

Níveis de cloreto em águas superficiais e subterrâneas de São Mateus-ES

Antônio Z. Piassi (IC)¹, Ana J. P. Bonomo (IC)¹, Arthur O. França (IC)¹, Diece A. de Souza (IC)¹, Eduardo P. C. Oliveira (IC)¹, Ester R. Pancieri (IC)¹, Evelyn C. Silveira (IC)¹, Isabela P. Colombi (IC)¹, Julhya A. C. Zambon (IC)¹, Julia B. Cesana (IC)¹, Mahyna P. Salvador (IC)¹, Maria E. B. Abreu (IC)¹, Maria E. C. Oliveira (IC)¹, Maria E. L. Fernandes (IC)¹, Paulo D. S. Riomar (IC)¹, Rayane J. L. Ferreira (IC)¹, Sofia C. Cosme (IC)¹, Wendell G. A. Corsini (IC)¹, Jean C. Fiorotti (PQ)², Renato P. Andrade (PQ)³, Aloísio J. B. Cotta* (PQ)⁴

1- *Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo - Campus São Mateus.*

2- *Mestrando, Programa de Pós-graduação em Energia, Universidade Federal do Espírito Santo - Campus São Mateus.*

3- *Professor do Departamento de Educação e Ciências, IF Sudeste MG - Campus Juiz de Fora.*

4- *Professor do Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo - Campus São Mateus.*

*aloisio.cotta@ufes.br

Resumo: A determinação da concentração do cloreto é fundamental para avaliar a potabilidade das águas e compreender os impactos da intrusão salina em regiões costeiras. Este estudo analisou 13 amostras de água de diferentes ambientes do município de São Mateus-ES, abrangendo o Rio São Mateus (RSM), água marinha, de poços rasos e profundos e de abastecimento público. As concentrações de cloreto variaram de 16 a 145 mg/L, todas abaixo do limite de 250 mg/L estabelecido na Portaria GM/MS nº 888/2021. Registrou-se valores elevados dos sólidos totais dissolvidos (TDS > 500 mg/L) nas amostras dos poços rasos do bairro de Guriri, em desacordo com o padrão de potabilidade. Registrou-se valores decrescentes de cloreto, pH, condutividade elétrica e turbidez nas amostras do RSM, à medida que afasta de sua foz, confirmando a influência da intrusão marinha, mas sem comprometer a qualidade da água no ponto da captação municipal. As águas de abastecimento público apresentaram valores próximos aos registrados no ponto Rio 2, próximo à captação municipal. A exatidão e a precisão das análises foram melhores que 8 %. Este trabalho demonstra a importância da integração entre prática e teoria no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, permitindo estudar problemas de contexto local que afetam os municípios.

Palavras-chave: Salinidade, intrusão salina, potabilidade, água.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água de boa qualidade é essencial para a saúde pública, preservação ambiental, e para atividades econômicas. O íon cloreto (Cl⁻) é naturalmente abundante devido a dissolução de minerais e contribuições de fontes antrópicas (Sperling, 2005), porém quando em concentrações elevadas é capaz de comprometer a potabilidade da água. A Portaria de Consolidação nº 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece o limite de 250 mg/L para consumo humano (Brasil, 2021). Estudos indicam variação sazonal e natural nos teores de cloreto, entre 35 e 107 mg/L, nos rios da região de Potiguar-RN ainda atendendo à legislação (Souza *et al.*, 2016).

Segundo Anders *et al.* (2017) águas salobras de poços que abastecem as comunidades de Mossoró–RN apresentaram restrição de uso devido aos naturalmente altos níveis de cloreto (média 667 mg/L). Em ambientes costeiros, o problema decorre do avanço da cunha salina (de água marinha), como evidenciado na calha do Rio São Mateus (RSM), em extensão superior a 50 km a partir da foz durante os períodos secos, que resulta em concentrações de

Cl⁻ superiores à 10.000 mg/L, comprometendo por meses o abastecimento municipal de São Mateus-ES (Cotta; Jesus, 2021). Além disso, o lançamento de esgoto *in natura* no RSM e em fossas negras causam a degradação das águas do rio e subterrânea do balneário de Guriri, que é captada pelos residentes com poços rasos (Cotta *et al.*, 2017; 2020). Sendo o uso de cloradores caseiros recomendado para fazer a desinfecção (Cotta *et al.*, 2021).

