimento pela ANVISA, que priorizou a legislação da qualidade, logo, ela é sujeita a fiscalização por órgão de saúde e pela Resolução CNRH nº 76 de 16 de outubro de 2007 – responsável pelas diretrizes gerais de gestão de recursos hídricos –, assim, regulamentações e parâmetros acerca da qualidade e sua composição, foram criados considerando a ingestão diária dos seres humanos. Desta forma, todos os elementos químicos presentes na água devem ter as concentrações adequadas e a qualidade representada pela ausência de contaminantes (NUNES, 2022).

1.3 Parâmetros e propriedades físico-químicas de controle de qualidade da água mineral

Os diversos sais presentes na água mineral são de extrema importância para o organismo humano, contudo, quando em excesso podem gerar danos que se sucederão expostos no decorrer do tempo. A RDC Nº 217, de 1 de julho de 2022, determina os limites de concentração de substâncias químicas, assim como os parâmetros de análise para o controle de qualidade.

A dureza total é o acúmulo de todos os cátions na água, sendo o cálcio (Ca^{2+}) e o magnésio (Mg^{2+}) os mais comuns em quase todos os sistemas de água doce

(GOLOMBIESKI et al. 2005). Tal característica atribui à água a dificuldade em dissolver sabão por ação dos metais dissolvidos. Segundo a Portaria 518, de 25 de março de 2004 – ANVISA/MS, o limite máximo de dureza total em água potável é de 500 mg/L. Caso o valor esteja acima do limite, atribui-se um efeito laxativo e sabor desagradável (VON SPERLING, 1996). Mesmo a legislação sendo direcionada para águas potáveis, é válido aplicá-la da mesma forma para as minerais.

O cálcio é um componente vital para quase todas as funções corporais, como a coagulação do sangue e oxigenação dos tecidos. Ele é especialmente importante na originação da ossatura e dentes, sendo um componente crucial na dieta de recém-nascidos. A quantidade de cálcio que se dissolve na água é controlada pelo pH e pelo CO₂ dissolvido. O Valor Máximo Permitido (VMP) é de 250 mg/L, conforme estabelecido pela RDC 717/2022.

O magnésio é o cofator para o sistema de enzimas, assim como na atividade metabólica e construção de tecidos, ossos e dentes. De acordo com a RDC 717/2022, o teor de magnésio não deve ultrapassar 65 mg/L.

O pH representa o potencial hidrogeniônico e, segundo a Sabesp, é uma medida que determina se a água é ácida ou alcalina. Os valores de pH destinado consumo humano deve estar na faixa de 6,0 a 9,5. Essa faixa de valores é estabelecida pela Portaria 2.914 da ANVISA, que regula as características da água potável.

A condutividade elétrica é caracterizada pela capacidade que o fluído tem de conduzir eletricidade, dependendo de sua temperatura e concentração de minerais. No entanto, este não possui legislação específica reconhecendo um parâmetro.

1.4 Volumetria de Complexação

É um método de análise química que consiste na titulação entre um analito e um agente complexante, espécie que possui ao menos um par de elétrons para doação ao titulado, formando um quelato estável e solúvel, utilizado para a detecção e quantificação de íons metálicos em solução.

Tais espécies químicas formadas por metais com ligação covalente coordenada, recebendo elétrons, se convertem em ácido de Lewis, enquanto o ligante, doando seus elétrons torna-se base de Lewis. (FERNANDES, 2014).

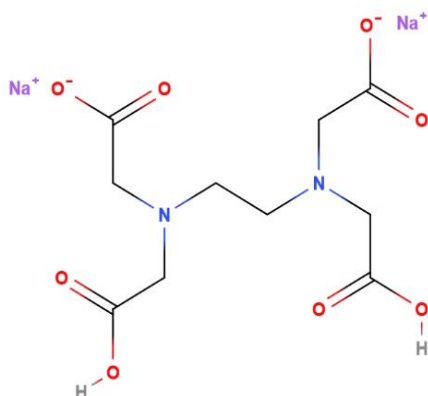
Dentre os diversos ligantes aplicados no método, é destacável o uso do EDTA, este que possui capacidade de fazer até seis ligações com um metal garantindo estabilidade considerável para análise.

