

EXCESSO DE FLUORETO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO RIO GRANDE DO SUL

Ricardo Maahs ¹; Daniel Triboli Viera ²

Resumo – O abastecimento da população por água subterrânea tem se tornado uma alternativa cada vez mais comum diante das frequentes estiagens no Brasil. O excesso de flúor (fluoreto) em águas subterrâneas, (acima de 1,5 mg/L) é um problema frequente em aquíferos em todo o país, podendo causar complicações de saúde. Diante disso, este estudo visou revisar a origem da problemática e identificar os aquíferos e regiões do Estado do Rio Grande do Sul com ocorrência desse contaminante. Através da análise e compilação de dados de mapas e trabalhos da literatura, pode-se perceber que grande parte dos aquíferos do estado possuem casos de poços com excesso de fluoreto, necessitando, portanto, uma atenção e controle sobre esse parâmetro em qualquer aquífero. Ademais, a Região dos Vales se destaca pelo elevado número de ocorrências de municípios com esse problema, podendo estes servir de piloto para a implementação de políticas públicas que visem desenvolver ou fomentar tecnologias de tratamento/remoção de excesso de flúor em água subterrâneas, como tem surgido no mercado.

Abstract – The supply of the population by groundwater has become a common alternative against the frequent droughts in Brazil. Excess fluoride in groundwater (above 1.5 mg/L) is a frequent issue in aquifers across the country and can cause health complications. Thus, this study aimed to review the origin of the problem and identify the aquifers and regions of the Rio Grande do Sul state where this contaminant has been identified. Through data analysis and compilation of the maps and academic studies found in the literature, it can be seen that most aquifers in the state have cases of wells with excess fluoride, thus requiring attention and control over this parameter in all the aquifers. Especially, the Região dos Vales presents a high number of municipalities with this problem, which can serve as a pilot case for public policies' implementation aimed at developing or promoting technologies for the treatment/removal of excess fluoride in groundwaters, that have been emerging on the market.

Palavras-Chave – Flúor; Fluoreto; Hidrogeologia; Gestão Pública.

¹ Geól., Doutorando, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre - RS, (51) 3308-9845, maahs.geologia@gmail.com
Geól., Secretaria de Obras e Habitação do Estado do Rio Grande do Sul

² Geól., Pós-Doutorando, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (51) 3308-9845, daniel.triboli@ufrgs.br

1. INTRODUÇÃO

Com o cenário brasileiro de agravamento da crise hídrica nos últimos anos, o uso de águas subterrâneas tem sido, crescentemente, uma das soluções encontradas pelos gestores públicos ao combate das cada vez mais frequentes, alongadas e intensas estiagens. Dentre os vários desafios técnicos, ambientais, financeiros e legais para estabelecer o uso extensivo de águas subterrâneas no abastecimento da população, destaca-se não apenas a reserva de águas em aquíferos, mas também a qualidade dessas águas. Um dos pontos mais sensíveis quanto à potabilidade de águas subterrâneas é o comum excesso de flúor presente em muitos aquíferos do território brasileiro. Segundo estabelece a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, o Valor Máximo Permissível (VMP) de fluoreto (íon F^-) na água para consumo humano e animal é de 1,5 mg/L, embora alguns estados diminuam ainda mais esse valor (e.g. no Rio Grande do Sul, o VMP é de 0,9 mg/L). O consumo constante de água com fluoreto acima da quantidade permitida pode causar fluorose e outros problemas de saúde (e.g. consequências gastrointestinais, diminuição nos níveis de hemoglobina no sangue, náusea, etc). Diante disso, a disposição de águas subterrâneas para consumo humano e animal, seja como fonte alternativa seja fonte complementar do abastecimento tradicional, requer a atenção dos gestores públicos não apenas a perfuração de novos poços, mas também a atenção quanto a qualidade da água, buscando identificação e monitoramento dos contaminantes dos aquíferos e as regiões mais afetadas. Esses dados permitem o planejamento e a busca por soluções para utilizar o recurso hídrico com responsabilidade, resguardando a saúde da população e conservando os aquíferos.

