



## QUANTIFICAÇÃO DE DUREZA TOTAL E DOS ÍONS CÁLCIO E MAGNÉSIO EM AMOSTRAS DE ÁGUA ORIUNDAS DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

João Victor de Sousa Coutinho, Centro Universitário São Camilo  
Nathália Dável de Cerqueira Louzada, Centro Universitário São Camilo  
Thalia Souza Santos, Centro Universitário São Camilo  
Karen Gonçalves Silva, Instituto Federal do Espírito Santo (Cachoeiro de Itapemirim)  
Giselle Intra Petroti Dias, Centro Universitário São Camilo

### Resumo

A análise quantitativa da dureza da água desempenha um papel central na garantia da qualidade da água em diversas aplicações cruciais, desde o abastecimento de água potável até a preservação de sistemas industriais e ambientais. A água desempenha um protagonismo multifacetado na vida humana, além de ser essencial para processos industriais e geração de energia. A compreensão e controle dos constituintes que conferem dureza à água, como cálcio e magnésio, são fundamentais para garantir a eficiência dos processos dependentes de água e a saúde das populações que a consomem. A ingestão de água dura pode ter implicações para a saúde humana, incluindo problemas gastrointestinais, deficiências de minerais, impactos na saúde cardiovascular e desenvolvimento infantil. Portanto, a avaliação da dureza da água é crucial para identificar desvios dos limites aceitáveis e tomar medidas adequadas para proteger a saúde pública. No estudo apresentado, foram coletadas amostras de água de distribuição em duas regiões do Espírito Santo e analisadas quanto à dureza, cálcio e magnésio, por métodos de volumetria de complexação. Os resultados indicaram que a maioria das amostras se enquadrava nos padrões de qualidade, mas havia uma preocupação com os baixos níveis de magnésio, um mineral essencial para diversos processos biológicos, incluindo a saúde dos ossos, a função cardiovascular e a função nervosa.

**Palavras-chave:** Dureza, Cálcio, Magnésio, Água, Química analítica.

### 1. Introdução

A determinação quantitativa da dureza, cálcio e magnésio na água é um campo crítico da análise química, desempenhando um papel central na garantia e controle de qualidade da água em inúmeras aplicações vitais, que vão desde o abastecimento de água potável até a preservação de sistemas industriais e ambientais. A água, como um recurso fundamental para a vida na Terra, desempenha um papel multifacetado na vida humana, além de servir como um componente essencial em processos industriais que abrangem desde a fabricação de produtos químicos até a geração de energia (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018; OLIVEIRA-SANTIAGO; FRISCHKORN; SASAKI, 2008).



A compreensão e controle dos constituintes que conferem dureza à água, notadamente cálcio e magnésio, são de extrema importância para garantir a eficiência dos processos que dependem da água, assim como para preservar a saúde das populações que a consomem. Os minerais, em particular o cálcio e o magnésio, são componentes naturais da água que, quando presentes em concentrações significativas, podem afetar negativamente a sua usabilidade em várias aplicações. Esses íons metálicos têm o potencial de causar problemas de dureza, formando incrustações em equipamentos industriais, sistemas de aquecimento e encanamentos, o que, por sua vez, pode resultar em perda de eficiência e aumento dos custos operacionais (MONARCA et al., 2006).

Além disso, a ingestão de água dura pode ter implicações para a saúde humana, uma vez que a precipitação de compostos insolúveis no trato gastrointestinal pode prejudicar a absorção de nutrientes essenciais. Assim, a determinação quantitativa da dureza, cálcio e do magnésio na água é um ato fundamental que se estende para além dos laboratórios de análise química, permeando uma ampla gama de setores (LAKE et al., 2009).

Mediante ao exposto, o objetivo da presente obra consistiu na investigação quantitativa de dureza em amostras de água obtidas do sistema de distribuição, e a identificação dos componentes da dureza, sendo esses o cálcio e o magnésio.

## 2. Fundamentação teórica

A avaliação da dureza da água desempenha um papel essencial para a qualidade na distribuição de recursos hídricos, com implicações diretas para a saúde humana. Tal métrica é uma medida da concentração de íons de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), dissolvidos na água. Ela é frequentemente expressa em termos de miligramas de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) por litro de água ( $\text{mg/L CaCO}_3$ ). A presença de cálcio e magnésio na água não é inerentemente prejudicial à saúde, pois, esses minerais são nutrientes essenciais para o corpo humano (OLIVEIRA-SANTIAGO; FRISCHKORN; SASAKI, 2008).

No entanto, a dureza excessiva da água pode ter impactos negativos na saúde, especialmente quando a ingestão crônica de água dura é combinada com dietas pobres em minerais ou deficiências nutricionais. Sendo assim, pode-se desencadear problemas de saúde diversos, a exemplo de comprometimentos gastrointestinais, onde a água dura por conter altas concentrações de cálcio e magnésio, quando consumida em excesso pode contribuir para a formação de depósitos de sais minerais no trato gastrointestinal, resultando em problemas como constipação e cálculos renais (FREITAS et al., 2017).

