

**( X ) Graduação ( ) Pós-Graduação**

**MAPEAMENTO DOS ÍONS FLUORETO NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA/RS:  
metodologia e abordagem empírica**

**João Gabriel Munareto do Amaral**  
Universidade Federal de Santa Maria  
joao\_gabrielbiel@hotmail.com

**Rafaela Roberta Morelato**  
Universidade Federal de Santa Maria  
rafaelarobertamorellato@hotmail.com

**Angélica Arndt Scalabrin**  
Universidade Federal de Santa Maria  
angelicaascalabrin@gmail.com

**Bruno Leal**  
Universidade Federal de Santa Maria  
bruno.leal@acad.ufsm.br

**Nátalie de Paula**  
Universidade Federal de Santa Maria  
eng.nataliedepaula@gmail.com

**Elvis Carissimi**  
Universidade Federal de Santa Maria  
elvis.carissimi@ufsm.br

## **RESUMO**

O íon fluoreto ( $F^-$ ) quando em concentrações de até 1,5 mg/L, age como um importante micronutriente no organismo humano. Entretanto, em excesso, pode ocasionar doenças como fluorose dentária ou óssea, prejudicando a qualidade de vida da população. A legislação estadual do Rio Grande do Sul, por meio da Portaria N° 10/1999, determina que o valor máximo permitido  $F^-$  em águas de abastecimento seja de 0,9 mg/L. Para auxiliar no controle e monitoramento de  $F^-$ , foi gerado um mapa de fragilidade ambiental que represente alguma das principais variáveis que interfiram na contaminação do íon. O mapa de fragilidade gerado contemplou a densidade populacional, com auxílio do IBGE (2022), as formações rochosas, com auxílio do portal da CPRM (2023), o uso e ocupação do solo, com auxílio do MapBiomas (2023), e a hidrologia, com auxílio da SEMA (2023). Como resultados obteve-se que as áreas de maiores contaminações por  $F^-$  foram os bairros Santa Flora e Bonfim, com respectivamente 11% e 15% das amostras acima do limite estadual, o povoado Bilíbio com 11% acima do limite estadual e, principalmente, o distrito de Palma que representou 42% das amostras acima do limite estadual, cuja a concentração máxima encontrada foi de 2,5 mg/L.

**Palavras-chave:** Fluoreto; Fragilidade Ambiental; Sistema de Abastecimento de Água.

## 1 INTRODUÇÃO

Os poços tubulares desempenham um papel crucial no fornecimento público de água, permitindo o acesso da população às águas subterrâneas. Contudo, é imprescindível ressaltar que essas fontes hídricas podem conter íons indesejáveis, como ferro, manganês, arsênio e fluoreto (BRASIL, 2006).

O fluoreto ( $F^-$ ) em concentrações de até 1,5 mg/L, além de auxiliar na preservação do esmalte dentário, com a prevenção de cáries, auxilia em diversos benefícios estruturais e fisiológicos ao corpo humano, sendo amplamente considerado como um micronutriente (AHMAD DAR; KURELLA, 2023; SOLANKI *et al.*, 2022). Devido a isso, essa concentração é mantida como limite brasileiro através da Portaria N° 635/1975, bem como orientado pela Organização Mundial da Saúde, através do Guidelines for Drinking-water Quality (2017).

De acordo com Solanki *et al.* (2022), os íons  $F^-$  podem ter origens tanto naturais, como o intemperismo das rochas, quanto em fontes antropogênicas, como a agricultura por meio de fertilizantes fosfatados. Ademais, o Departamento de Economia e Estatística (2022) descreve que o Rio Grande do Sul é uma região de intensa atividade agropecuária, sendo amplamente utilizada para o cultivo de grãos, na qual são utilizados fertilizantes ricos em  $F^-$  (MORELATO *et al.*, 2023; TAGAWA; MORUZZI; CURY, 2009). Devido a isso, a legislação rio-grandense é ainda mais restritiva quando a presença de  $F^-$  em águas de abastecimento público, sendo implementada a Portaria N° 10/1999, que estabelece como valor máximo de  $F^-$  na água de 0,9 mg/L.

Ross (1994) mostrou a importância da fragilidade ambiental como uma avaliação das condições do meio, sendo importante para prever interações entre o homem e do ambiente. Partindo disso, neste estudo foi realizado o mapeamento das áreas de maior fragilidade ambiental quanto aos íons  $F^-$  na região do município de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, a fim de demonstrar as áreas mais afetadas pela problemática no estado do RS.