Perante o exposto, esse trabalho objetivou realizar um estudo sobre os aquíferos e regiões no estado do Rio Grande do Sul onde há mais ocorrências de excesso de fluoreto em águas subterrâneas, através da compilação de dados secundários, a fim de alertar a população e governantes sobre esse perigo e contribuir com potenciais projetos que busquem a solução ou mitigação desse problema.

2. CARACTERIZAÇÃO DO FLUORETO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

2.1. A presença de fluoreto em águas

A concentração de fluoreto nas águas naturais pode estar vinculada a diversos fatores como a temperatura, pH, presença de íons e colóides complexantes, solubilidade dos minerais que contêm flúor, capacidade de troca iônica dos materiais do aquífero (OH^- por F^-), tamanho e tipo de formações geológicas (Adreazzini, 2005).

Para o consumo de água, a presença do flúor na água é um ponto um tanto controverso. Se por um lado a presença de fluoreto em águas tem um papel importante no controle de cáries; por outro lado, a ingestão desse íon em excesso pode acarretar em fluorose e outras doenças ou problemas de saúde (conforme detalhado por Netto *et al.*, 2016). No caso de águas com ausência (ou quantidade muito pequena) de fluoreto, a adição de flúor (fluoretação) é comumente aplicada nos sistemas de abastecimento de água; no caso de excesso de fluoreto, é necessário a instalação de algum sistema que remova o excesso de flúor, a diluição com outra água menos fluoretada, e, em casos extremos, a desativação do poço. Apesar da dificuldade da remoção/diminuição do fluoreto da água (devido às propriedades químicas desse ânion), existem no mercado alguns produtos que atuam nesse sentido, como é o caso de filtros a base de zeólita, e mais recentemente, filtros de carvão ativado a base de osso (e.g. Costa *et al.* 2013). Apesar de ainda não serem tão conhecidos e acessíveis e necessitarem de manutenção/troca de refil, esses filtros podem representar soluções interessantes para garantir água potável a famílias e comunidades.

2.2. Origem do fluoreto em águas subterrâneas

Sobre a origem do flúor nas águas subterrâneas, ainda há controversas. Segundo Frank *et al.* (2007), a maior fonte de flúor na natureza são os minerais de flúor, que ocorrem principalmente associados a rochas graníticas. Quando estes minerais se decompõem lentamente durante os processos intempéricos, o flúor é transportado como íon fluoreto (F^-) e associa-se, na maior parte, a argilominerais (Fraga, 1992). Em relação às rochas basálticas, os tholeiítos continentais contêm até 540 mg/g de F^- , derivado provavelmente da fusão de flogopitas ($KMg_3(Si_3Al)O_{10}(F,OH)_2$) do manto superior (Marimon, 2006). Também, a formação de minerais anidros sem K_2O (e.g. olivinas, plagioclásios cálcicos, piroxênios) durante os processos de cristalização fracionada, concentra o flúor até a formação de minerais que contêm flúor em suas estruturas, como hornblenda, mica (biotita) e apatita. Também é provável a adição de flúor por contaminação do magma pela fusão de rochas encaixantes crustais das câmaras magmáticas e das fissuras alimentadoras (Marimon, 2006).

Em contrapartida, conforme apontado por Milean *et al.* (2002), a elevada concentração de flúor nas águas subterrâneas também pode estar associada a fatores antrópicos. Estes autores correlacionam as altas concentrações de flúor com as emissões das fábricas de fertilizantes no município de Rio Grande - RS que enriquecem a atmosfera com fluoretos, os quais acabam dissolvidos na água da chuva. A concentração de fluoreto na água da chuva pode atingir valores que superam muitas vezes o teor de *background* local. A lixiviação de fluoreto pelas chuvas provoca, por consequência, o aumento dos seus teores na água subterrânea, conforme apontados por estes autores. Também, Goffermann *et al.* (2015) salientam que as fontes antrópicas de flúor em águas subterrâneas residem, principalmente, na utilização de pesticidas e fertilizantes fosfatados contendo Flúor e pela deposição a partir de emissão de gases e partículas oriundas, principalmente, de indústrias de fundições de alumínio, cerâmicas e químicas.