Outros exemplos são as deficiências de minerais, por conta de um consumo exclusivo de água dura pode ocorrer a uma ingestão insuficiente de outros minerais essenciais, como ferro e zinco. Isso ocorre porque o excesso de cálcio e magnésio atuam interferindo na absorção desses



nutrientes. A saúde cardiovascular também pode sofrer impactos, tendo em vista que alguns estudos sugerem que a ingestão de água dura pode estar associada a um desregulação de doenças cardiovasculares. No entanto, essa relação é complexa e ainda não está completamente esclarecida. A água como meio de Prevenção da cárie dentária também pode ser afetada, pois, a presença de minerais na água, como o flúor, pode ser benéfica para a saúde bucal, no entanto, o equilíbrio entre minerais benéficos e a dureza excessiva da água deve ser cuidadosamente avaliado (LAKE et al., 2009; MONARCA et al., 2006).

Outro fator de alerta diz respeito a questões de impacto no desenvolvimento infantil. A ingestão de água dura por crianças em áreas com água naturalmente dura pode ser preocupante, uma vez que altas concentrações de minerais na água podem interferir na absorção de nutrientes essenciais durante o desenvolvimento infantil. É importante ressaltar que os efeitos da água dura na saúde variam de acordo com a concentração dos minerais na água, a dieta das pessoas e a duração da exposição. Normas e regulamentações estabelecem limites aceitáveis de dureza da água para garantir que a saúde pública seja protegida. No entanto, esses limites podem variar entre diferentes regiões e contextos (PIRES et al., 2007).

Portanto, a avaliação da dureza da água é crucial para identificar qualquer desvio significativo desses limites e tomar medidas apropriadas para garantir a saúde e o bem-estar da população que consome a água. Além disso, a conscientização sobre os possíveis impactos da água dura na saúde é importante, permitindo que as pessoas façam escolhas informadas sobre sua ingestão de água e sua dieta, buscando um equilíbrio adequado de minerais e garantindo a saúde a longo prazo (FREITAS et al., 2017; MONARCA et al., 2006).

### 3. Metodologia

A presente pesquisa consistiu em um estudo experimental, qualitativo e quantitativo. Para a sua elaboração recorreu-se a dados bibliográficos, aliados a testes químicos, visando determinar o perfil de dureza quantitativamente, no caso, os íons cálcio e magnésio. E inicialmente foi feita a coleta das amostras em dois municípios do litoral do estado do Espírito Santo, essas amostras foram obtidas em padões do sistema de distribuição, não existindo contato com caixas de água, ou sistenas. O condicionamento se deu em frascos plásticos, devidamente esterelizados, que foram transportados até o laboratório por meio de caixas térmicas.

Para a análise de dureza total foi utilizado o método de titulação por reações de complexação, tendo o EDTA 0,02 N como agente titulante, e uma solução de analítica, contendo 100 mL das amostras, 1 mL solução tampão (Cloro de Sódio, Hidróxido de Amônio e EDTA), uma ponta de espátula do indicador Preto de Pricromo. Após a titulação os dados obtidos foram lançados na equação presente na figura 01 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2010; BRASIL, 2013).



Figura 01: Equação para a análise de dureza

$$\text{mg/L CaCO}_3 = \frac{(\text{ml EDTA amostra} - \text{ml EDTA branco}) \times 1000 \times Fc}{\text{ml de amostra}}$$

(AUTORES, 2023)

Para a quantificação de cálcio também foi realizada análise volumétrica por complexação, utilizando também o EDTA na mesma normalidade como agente titulante. Foi utilizada uma solução para a análise contendo 100 mL da amostra, 1 mL de Hidróxido de Sódio, uma ponta de espátula de Murexida. Após a obtenção dos dados de consumo foi utilizada a equação descrita na figura 01 para encontrar os dados de intenção (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2010; BRASIL, 2013).

Figura 02: Equação para a análise de cálcio

$$\text{mg/L Ca} = \frac{\text{ml EDTA} \times 400,8}{\text{ml de amostra}}$$

(AUTORES, 2023)

Para a análise de magnésio foi utilizada a mesma técnica de titulação de complexação supracitada, e com a obtenção dos resultados, esses foram submetidos a equação descrita na na figura 03, e assim foram obtidos as dosagens de magnésio nas amostras obtidas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2010; BRASIL, 2013).