1.4.1 EDTA

O ácido etilenodiaminotetraacético dissódico (EDTA dissódico) é um ligante quelato com alta constante de afinidade para formar complexos metal-EDTA, sendo deliberadamente adicionado para sequestrar íons metálicos (Oviedo et al. 2003). Este ligante foi introduzido por volta de 1946 por Gerold Schwarzenbach para determinação da dureza das águas, que consiste na concentração de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}).

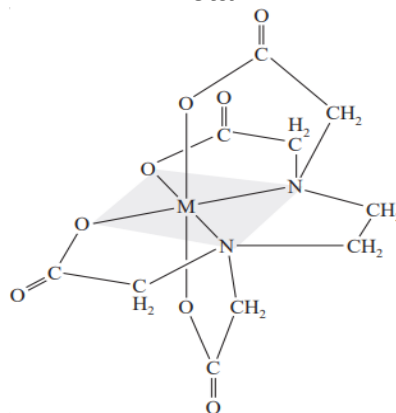
O EDTA dissódico é um reagente notável por realizar ligação com todos os cátions, exceto metais alcalinos, formando quelatos suficientemente estáveis para serem empregados em titulações. Sua alta estabilidade é resultado de seus seis sítios complexantes que dão origem a uma estrutura em que o cátion é envolvido e isolado das moléculas solventes, dessa forma possibilita sua reação 1:1 independente da carga do cátion envolvido na ligação. (FERNANDES, 2014)

Figura 1 – Estrutura do EDTA dissódico



Fonte: Cosmética em Foco, 2022

Figura 2 – EDTA ligado a um metal



Fonte: SKOOG, 2006

Para otimizar a eficácia do EDTA, é crucial ajustar o pH do analito de acordo com o metal específico analisado e o indicador a ser utilizado.

Representado o EDTA por H_4Y , onde “ H_4 ” refere-se aos quatro hidrogênios ionizáveis dos grupos carboxílicos, para valores de pH acima de 10, a maior parte do EDTA em solução existe como uma espécie Y^{4-} . No entanto, em valores inferiores, predominam as espécies protonadas, HY^{3-} , H_2Y^{2-} e H_4Y . Nesse caso, considera-se que o íon H^+ compete com o íon metálico pelo EDTA. (BACCAN et al. 1979)

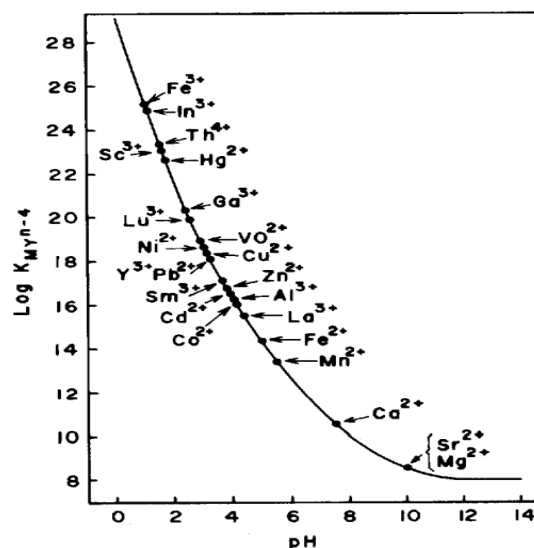
No entanto, é inevitável notar que alguns metais podem ser identificados e quantificados mesmo em menor pH. Isso é evidenciado na Figura 3, e ocorre devido à constante de estabilidade condicional. Esta, por sua vez, indica a tendência real para a formação do quelato metálico em um determinado potencial hidrogeniônico, sem interferência significativa dos íons H^+ . (BACCAN et al. 1979)

Além disso, a escolha do indicador é de suma importância, pois eles proporcionam a visualização do ponto final da titulação. Entretanto, sua coloração irá depender do pH da solução em que está inserido.