O bombeamento excessivo permitiu o avanço da intrusão de água marinha pelo aquífero costeiro de Maricá (RJ), ao ponto de comprometer a potabilidade da água captada para o abastecimento municipal (Almeida e Silva Junior, 2007). Assim, fatores naturais, ação antrópica e alterações hidrológicas podem deteriorar a qualidade das águas de abastecimento, especialmente em regiões costeiras, sendo o norte do ES uma área de grande vulnerabilidade (Cotta e Jesus, 2021).

Visando avaliar a qualidade dos recursos hídricos de São Mateus-ES, este trabalho promoveu a caracterização físico-química e quantificação do cloreto em diversas amostras de águas (superficial, subterrânea e de abastecimento público) para estudar sua variação e adequação ao uso pelos munícipes.

METODOLOGIA

Os alunos do curso de agronomia, turma de Química Analítica, coletaram (1L) de amostras de água de suas residências, sendo 04 de poços rasos de Guriri, 02 de poços profundos (São Mateus-ES) e de 03 casas abastecidas pelo Sistema Autônomo de Abastecimento Municipal (SAAE), o qual capta as águas do RSM e em uma série de poços profundos para tratamento e distribuição. Além destas, 01 amostra de água marinha, e em três pontos do RSM foram coletadas (3L), figura 1, e analisadas no Laboratório de Química Analítica do CEUNES.

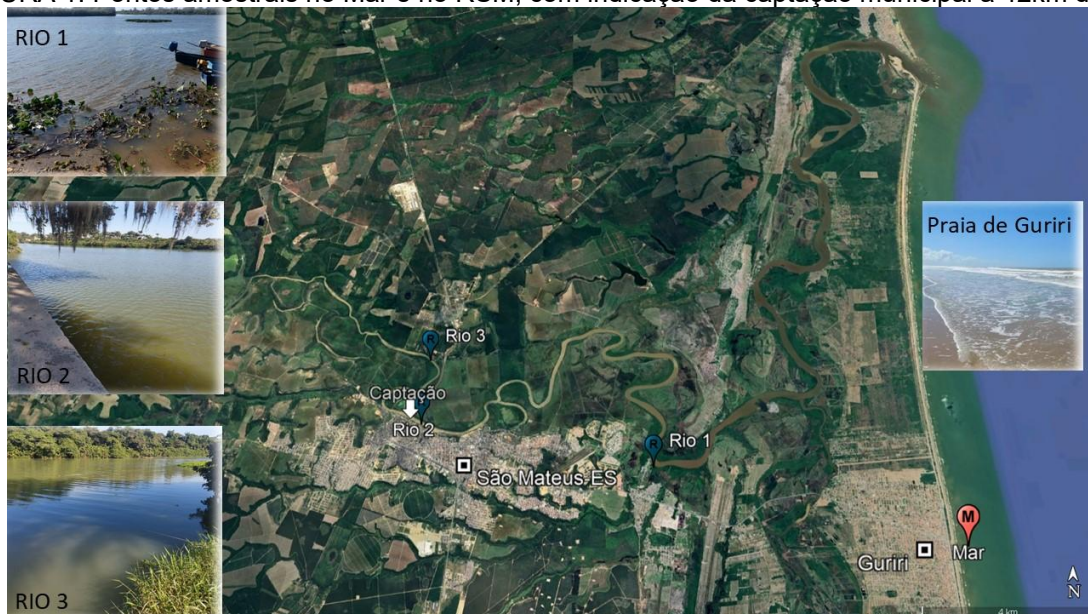
O pH e condutividade elétrica (CE) foram medidos com sonda Hanna (HI 991301) e a turbidez em equipamento Policontrol (AP 2000), no mesmo dia das coletas (29/7/2025). A CE foi convertida em sólidos dissolvidos totais (TDS), conforme (Thirumalini; Joseph, 2009). A determinação do cloreto, pelo método de Mohr, foi realizada em uma aula prática com diversas porções (n) tituladas (Bureta digital Kasvi, com resolução 0,01 ml) pelos alunos em duplas utilizando solução padronizada de Ag⁺ à 0,00996 mol/L. A água marinha foi diluída 1:100 antes da titulação.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados de caracterização (pH, CE, turbidez) e teor de cloreto, Tabela 1, revelam um grande contraste composicional das amostras dos ambientes estudados. A média registrada