Foram utilizados dados do portal VIGIAGUA para identificar as regiões e concentrações de íons de flúor ( $F^-$ ) de diferentes poços dentro do município. Com base nesses dados, foram elaboradas tabelas para verificar os pontos por região, identificando as áreas mais impactadas por  $F^-$ . Foram selecionadas diversas camadas vetoriais, como uso e ocupação do solo (MapBiomias, 2021), formação rochosa (CPRM, 2023), densidade demográfica (IBGE, 2022) e hidrologia local (SEMA, 2023). Além disso, foi realizado um recorte das demais camadas utilizando a malha municipal disponível no site do IBGE (2022).

Em seguida, foram gerados mapas individuais para cada uma das camadas de interesse neste estudo no software QGIS 3.22. Uma nova coluna denominada "Fragilidade" foi adicionada aos *shapefiles*, atribuindo a cada dado de interesse uma nota de fragilidade ambiental de F<sup>-</sup> de 1 a 5, conforme proposto por Ross (1994), variando de 1 (fragilidade muito baixa) a 5 (fragilidade muito alta).

Os mapas de cada camada foram convertidos de *shapefile* para *raster* e foram desenvolvidas escalas de cor graduadas. Esses mapas foram então inseridos no comando "calculadora *raster*", onde foram interpolados a partir dos dados previamente identificados no VIGIAGUA, com os pesos 5 para uso e ocupação do solo, 3 para formação rochosa, 1 para densidade populacional e 1 para hidrologia, como é representado na Equação 1, e com isso, foi gerado o mapa de fragilidade ambiental do município de Santa Maria (Figura 1).

$$FA = 0,5 * UO + 0,3 * FR + 0,1 * DP + 0,1 * H \quad (1)$$

## 2 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Através dos dados obtidos do portal VIGIAGUA de regiões e amostras de F<sup>-</sup>, foi gerado a Tabela 1, que relaciona as regiões mais relevantes quanto a contaminação deste íon no município e a porcentagem de amostras acima do limite estadual previsto pela Portaria N° 10/1999.

Tabela 1 – Regiões mais relevantes quanto a contaminação de F<sup>-</sup> no município do estudo e as porcentagens de amostras reprovadas.

Região	Porcentagem de amostras reprovadas
PALMA	42%
BONFIM	15%
BILIBIO	11%
ARROIO DO SO	7%
KM 3	6%

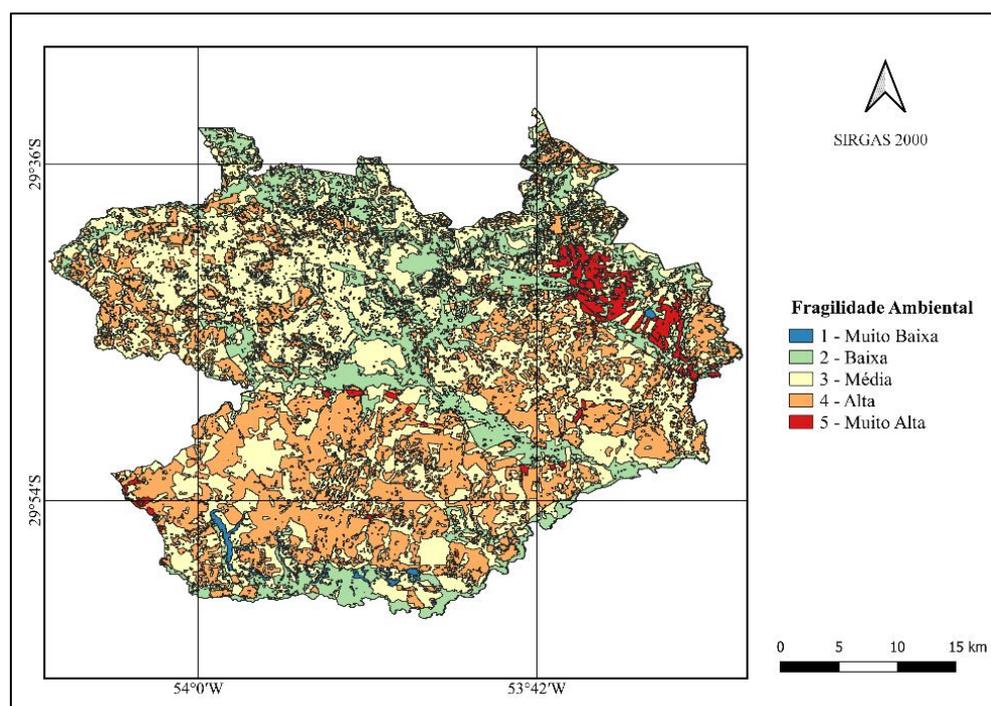
Fonte: Autores (2024).