1.4.2 Indicadores

Os indicadores de viragem dispostos na complexometria, também chamados de metalocromicos, quando inseridos à solução em análise, atua como um ligante fraco formando complexo instável com o metal analito. À medida que se acrescenta à solução titulante, o metal complexado com o indicador é deslocado para se agregar ao agente quelante, permitindo serem facilmente decompostos. Desse modo, se estabelece no

Figura 3 – Valores mínimos de pH para titulação de metais com EDTA



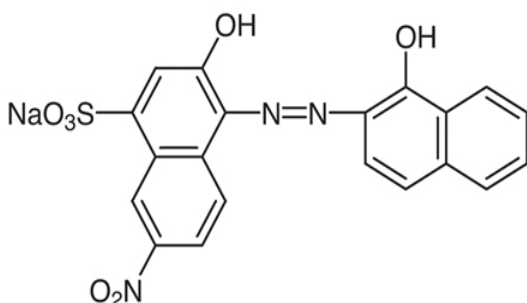
Fonte: BACCAN, 1979

processo uma coloração diferente da inicial, a qual indica o ponto de equivalência formando um novo complexo estável com um quelato mais forte (FERNANDES, 2014).

O comportamento de tais indicadores em relação a sua cor, submete-se ao pH da solução. Eles podem reagir com íons H^+ , assim como o fazem com um cátion, apresentando um desempenho análogo ao de um indicador ácido-base (BACCAN et al. 2001).

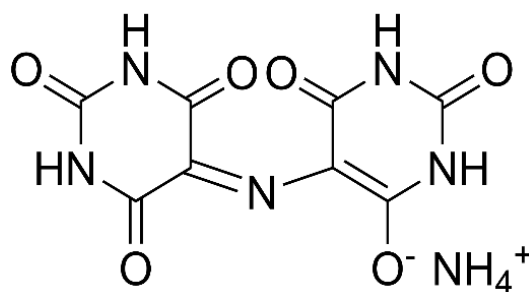
O Negro de Eriocromo T (Ério T) e a Murexida (purpurato de amônio) são dois indicadores metalocrômios amplamente utilizados em laboratório.

Figura 4 – Negro de Eriocromo T



Fonte: TCI América, 2024.

Figura 5 – Murexida



Fonte: Wikipedia, 2019.

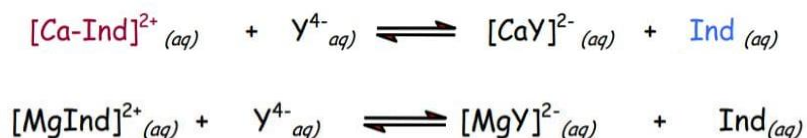
Na elaboração do quelato metálico, o Ério T cria uma ligação com o metal pelo grupo azo e pelos dois átomos de oxigênio dos grupos fenólicos que perdem os hidrogênios (BACCAN et al. 2001).,

No processo de titulação com EDTA dissódico, ele forma com os íons metálicos, como o Ca^{2+} e Mg^{2+} em uma solução tamponada a pH 10, complexos estáveis de estequiometria 1:1 de cor vermelho-vinho. Dessa maneira, à medida que o EDTA é adicionado, este agente complexante se liga aos íons metálicos livres em solução, deslocando o metal complexado com o indicador e induzindo uma mudança de cor para azul, indicando assim o ponto final da titulação. (MATOS, 2012)

A murexida é um quelato menos estável, sendo específica para soluções alcalinas contendo o íon cálcio. Quando o EDTA dissódico é acrescentado em uma solução com

pH 12 contendo em específico esse indicador, que é apresentado na cor salmão-rósea, os íons de cálcio livres são complexados primeiro, para que quando se chegue no seu ponto de equivalência o cálcio seja removido do complexo ocasionando na cor violeta-azulada. (MATOS, 2012)

Figura 6 - Reações Cálcio e Magnésio com Indicador e EDTA dissódico



Fonte: Adaptado de Matos (2012)

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo geral

Avaliar parâmetros físico-químicos de diferentes águas minerais, instituindo uma contraposição em relação aos valores alusivos à legislação.