para a água marinha 20.159 ± 536 mg/L, foi 4,2 % superior ao valor de referência de 19.350 mg/L (Thirumalini e Joseph, 2009). O erro relativo à média de cada dupla de alunos variou de 0,4 a 11 %. E CV das análises foi melhor que 8 %, indicando a confiabilidade dos dados.

FIGURA 1. Pontos amostrais no Mar e no RSM, com indicação da captação municipal a 42km da foz



Fonte: próprios autores.

Tabela 1 – Caracterização físico-química e dados de cloreto (média \pm desvio padrão) e coeficiente de variação

Amostra	pH	CE (mS/cm)	Turbidez (NTU)	n	Cloreto (mg/L)	CV (%)
Água marinha	8,14	45,0	22,1	20	$20.159,00 \pm 536$	3,0
Rio 1	6,83	0,30	40,6	20	40 ± 2	5,0
Rio 2	6,75	0,19	14,1	20	32 ± 2	6,0
Rio 3	6,68	0,18	13,4	20	30 ± 1	3,0
A1 (SAAE)	6,17	0,21	0,70	2	35 ± 1	3,0
A2 (SAAE)	6,30	0,21	0,10	2	33 ± 1	2,0
A3 (SAAE)	6,60	0,21	1,80	2	36 ± 1	3,0
A4 (Poço Profundo)	5,19	0,14	2,00	2	$24,0 \pm 0,4$	2,0
A5 (Poço Profundo)	5,72	0,12	4,10	2	16 ± 1	6,0
A6 (Poço Raso)	7,74	0,86	0,40	2	78 ± 4	5,0
A7 (Poço Raso)	7,00	0,87	2,80	6	126 ± 1	1,0
A8 (Poço Raso)	7,41	0,94	8,40	2	107 ± 4	4,0
A9 (Poço Raso)	7,28	1,24	45,9	2	145 ± 11	8,0

Fonte: próprios autores.

A concentração média de Cl^- nas amostras do RSM, nos pontos 1, 2 e 3, foi de respectivamente, 40,0; 32,0 e 30,0 mg/L decrescendo à medida que se afasta da foz. Tal variação demonstra o ainda pequeno, mas perceptível, impacto da intrusão de água marinha pela calha do rio, que tende a se agravar nos meses de seca (Cotta; Jesus, 2021). A mesma tendência de redução a montante da foz foi percebida nos dados de pH, CE e turbidez nas amostras do RSM.

Registrou-se concentrações médias entre 33,1 e 36,0 mg/L nas águas das casas abastecidas pelo SAAE (A1, A2 e A3). Estes valores são similares ao registrado no Rio 2 (32,0 mg/L), o que era esperado, dada sua proximidade com a captação municipal, figura 1.

As amostras de poços profundos (A4 e A5) apresentam teores de cloreto (16 a 24 mg/L) inferiores ao medido nas águas de poço raso (A6 a A9) de residências do bairro de Guriri, São Mateus-ES, com valores entre 78 e 145 mg/L, mas ainda dentro do limite de potabilidade (<250,0 mg/L, Portaria nº 888, Brasil 2021). Os dados deste trabalho (média 117 ± 29 mg/L) estão em bom acordo com a média de Cl^- em 31 amostras de poços rasos da mesma região (122 ± 57 mg/L) registrado por Cotta e Jesus (2021).

Quanto aos demais parâmetros, o pH das amostras A1 a A9 (águas de abastecimento residencial) varou de 5,19 a 7,74, em sua maioria atendendo aos limites de potabilidade (6,0 a 9,0), conforme Brasil (2021), que define valores para água tratadas. As águas subterrâneas de poço profundo (A1 e A2) são naturalmente mais ácidas devido à maior pressão parcial de dióxido de carbono (CO_2) em profundidade (Kenoyer; Anderson, 1989). Os valores registrados não impõem restrições e uso ou ameaça a saúde (WHO, 2023).