Figura 02: Equação para a análise de magnésio

$$\text{mg/L Mg} = \frac{[\text{Dureza}(\text{mg CaCO}_3/\text{L}) - 2,497 (\text{Ca mg/L})]}{\text{ml de amostra}}$$

(AUTORES, 2023)

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

## 4. Resultados

Com a execução dos métodos supracitados, foi possível obter os dados expressos na tabela 01. Nessa, é possível vislumbrar o valor médio de dureza das 9 amostras coletadas, onde a 1, 2, 3, 4, 6, 7 e 9 podem ser classificadas como água branda, que configura um perfil de dureza ideal, dentro dos índices preconizados pela GM/MS N° 888 (2021). Todavia as amostras 5 e 7 apresentaram uma classificação como levemente dura, levantando um alerta acerca do histórico de dosagens.

Tabela 01: Análise do perfil de dureza hídrica total e frações

ANÁLISE DO PERFIL DE DUREZA HÍDRICA			
AMOSTRA	DUREZA	CÁLCIO	MAGNÉSIO
1	40 ± 0,84 mg CaCO <sub>3</sub> /L	38 ± 0,21 mg/L	0,24 ± 0,02 mg/L
2	42 ± 0,33 mg CaCO <sub>3</sub> /L	32 ± 0,34 mg/L	1,22 ± 0,01 mg/L
3	48 ± 1,4 mg CaCO <sub>3</sub> /L	36 ± 0,2 mg/L	1,46 ± 0,01 mg/L
4	36 ± 0,68 mg CaCO <sub>3</sub> /L	26 ± 0,48 mg/L	1,22 ± 0,03 mg/L
5	62 ± 1,62 mg CaCO <sub>3</sub> /L	40 ± 0,71 mg/L	2,67 ± 0,05 mg/L
6	24 ± 0,15 mg CaCO <sub>3</sub> /L	20 ± 0,23 mg/L	0,49 ± 0,01 mg/L
7	22 ± 0,88 mg CaCO <sub>3</sub> /L	18 ± 0,47 mg/L	0,49 ± 0,02 mg/L
8	68 ± 0,9 mg CaCO <sub>3</sub> /L	54 ± 0,54 mg/L	1,7 ± 0,02 mg/L
9	38 ± 0,61 mg CaCO <sub>3</sub> /L	36 ± 0,13 mg/L	0,24 ± 0,02 mg/L

(AUTORES, 2023)

Todas as amostras apresentaram dosagens de Cloro e Magnésio dentro dos padrões intitulados pela portaria GM/MS N° 888 (2021). Entretanto, um dado preocupante refere-se aos baixos índices de magnésio

Tal mineral é essencial para o funcionamento saudável do corpo humano, desempenhando um papel fundamental em uma ampla variedade de processos biológicos. Primeiramente, o magnésio desempenha uma função crucial na saúde dos ossos e músculos. Ele é necessário para a formação e manutenção de ossos, favorecendo a absorção de cálcio e vitamina D, o que o torna fundamental na prevenção da osteoporose (GROENENDIJK et al., 2022; SOJKA, 2009; CASTIGLIONI et al., 2013).

Além disso, o magnésio desempenha um papel importante na regulação do sistema cardiovascular. Ele ajuda a manter a pressão sanguínea em padrões adequados, além de desempenhar ações na função do músculo cardíaco. A deficiência de magnésio está associada



a um maior risco de arritmias cardíacas e doenças cardíacas (GOBBO et al., 2013; ÉRIKA et al., 2010)

O magnésio também desempenha um papel vital na função do sistema nervoso. Ele está envolvido na síntese de neurotransmissores e na condução de sinais entre os neurônios, o que o torna essencial para a função cerebral e a saúde mental. A deficiência de magnésio pode levar a sintomas como ansiedade, depressão e insônia (XU et al., 2021; CRISPONI et al., 2020).

Outrossim, o magnésio é importante para o metabolismo energético, auxiliando na produção de energia a partir dos alimentos que consumimos. Sua presença é necessária para a atividade de várias enzimas envolvidas na produção de ATP, a principal fonte de energia do nosso corpo. Em resumo, o magnésio desempenha um papel vital em vários aspectos da saúde e bem-estar, tornando sua ingestão adequada uma parte fundamental de uma dieta equilibrada (SEVERO et al., 2013).

Diante disso, é primordial a conscientização da população quanto a alimentação com produtos que venham suprir a necessidade fisiológica do magnésio. Alimentos ricos em magnésio incluem sementes de abóbora, nozes, amêndoas, espinafre, feijão, grãos integrais e vegetais de folhas verdes escuras, como espinafre e couve. O consumo desses é uma maneira eficaz de garantir uma ingestão adequada de magnésio e promover a saúde óssea, muscular e cardiovascular, sendo necessário em muitos casos a suplementação (ALAWI et al., 2018; PEREIRA, 2021; BARBAGALLO et al., 2021).