1.5.2 Objetivo específico

Determinar, através da volumetria de complexação por EDTA dissódico, os parâmetros dureza total, cálcio e magnésio de seis amostras de águas minerais, além de pôr aparelhagem, realizar a verificação do pH e condutividade elétrica.

2 DESENVOLVIMENTO

As amostras foram adquiridas em supermercados da região do ABC. As embalagens estavam lacradas e continham volume de 1,5L. Todas as análises por volumetria foram realizadas em decuplicata, enquanto as de aparelhagem, em triplicata.

2.1 Materiais e Reagentes

Para a execução do método, utilizou-se o indicador Murexida $C_8H_8N_6O_6$ (Dinâmica química, Brasil), juntamente da solução tampão composta por Hidróxido de Sódio (NaOH), para a determinação de cálcio. No caso das demais durezas verificadas, se dispôs do uso do indicador Preto de Eriocromo T $C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$ (Lab Synth, Basil), com a solução-tampão amoníaco pH 10, ambos empregados com a solução de EDTA dissódico $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ (CAAL, Brasil) como agente quelante, no qual foi padronizado com Carbonato de Cálcio $CaCO_3$ (Anidrol, Brasil).

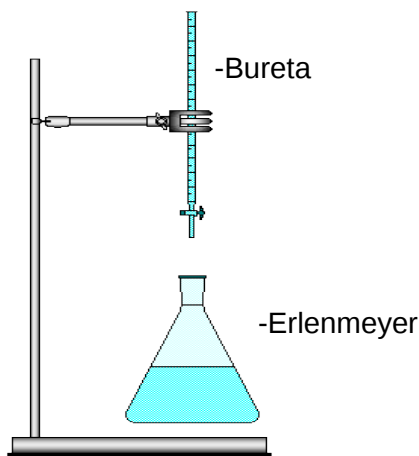
O pH e a condutividade elétrica das amostras de água mineral foram estabelecidas com pHmetro de modelo mPA210 e condutivímetro mCA150, pertencentes a marca MS TECNOPON.

2.2 Procedimento Experimental

2.2.1 Padronização de solução de EDTA Dissódico

Para a padronização da solução de ácido etilenodiaminotetraacético dissódico (EDTA dissódico), utilizou-se o método volumétrico de titulação com o padrão primário Carbonato de Cálcio ($CaCO_3$), a fim de determinar o fator de correção e concentração real do titulante (EDTA). O experimento foi estruturado conforme o esquema da figura 7.

Figura 7 – Esquema de Titulação



Fonte: Adaptado de Cesar (2019)

2.2.1.1 Padronização 1

Em um Erlenmeyer de 250mL, transferiu-se 10mL da solução padrão de carbonato de cálcio (CaCO_3) cuja concentração calculada foi de 0,01 mol/L com fator de correção 1,0010. Posteriormente, adicionou-se 2mL de solução-tampão amoniacal para obtenção de um pH próximo à 10, acrescido do indicador Negro de Eriocromo T. A bureta foi avolumada com o EDTA dissódico 0,01 mol/L a ser padronizado e realizou-se a titulação em triplicata para maior confiabilidade dos resultados; os quais, após realização dos cálculos, apresentaram fator de correção 1,0010.

2.2.1.2 Padronização 2

O procedimento foi condizente ao da padronização 1, entretanto utilizou-se de uma nova solução padrão com fator de correção 1,0000 e um novo EDTA dissódico.