Como resultados obteve-se que as áreas de maiores contaminações por F<sup>-</sup> foram os bairros Santa Flora e Bonfim, com respectivamente 11% e 15% das amostras acima do limite estadual, o povoado Bilibio com 11% acima do limite estadual e, principalmente, o distrito de Palma que representa 42% das amostras acima do limite estadual, cuja a concentração máxima encontrada foi de 2,5 mg/L.

A Figura 1 representa o mapa de fragilidade gerado através da metodologia citada

na introdução deste trabalho, representando uma maior fragilidade ambiental na região leste e sul do município, sendo áreas de maior incidência de agricultura irrigada, que auxilia na percolação de fertilizantes e pesticidas ricos em  $F^-$  para o solo, e inferior nas regiões norte e central do município, sendo áreas mais urbanizadas.

Figura 1 – Mapa de fragilidade ambiental de íons fluoreto de Santa Maria/RS.



Fonte: Autores (2024).

### 3 CONCLUSÕES

Por meio da análise dos resultados, foi possível observar que o distrito Palma apresentou a mais alta fragilidade do município, representando maior fragilidade quando a  $F^-$  na zona leste do município. O distrito Santa Flora também se destaca quanto a contaminação, visto que se encontra na zona sul, sendo mais afastada da região central do município. Em contraste, a região central demonstrou uma situação menos problemática em relação ao íon, devido a uma presença inferior de áreas de cultivo agrícola e maior controle das autoridades. Como forma de obter sequência no estudo, poderão ser desenvolvidos mais pesquisas acerca da região como forma de mitigar a contaminação na área e prevenir novas zonas de contaminação.

### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) através do Edital N° 14/2023 e da Universidade Federal de Santa Maria, onde todos os colaboradores não mediram esforços para a conclusão do mesmo.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD DAR, F.; KURELLA, S. Fluoride in drinking water: An in-depth analysis of its prevalence, health effects, advances in detection and treatment. **Materials Today: Proceedings**, jun. 2023.
- BRASIL. **Portaria MS/GM n° 635**, de 26 de dezembro de 1975. Acesso em: 17 fev. 2024.
- BRASIL. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. 2006. Disponível em: <[https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao\\_sanitaria\\_abastecimento\\_agua.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf)>. Acesso em: 17 fev. 2024.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia do Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/downloads.html>>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- DEE. Departamento de Economia e Estatística. **RS em números 2022**. Disponível em: <<https://dee.rs.gov.br/rsnumeros/>>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022**. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- MAPBIOMAS. **Coleções MapBiomias Brasil**. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- MORELATO, R. *et al.* Estudos de fragilidade ambiental quanto às áreas mais vulneráveis a serem afetadas por contaminação de íons fluoreto no município de São João do Polêsine. **Jornada de jóvenes investigadores**, p. 510, 2023.
- RIO GRANDE DO SUL. **Portaria n° 10**, de 16 de agosto de 1999. Define teores de concentração do íon fluoreto nas águas para consumo humano fornecidas por Sistemas Públicos de Abastecimento. Porto Alegre, 1999. Acesso em: 17 fev. 2024.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Geography Department, University of Sao Paulo**, p. 63–74, 1994.
- SEMA. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas/>>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- SOLANKI, Y. S. *et al.* Fluoride occurrences, health problems, detection, and remediation methods for drinking water: A comprehensive review. **Science of the Total Environment**. (Vol. 807). 2022. Elsevier B.V.
- TAGAWA, P. T.; MORUZZI, D. L.; CURY, J. A. Concentração de fluoreto na vegetação próxima do pólo de fertilizantes de Cubatão, São Paulo, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 2205–2208, dez. 2009.
- OMS. Organização Mundial da Saúde. **Guidelines for Drinking-water Quality**. Quarta ed. Genebra. 2017. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>>. Acesso em: 15 mar. 2024.