## 5. Conclusões

Mediante as análises, é possível concluir que as amostras avaliadas possuem índices de dureza, cálcio e magnésio dentro dos padrões legislatórios, porém salienta-se a fundamentalidade da realização periódica do controle de qualidade, tendo em vista que esse é de extrema importância para a saúde humana, visto que a água desempenha um papel fundamental na manutenção da vida e é essencial para diversas funções do organismo. Primeiramente, a água é a principal fonte de hidratação, desempenhando um papel vital na regulação da temperatura corporal e na eliminação de resíduos metabólicos. Portanto, garantir que a água esteja livre de contaminantes prejudiciais é crucial para evitar doenças relacionadas à ingestão de água contaminada.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos imensamente ao Centro Universitário São Camilo pelo fornecimento dos recursos estruturais para as análises realizadas, a Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro, e ao Instituto Federal do Espírito Santo

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

## 7. Referências bibliográficas

- ALAWI, A. M.; MAJONI, S. W.; FALHAMMAR, H. Magnesium and Human Health: Perspectives and Research Directions. *International Journal of Endocrinology*, v. 2018, n. 1, p. 1–17, 2018.
- BARBAGALLO, M.; VERONESE, N.; DOMINGUEZ, L. J. Magnesium in Aging, Health and Diseases. *Nutrients*, v. 13, n. 2, p. 463, 30 jan. 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. FUNASA. Manual prático de análise de água. 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS Nº 888. 2021.
- CASTIGLIONI, S. et al. Magnesium and Osteoporosis: Current State of Knowledge and Future Research Directions. *Nutrients*, v. 5, n. 8, p. 3022–3033, 31 jul. 2013.
- CRISPONI, G. et al. The Potential Clinical Properties of Magnesium. *Current Medicinal Chemistry*, v. 27, 16 nov. 2020.
- ÉRIKA, M. et al. Efeitos da deficiência de cobre, zinco e magnésio sobre o sistema imune de crianças com desnutrição grave Effects of copper, zinc and magnesium deficiency on the immune system of severely malnourished children Artigo de Revisão. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rpp/a/Mdghj6WJbMQ3ZwnThgpnmwh/?format=pdf>>. Acesso em: 31 out. 2023.
- FREITAS, A. et al. Entendendo a dureza e qualidade da água através da aprendizagem baseada em problemas Understanding water hardness and quality by Problem- based learning. 2017.
- GOBBO, L. C. et al. Circulating and dietary magnesium and risk of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 98, n. 1, p. 160–173, 29 maio 2013.
- GROENENDIJK, I. et al. Impact of magnesium on bone health in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Bone*, v. 154, p. 116233, 1 jan. 2022.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Porto Alegre: Art-med, 2010. 900p.
- LAKE, I. R. et al. Effect of water hardness on cardiovascular mortality: an ecological time series approach. *Journal of Public Health*, v. 32, n. 4, p. 479–487, 22 dez. 2009.
- MONARCA, S. et al. Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, v. 13, n. 4, p. 495–506, ago. 2006.
- OLIVEIRA SANTIAGO, M.; FRISCHKORN, H.; SASAKI, J. Artigo técnico Problemas de cálcio na água de abastecimento de nova olinda -ce Problems of calcium in the water supply to nova olinda -ce Luiz ALberto ribeiro Mendonça. v. 13, p. 298–305, 2008.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento  
23/11 100% online  
24/11 e gratuito

PEREIRA, J. V. E. A Importância Da Suplementação De Magnésio, Com Fins Profiláticos. Uma Análise Qualitativa Deste Micronutriente Na Merenda De Uma Escola Municipal Em Paraíba Do Sul/ RJ. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 13, n. 04, p. 65–99, 29 abr. 2021.

PIRES, L. et al. Diagnóstico químico preliminar da qualidade das águas superficiais do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e entorno. Disponível em: <[https://www.icmbio.gov.br/parnaserradosorgaos/images/stories/Pires\\_et\\_al\\_2007.pdf](https://www.icmbio.gov.br/parnaserradosorgaos/images/stories/Pires_et_al_2007.pdf)>. Acesso em: 31 out. 2023.

SEVERO, J. et al. Artículo de Revisión Aspectos Metabólicos e Nutricionais do Magnésio Metabolic and Nutritional Aspects of Magnesium. Nutr. clín. diet. hosp, v. 35, n. 2, p. 67–74, 2015.

SOJKA, J. E. Magnesium Supplementation and Osteoporosis. Nutrition Reviews, v. 53, n. 3, p. 71–74, 27 abr. 2009.

QUEIROZ, T. M. DE; OLIVEIRA, L. C. P. DE. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 23, n. 1, p. 173–180, fev. 2018.

XU, R. et al. Neuroprotective effect of magnesium supplementation on cerebral ischemic diseases. Life Sciences, v. 272, p. 119257, 1 maio 2021.