O teor de sólidos dissolvidos (TDS) variou de 78 a 806 mg/L (entre A1 e A9), limite de 500 mg/L (Brasil, 2021) foi excedido nas 4 amostras de poço raso (A6 a A9), o que impõe restrições ao seu consumo. A turbidez das amostras de água tratada pelo SAAE (A1 a A3), valores entre 0,1 a 1,8 NTU, atendendo ao limite de 5 NTU da Portaria nº 888/2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização de 13 amostras representativas de diferentes recursos hídricos da cidade de São Mateus, realizada no contexto das aulas práticas de Química Analítica, permitiu consolidar os conhecimentos teóricos adquiridos e aplicá-los na avaliação da qualidade da água. Os resultados indicaram que as águas doces são de boa qualidade, com teores de cloreto em acordo com o limite estabelecido pela legislação. Constatou-se a acidez das águas subterrâneas de poço profundo, mas em níveis que não comprometem seus usos e consumo.

Já o TDS das águas dos poços raros de Guriri excede o limite de 500 mg/L. Foi possível registrar o efeito da intrusão de água marinha nos valores de pH, CE, turbidez e teor de Cl⁻ nas amostras do RSM, contudo, sem comprometer a qualidade da água no ponto da captação municipal. Este estudo evidenciou a relevância da integração entre teoria e prática, possibilitando aos alunos compreender como fatores naturais afetam a composição das águas de diferentes contextos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERS, Claudio Rodrigues *et al.* Caracterização das águas de estações de tratamento na mesorregião do oeste potiguar, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 3, p. 1430, 2017.
- ALMEIDA, Ghislaine M. de; SILVA JUNIOR, Gerson Cardoso da. **Fatores hidrogeológicos no estudo da intrusão salina em aquíferos costeiros da região litorânea do município de Maricá - RJ**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p. 104-117, 2007.
- BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 07/05/2021.
- COTTA, Aloísio Jose Bueno; *et al.* Characteristics and impacts on the groundwater of the Guriri beach resort, São Mateus, ES, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, 23(1): 10601–10622, 2020.
- COTTA, Aloísio José Bueno; JESUS, Honório Coutinho de. Impactos, extensão e proposta de mitigação da intrusão salina no Rio São Mateus. **Pesquisas em Geociências**, v. 51, n. 4, 2021. DOI: 10.22456/1807-9806.107238.
- COTTA, Aloísio José Bueno; *et al.* Tratamento residencial da água, via cloração, em Guriri, São Mateus-ES. VIII ENCAQUI, Vitória-ES, 2021.
- COTTA, A.J.B., FACHETTI, P.S, & ANDRADE, R.P. Characteristics and impacts on the groundwater of the Guriri beach resort, São Mateus, ES, Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, 23(1): 10601–10622, 2020.
- DANELON, J. R. B.; LUZ NETTO, F. M.; RODRIGUES, S. C. **Análise do nível de fósforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do Córrego Terra Branca no município de Uberlândia (MG)**. Revista Geonorte, Edição Especial, v. 1, n. 4, p. 412-421, 2012.
- KENOYER, Galen J.; ANDERSON, Mary P. Groundwater's dynamic role in regulating acidity and chemistry in a precipitation-dominated lake. **Journal of Hydrology**, v. 109, n. 3-4, p. 287-306, 1989.
- SOUZA, I. R. A. S. *et al.* **Determinação do teor de cloreto em águas de abastecimento da região agreste potiguar**. 4ª Semana de Química – IFRN, Natal, 2016.
- THIRUMALINI, S.; JOSEPH, Kurian. Correlation between electrical conductivity and total dissolved solids in natural waters. **Malaysian Journal of Science**, v. 28, n. 1, p. 55-61, 2009.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Safety and quality of water use and reuse in the production and processing of dairy products: Meeting report**. World Health Organization, 2023.