2.2.2 Titulações de complexação com EDTA

Após a padronização, a bureta foi ambientada e avolumada com a solução de EDTA dissódico 0,01 mol/L. Em seguida, 100mL da amostra de água mineral foram transferidos para um Erlenmeyer de 250mL. Posteriormente, adicionou-se 2mL da solução-tampão NaOH 1 mol/L para elevar o pH a 12, e o indicador Murexida, no qual se obtém em seu ponto de equilíbrio uma cor violácea na solução.

Além disso, para cálculo de durezas terceiras, foi necessário realizar o mesmo procedimento, porém com alteração do tampão, sendo empregado 2mL do Amoníaco pH 10. Tal como o indicador, que se utilizou o Negro de Eriocromo T atingindo em sua viragem uma coloração azulada.

2.2.3 Medição de pH e condutividade elétrica

As medições foram realizadas em aparelhos de pH e condutividade de mesma marca, que foram calibrados antes de todas as análises. Para a calibragem do pHmetro

utilizou-se soluções-tampão de valores: 6,86, 4,01 e 10,01, enquanto a do condutivímetro foi executada com o padrão 146,27 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Os testes foram realizados em triplicata durante três dias seguidos, com variação de temperatura entre 22 a 26°C.

2.3 Análise e Interpretação de Dados

Os resultados obtidos nas análises de dureza das seis amostras de águas minerais, foram organizados em três tabelas específicas para cada componente, enquanto o pH e a condutividade elétrica são elucidados na tabela 5. Todas apresentam comparação dos valores validados em laboratório em relação aos contidos nos rótulos de cada produto, a dispersão de valores em torno da média e o coeficiente de variação com limite de 5% calculado pela fórmula: $C_v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$.

2.3.1 Dureza Total de Carbonato de Cálcio (CaCO_3)

A quantidade de carbonatos totais presente nas amostras de água em mg/L foram calculados pela fórmula a seguir:

$$\text{CaCO}_3 = \frac{\text{mL (EDTA)} \cdot F_c(\text{EDTA}) \cdot M(\text{EDTA}) \cdot MM(\text{CaCO}_3) \cdot 1000}{\text{mL da amostra}}$$

Os resultados obtidos em conjunto com sua variação são destacados na tabela abaixo:

Tabela 1 – Dureza total de carbonato de cálcio (CaCO_3)

<i>Amostra</i>	<i>Teor em mg/L</i>	<i>Valor Rotulado em mg/L</i>	<i>Coeficiente de Variação (%)</i>
<i>A</i>	140,14 $\pm$ 0,63	N/C	0,45
<i>B</i>	86,09 $\pm$ 0,79	N/C	0,92
<i>C</i>	49,00 $\pm$ 0,74	N/C	1,51
<i>D</i>	53,00 $\pm$ 0,67	N/C	1,26
<i>E</i>	47,50 $\pm$ 0,53	N/C	1,11
<i>F</i>	37,50 $\pm$ 0,52	N/C	1,37

Fonte: As autoras, 2024

N/C = Nada consta

Os coeficientes de variação das amostras se mantiveram abaixo de 5% indicando pouca variância nos resultados, enquanto os desvios padrões ficaram com baixa dispersão. Como a quantidade de carbonatos não está presente nos rótulos, pode-se apenas determinar quão dura são as amostras a partir da comparação com a tabela 2.

Tabela 2 – Padrões de Dureza da Água

<i>Dureza</i>	<i>Concentração de CaCO₃ (mg/L)</i>
<i>Branda</i>	até 50
<i>Pouco dura</i>	entre 50 e 100
<i>Dura</i>	entre 100 e 200
<i>Muito dura</i>	acima de 200

Fonte: CUSTÓDIA e LLAMAS, 1983.

Observando a tabela em relação aos resultados, nota-se que as águas C, E e F se classificam como brandas, estas, todavia são menos indicadas para aqueles com deficiência de minerais pela baixa concentração destes. Já B e D são pouco duras, consideradas boas, por possuírem quantidade adequada de sais. Enquanto A se enquadra como dura, sendo a mais rica em minerais, o que é recomendado para saúde, porém, dependendo do organismo do consumidor, pode ter efeito laxativo e chance de incidência de cálculos renais.