3. EXCESSO DE FLUORETO NOS AQUÍFEROS DO RIO GRANDE DO SUL

No Brasil foram identificadas concentrações de fluoreto acima do VMP (1,5 mg/L), nos três tipos diferentes de aquíferos: granuloso, fissural e cárstico. Sobre o estado Rio Grande do Sul, Machado (2008) demonstra que há alguns lugares que são abastecidos pelo Sistema Aquífero Guarani em que a água não é de boa qualidade, por ser salobra. Obtendo ainda, em diversas localidades, resultados que demonstram ocorrências anômalas de fluoreto acima do VMP, o que tem comprometido a utilização da água para consumo humano. Sérios problemas de saúde pública e desperdício de finanças públicas na busca de alternativas para o abastecimento das comunidades, sobretudo rurais, são ocasionados devido a essas concentrações excessivas de fluoreto nas águas.

Conforme o Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul – Escala 1: 750.000 (CPRM, 2005a; Figura 1) e o Relatório associado (CPRM, 2005b), grande parte dos aquíferos do Estado possuem águas com teores de flúor acima do limite de potabilidade. Nestas referências, são citados altas quantidades de fluoreto associado ao Sistema Aquífero Santa Maria na depressão central do estado, ao Sistema Aquífero Embasamento Cristalino I, na região Sul e na região de Porto Alegre, ao Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II, na região do Escudo Sul-riograndense (especialmente em rochas graníticas) e aos compartimentos Central-Missões e Norte-Alto Uruguai do Sistema Aquífero Guarani, na região Centro e Norte do estado, respectivamente. Sobre este aquífero, destaca-se a presença comum de alta quantidade de flúor na Unidade Hidroestratigráfica Passo das Tropas II, na Região de Santa Maria. Além dos sistemas aquíferos, essas referências citam os municípios de Encantado, Cruzeiro do Sul, Venâncio Aires, Santa Cruz do Sul e Agudo com problemas de alto teor de flúor nas águas subterrâneas.

Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul

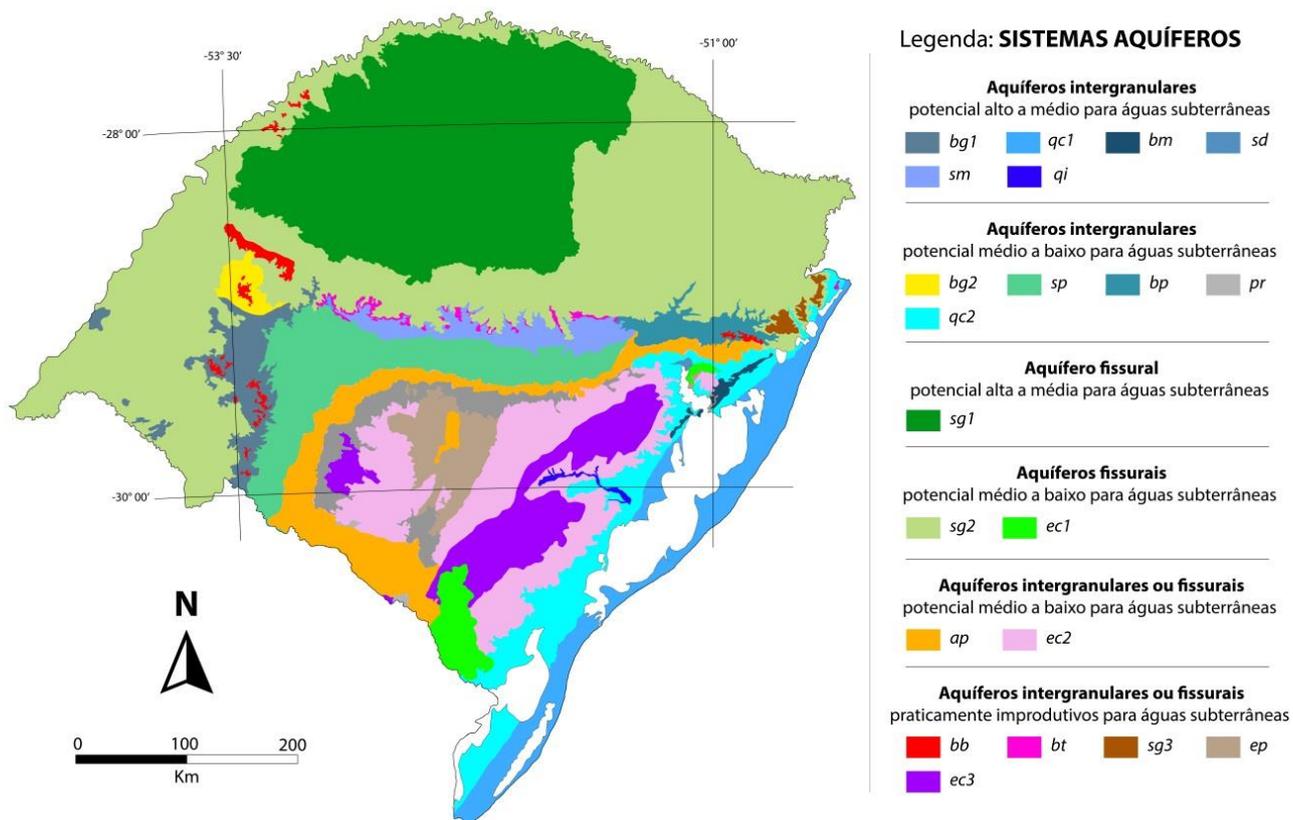


Figura 1. Mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:750 000 (modificado de CPRM, 2005a). Siglas: ap – Aquirados Permiano; bb – Sistema Aquífero Basalto/Botucatu; bg1 – Sistema Aquífero Botucatu/Guará I; bg2 – Sistema Aquífero Botucatu/Guará II; bm – Sistema Aquífero Quaternário Barreira Marinha; bp – Sistema Aquífero Botucatu/Pirambaia; bt – Sistema Aquífero Botucatu; ec1 – Sistema Aquífero Embasamento Cristalino I; ec2 – Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II; ec3 – Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III; ep – Aquicludes; qc1 – Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I; qc2 – Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II; qi – Sistema Aquífero Quaternário Indiferenciado; pr – Sistema Aquífero Palermo/Rio Bonito; sg1 – Sistema Aquífero Serra Geral I; sg2 – Sistema Aquífero Serra Geral II; sg3 – Sistema Aquífero Serra Geral III; sd – Sistema Aquífero Sedimentos Deltaicos; sm – Sistema Aquífero Santa Maria; sp – Sistema Aquífero Sanga do Cabral/Pirambaia.

Além do Mapa Hidrogeológico que possui um caráter integrador e mais genérico dos principais aquíferos do Estado, há diversos estudos de abrangência local e/ou sub-regional que mostram a presença de alta quantidade de flúor nas águas subterrâneas na maior parte do estado. Neste sentido, além dos aquíferos já mencionados, Nanni (2008) encontrou excesso de flúor em poços da porção meridional do Aquífero Serra Geral, na porção Norte e Noroeste do Estado, onde ocorrem misturas das águas deste aquífero com as do Sistema Aquífero Guaraní. Por outro lado, Goffermann *et al.* (2015) identificaram teores de flúor acima do VMP em águas subterrâneas da região de São Gabriel, associadas aos aquíferos Rio Bonito e Guaraní.