2.3.2 Dureza de Cálcio (Ca²⁺)

Para calcular as concentrações em mg/L analisadas através da técnica volumétrica de complexação por EDTA, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{\text{mL (EDTA)} \cdot \text{Fc(EDTA)} \cdot \text{M(EDTA)} \cdot \text{MM}(\text{Ca}^{2+}) \cdot 1000}{\text{mL da amostra}}$$

Tabela 3 – Dureza de Cálcio (Ca²⁺)

<i>Amostra</i>	<i>Teor em mg/L</i>	<i>Valor Rotulado em mg/L</i>	<i>Coefficiente de Variação (%)</i>
<i>A</i>	32,23 ± 0,33	28,40	1,03
<i>B</i>	18,86 ± 0,00	16,80	0,00
<i>C</i>	16,03 ± 0,27	21,15	1,68
<i>D</i>	13,84 ± 0,21	13,90	1,48
<i>E</i>	11,62 ± 0,34	8,80	2,94
<i>F</i>	13,62 ± 0,23	9,75	1,68

Fonte: As autoras, 2024

Ao observar os dados apresentados na tabela 3 de durezas obtidas nas análises laboratoriais, é possível identificar que a amostra com resultado mais distante do rótulo de fábrica, foi a amostra C, apontando uma inconformidade de 5,12 mg/L; sendo a amostra D a que apresentou menor discrepância do rótulo, com 0,06 mg/L de diferença. Ademais, é notório a constatação de conformidade na concentração de cálcio rotulada em todas as amostras em relação ao valor encontrado no laboratório, tendo em vista a RDC 717/2022, que estabelece um limite de 250 mg/L.

Já em relação ao desvio padrão das durezas, observa-se que a amostra que apresentou menor dispersão de resultados em torno da média, foi a amostra B, verificando-se 0,00; logo, tratou-se da amostra E, a que apresentou maior dispersão.

Por fim, considerando que o coeficiente de variação não deve ultrapassar o valor de 5%, todos os resultados na análise de dureza do cálcio foram aprovados.

2.3.3 Dureza de Magnésio (Mg²⁺)

A análise de magnésio é feita pela relação entre dureza total e cálcio através da fórmula abaixo:

$$Mg^{2+} = \frac{(V1 - V2). Fc(EDTA). M(EDTA). MM(Mg^{2+}). 1000}{mL \text{ da amostra}}$$

V1 = Volume gasto de EDTA em dureza total

V2 = Volume gasto de EDTA em dureza de cálcio

Na tabela 4 foram dispostos todos os resultados e suas estatísticas.

Tabela 4 – Dureza de Magnésio (Mg^{2+})

<i>Amostra</i>	<i>Teor em mg/L</i>	<i>Valor Rotulado em mg/L</i>	<i>Coefficiente de Variação (%)</i>
<i>A</i>	14,67 ± 0,12	14,20	0,79
<i>B</i>	9,43 ± 0,19	1,24	2,01
<i>C</i>	2,07 ± 0,24	2,23	11,44
<i>D</i>	4,50 ± 0,13	5,42	2,81
<i>E</i>	4,60 ± 0,14	4,07	2,96
<i>F</i>	0,85 ± 0,13	0,84	14,88

Fonte: As autoras, 2024

Segundo a RDC 717/2022, o teor de magnésio não deve exceder 65 mg/L, levando este padrão em conta, é evidente que todas as amostragens se encontram dentro do valor legislativo estabelecido, além de retratarem valores relativamente próximos de seus rótulos, tendo diferença entre 0,01 a 0,92 mg/L. Contudo, a amostra B se apresenta como uma exceção a informação designada, por dispor de uma discrepância significativamente elevada de 8,19 mg/L contraposto a sua rotulagem.