4. CONCLUSÕES

Diante dos estudos apresentados, conclui-se que a ocorrência de flúoreto nas águas subterrâneas do Rio Grande do Sul em concentrações acima do VMP não é exclusiva de uma região específica, uma vez que esse problema está vinculado à maior parte dos aquíferos do Estado. Apesar desse assunto carecer de estudos mais aprofundado, que compile mais dados e

estudos produzidos por universidades, órgãos e entidades públicas, este trabalho demonstrou que, assim como para com outros parâmetros potencialmente contaminantes de águas subterrâneas, a quantidade de fluoreto precisa ser constantemente monitorada em todos os poços perfurados, para atestar a potabilidade das águas de consumo da população e evitar a exposição aos riscos da ingestão excessiva de flúor. Desta forma, uma política pública de tratamento de águas subterrâneas com esse tipo de problema deveria abranger todo o Estado, com destaque para a Região dos Vales (*i.e.* Vale do Jacuí, Vale do Rio do Pardo, Vale do Taquari e Vale do Caí), que poderia servir de piloto para as demais locais, uma vez que há um grande número de municípios afetados por esse problema nessa região (e.g. Marimon, 2006), acarretando a impossibilidade de utilização do recurso hídrico, essencial principalmente para os momentos de estiagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Poços e Redes e à Secretaria de Obras e Habitação do Estado do Rio Grande do Sul, ao Instituto de Geociências e ao PPGGeo da UFRGS pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

ANDREAZZINI, M.J. et al. (2005). “*Geoquímica do Flúor em Águas e Sedimentos Fluviais da Região de Cerro Azul, Estado do Paraná: Definição de Áreas de Risco para Consumo Humano*”. Geologia Médica, Caderno nº18, São Paulo.

CPRM (2005a). “*Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul (Escala 1: 750.000)*”.

CPRM (2005b). “*Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul (Escala 1: 750.000) – Relatório Final.*”

COSTA, A.B et al. (2013). “*Desfluoretação de águas subterrâneas utilizando filtros de carvão ativado de osso*”. Águas Subterrâneas, v. 27, n. 3.

FRAGA, C.G. (1992). “*Origem do Fluoreto em Águas Subterrâneas dos Sistemas Aqüíferos Botucatu e Serra Geral da Bacia do Paraná*”. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, 178p.

FRANK, H.T. et al. (2007). “*Contaminação de Flúor dos Aqüíferos da Bacia do Paraná derivada da desgaseificação de intrusivas da Formação Serra Geral: Nova Hipótese*”. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS E I SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGIA DA REGIÃO SUL-SUDESTE, CD-ROM, GRAMADO. abas/RS. São Paulo : Abas, 2007.

GOFFERMANN, M. et al. (2015). “*Caracterização hidrogeológica e hidroquímica das águas subterrâneas da região de São Gabriel, RS*”. Pesquisas em Geociências, 42(3), p. 239-261.

MACHADO, J.L.F. (2008). “*Mitos e Verdades do Aqüífero Guarani*”. Revista do Conselho de Engenharia e Arquitetura do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. Entrevista I, nº 10, p. 11-13.

MACHADO, J.L.F. (2005). “*Compartimentação Espacial e arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aqüífero Guarani no Rio Grande do Sul*”. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 237p.

- MARIMON, M.P.C.O. (2006). "*Flúor na Águas Subterrâneas da Formação Santa Maria, na Região de Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, RS, Brasil*". Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 314p.
- MIRLEAN, N. et al. (2002). "*Propagação da poluição atmosférica por flúor nas águas subterrâneas e solos de regiões próximas às indústrias de fertilizantes (Rio Grande, RS)*". Química Nova, v. 25, n. 2, p. 191-195.
- NANNI, A.S. (2008). "*O flúor em águas o Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico*". Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 127p.
- NETTO, J.P.G.M. et al. (2016). "*Gênese, ocorrência e tecnologias de tratamento para o excesso de flúor na água subterrânea, com ênfase a região metropolitana de São Paulo*". Águas Subterrâneas.