Ao analisar o desvio padrão, é verificado que os resultados estão pouco dispersos, enquanto os coeficientes de variação estão de acordo com o estabelecido que é de 5%. Entretanto as amostras C e E apresentaram valores acima, respectivamente 11,44 e 14,88. Isso se deve pela baixa concentração de magnésio presente nas águas, que poderiam estar interferindo nos conjuntos de dados com valores próximos, aumentando a variação. Desta forma, as análises nestas amostras, se apresentam com elevado grau de incerteza.

2.3.4 pH e Condutividade Elétrica

A tabela 5 elucida os valores médios obtidos de pH e condutividade elétrica e seus rótulos para comparação.

Tabela 5 – pH e Condutividade Elétrica

<i>Amostra</i>	<i>Média de pH</i>	<i>Valor Rotulado a 25°C</i>	<i>Média de Condutividade Elétrica (µs/cm)</i>	<i>Valor Rotulado em µs/cm a 25°C</i>
<i>A</i>	6,95	7,22	293,16	294,0
<i>B</i>	7,18	7,64	163,03	158,8
<i>C</i>	6,96	7,34	182,46	243,0
<i>D</i>	6,79	6,56	172,53	206,0
<i>E</i>	6,73	6,49	124,30	76,70
<i>F</i>	7,23	6,70	111,53	108,4

Fonte: As autoras, 2024

Através da análise de pH nota-se que todas as amostras se encontram no padrão de 6,0 a 9,0, estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Pareando os dados com a informação da distribuidora, percebe-se que há pouca diferença, sendo o valor da amostra F, o maior, com 0,53 a mais do rotulado.

Em relação a condutividade elétrica, esta não possui legislação específica, por ser influenciada pela presença de sais minerais e íons dissolvidos na água. Quanto maior for a quantidade destas partículas, maior será a capacidade de conduzir eletricidade.

Comparando as amostras com seus rótulos, observou-se que todas possuem discrepância, algumas sendo mínimas, como é o caso das amostras A, B e F com diferença, respectiva, de 0,84, 4,23 e 3,13 µs/cm. As medições de C e D apresentaram valores menores do que o rotulado, sendo 60,54 e 33,47 µs/cm a menos, indicando menor quantidade de sais na água. Já a análise E demonstrou 47,60 µs/cm a mais em sua capacidade de condução do que a informada. Os valores não afetam a saúde do consumidor, por não estarem extremamente abaixo ou acima do mostrado.

3 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O estudo de propriedades físico-químicas da água mineral contém grande relevância para a compreensão das normas de adequação de consumo das mesmas, uma vez que ao estarem fora das conformidades, podem causar complicações na saúde de seus consumidores. Mediante análises realizadas das águas minerais engarrafadas, por meio do método volumétrico de complexação e medição por aparelhagem, foi possível observar que as amostras apresentaram conformidades majoritariamente em todos os parâmetros avaliados, respeitando o limite estabelecido pela legislação nacional vigente. Além disso, os resultados obtidos nos coeficientes de variabilidade dos dados da tabela 4, destaca incerteza de dados nas amostras C e F por expressarem valores acima do alusivo (>5%). Com isso, pela limitação de duração relativamente curta dos ensaios, impossibilitando análises mais profundas sobre a potabilidade das águas comercializadas. Futuras pesquisas poderiam focar em exames microbiológicos, além de ampliar o total de durezas testadas que encontram-se presentes nas amostras.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACCAN, N. ANDRADE, J. C, GODINHO, O. BARONE, J. QUÍMICA ANALÍTICA QUANTITATIVA ELEMENTAR. São Paulo: Edgard Blucher, Campinas: Universidade Federal de Campinas, p 102 – 115, 1979.
- BAIRD. Colin; CANN. Michael. **Química Ambiental**. 4ª Edição. Tradução: Marco Tadeu Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2011
- DA GLÓRIA, N.; CATANI, R.; MATUO, T. **Método do EDTA na Determinação do Cálcio e Magnésio “trocável” do Solo**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aesalq/a/P3ZsxCnJMhTp33QdRQbLj8v/?format=pdf>>. Acesso em: 15 maio. 2024**DEL7841**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1937-1946/Del7841.htm>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- GOLOBIESKI, J. I., et al. **Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1263 -1268, 2005Legislação - Anvisa. Disponível em: <<https://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/487323>>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- MACEDO, Jorge Antônio Barros. **ÁGUAS & ÁGUAS**. São Paulo: Varela, 2001. Água Mineral.
- MATOS, M. **TITULOMETRIA DE COMPLEXAÇÃO**. Introdução à Análise Química QUI 094, 2012. Disponível em: < <https://www.ufjf.br/nupis/files/2011/04/aula-7-Volumetria-de-Complexa%C3%A7%C3%A3o-2012.2.pdf>>. Acesso em: 30 maio. 2024
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria MS n.º 518/2004**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 23 maio. 2024
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 18 maio. 2024

- MOREIRA, M; SOARES E; PEREIRA, J. **ÁGUA MINERAL: UM ESTUDO DE CASO SOBRE O BENEFICIAMENTO DA ÁGUA MINERAL NA CIDADE DE SOUSA-PB.** Educação Ambiental em Ação, v. XV, n. 58, 2016.
- NUNES, A. J. R. **MINERAÇÃO DE ÁGUA MINERAL: QUALIDADE PARA O CONSUMO HUMANO E PROMOÇÃO DE SAÚDE.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 8, n. 1, p. 518–536, 2022.
- **O que a RDC 274/2005 traz sobre Análise de Água Mineral?** Disponível em: <<https://microambiental.com.br/certificacoes/o-que-a-rdc-274-2005-traz-sobre-analise-de-agua-mineral/>>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- Os benefícios da água mineral para a saúde. Disponível em: <<https://fontagua.com.br/10-beneficios-da-agua-mineral-para-a-saude/>>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- OVIEDO, C.; RODRÍGUEZ, J. EDTA: **THE CHELATING AGENT UNDER ENVIRONMENTAL SCRUTINY.** Química Nova, v. 26, n. 6, p. 901–905, dez. 2003.
- **RESOLUÇÃO - RDC Nº 27, DE 6 DE AGOSTO DE 2010.** Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0027_06_08_2010.html>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- **RESOLUÇÃO Nº 717, DE 1º DE JULHO DE 2022.** Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_717_2022_.pdf/46974199-1976-43d8-8a0d-565152cbeada>. Acesso em: 19 maio. 2024.
- **RESOLUÇÃO Nº 76, DE 16 DE OUTUBRO DE 2007.** Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2076.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2023.
- Sabesp. **Água Qualidade da água tratada.** Disponível em: <<https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=40>>. Acesso em: 26 nov. 2023.
- SERRA, Sílvia Helena. Águas minerais do Brasil. 1. ed. São Paulo: Millenium, 2009.
- SKOOG, D. A, WEST, D. M., HOLLER, F. J., CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica.** Editora Thomson, tradução da 8ª edição, p. 427 – 457, 2006.
- TEIXEIRA, E. **ÁGUA MINERAL: ESTUDO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS.** UNISAGRADO, São Paulo: Bauru, 2014. Disponível em:

<<https://repositorio.unisagrado.edu.br/jspui/handle/handle/2313>>. Acesso em: 18 maio. 2024.

- VASCONCELOS, N. **Fundamentos da Química Analítica Quantitativa**. EdUECE, 2ª edição, p 139 – 155, 2019.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Un. Federal de Minas Gerais, 243 p, 1996.

ANEXO A

Tabela 6 – Marcas correspondentes as amostras

<i>Amostra</i>	<i>Marca</i>
<i>A</i>	Nestlé
<i>B</i>	Minalba
<i>C</i>	Preciato
<i>D</i>	Lindoya
<i>E</i>	Prata
<i>F</i>	Buonavita

Fonte: (As autoras, 2024)