

# HIDROQUÍMICA DA BACIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA: IMPACTOS DA ACIDIFICAÇÃO DA ÁGUA NOS RIOS DA REGIÃO

*Albert Teixeira Cardoso<sup>1</sup>; Fernando Mainardi Fan<sup>2</sup> & Melissa Franzen<sup>3</sup>*

**Palavras-Chave** – Drenagem Ácida de Mina, Monitoramento de recursos hídricos, Impacto ambiental.

## INTRODUÇÃO

As atividades de mineração de carvão, embora economicamente relevantes, possuem impactos ambientais significativos, como a geração de Drenagem Ácida de Mina (DAM), que afeta consideravelmente os recursos hídricos (GRAY, 1998; JOHNSON; HALLBERG, 2005; YANG et al., 2006). Em Santa Catarina, a mineração de carvão de baixa qualidade, rico em pirita, potencializa esses efeitos (KALKREUTH et al., 2006; SILVA et al., 2009). Este estudo pretende explorar os processos hidrogeoquímicos e o impacto da DAM nos recursos hídricos da região, confrontando os resultados com limites estabelecidos em lei e com os padrões regionais.

## METODOLOGIA

A área de estudo, no sul de Santa Catarina, abrange três bacias hidrográficas: Rio Araranguá - BHRA (3.025 km<sup>2</sup>), Rio Tubarão - BHRT (5.960 km<sup>2</sup>) e Rio Urussanga - BHRU (709 km<sup>2</sup>), todas impactadas pela DAM. A região tem clima subtropical úmido, com temperatura média anual de 16-20°C e precipitação média anual de cerca de 1.630mm (GOTARDO et al. 2018).

O estudo utilizou uma metodologia baseada na coleta, organização e avaliação de dados coletados durante três anos pelo Serviço Geológico Brasileiro (SGB/CPRM) para analisar o impacto da DAM. Foram coletadas e analisadas 652 amostras de água superficial, seguindo os procedimentos padrão do SGB/CPRM, com foco na região sedimentar impactada pela DAM (Cardoso et al., 2022). O estudo classificou os locais de amostragem em baixo impacto e aqueles afetados pela DAM, utilizando *software* GIS para selecionar os locais. As amostras foram categorizadas e submetidas a análises estatísticas, comparando os resultados com normas regulatórias e estudos anteriores (Decreto No. 888/2021 do MS, Resolução No. 357/2005 do CONAMA e Cardoso et al., 2022). Correlações entre parâmetros foram realizadas através da matriz de correlação de *Spearman*.

## RESULTADOS

Foram coletadas 585 amostras em locais impactados por DAM, distribuídas entre as bacias hidrográficas BHRA, BHRT e BHRU. As variáveis físico-químicas analisadas revelaram que muitas amostras excederam os limites de *background* geoquímico estabelecidos para a região. Valores críticos foram observados para pH, acidez, sulfato e ferro, indicativos diretos da oxidação da pirita.

Especificamente, o pH variou de 2,0 a 8,1, sendo caracterizado principalmente por registros ácidos, e somente 24% das amostras se encontraram dentro do intervalo permitido pela legislação. Mn e Al, elementos também associados a DAM, excederam o limite máximo permitido em 91% (CONAMA) e 97% (Decreto MS) das amostras, respectivamente, indicando um possível impacto negativo no ecossistema aquático e na qualidade da água para consumo humano ou uso agrícola.

As amostras coletadas revelaram altas concentrações de condutividade elétrica, bem como de Na, Mg, Ca e K, sugerindo a dissolução de minerais na presença de DAM, principalmente de aluminossilicatos e carbonatos.

Apesar da presença de elementos tóxicos como Cu, Cd, Pb, As e Hg, a maioria das amostras encontrava-se dentro dos padrões estabelecidos para estes elementos. Um dos fatores que pode

contribuir para as baixas concentrações encontradas nesses elementos é o alto teor de quartzo encontrado no carvão da região, normalmente associada à baixa disponibilidade desses tipos de metais pesados (SILVA et al., 2011). No entanto, as concentrações de Zn foram encontradas acima dos limites permitidos na maioria das amostras, provavelmente devido a minerais tais como o sulfeto de Zn, que é solúvel em água mesmo em uma ampla faixa de pH. A análise de correlação de *Spearman* evidenciou uma forte correlação negativa entre pH e  $E_H$ , confirmando a influência das condições ácidas na dissolução e mobilização de metais na água.

## CONCLUSÕES

Este estudo avaliou os parâmetros físico-químicos de amostras de água de rios na bacia carbonífera de Santa Catarina, impactada pela mineração de carvão. Os dados revelaram que a DAM altera de forma significativa as águas da região, evidenciado por altas concentrações de acidez, sulfato e metais, como Fe, Mn e Al. As medições de pH indicaram que a maioria das amostras é ácida, com somente 24% e 34% respectivamente, dentro dos limites do Ministério da Saúde e do *background* geoquímico. Essa acidez promove a dissolução e mobilização dos metais, marcadores principais da DAM. A análise de correlações entre os parâmetros físico-químicos reforçou a DAM como principal agente de degradação da qualidade da água. A dissolução de carbonatos e aluminossilicatos intensifica as concentrações de cátions primários. Apesar de a maioria das amostras apresentar valores dentro do padrão para metais tóxicos, como Cu, Cd, Pb, As e Hg, foi registrada uma alta concentração de Zn. As significativas mudanças na hidroquímica da água prejudicam os ecossistemas aquáticos e a adequabilidade da água para consumo humano e atividades agrícolas. Os resultados enfatizam a necessidade de monitoramento e avaliação contínua da qualidade da água, proporcionando uma compreensão mais profunda do alcance e gravidade da DAM na região.

## REFERÊNCIAS

- CARDOSO, A. T. et al. *Surface water resources of Santa Catarina state's southern region – geochemical background of the coal mining territory*. RBRH, v. 27, 2022.
- GOTARDO, R. et al. *Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina*. Geosul, v. 33, n. 67, p. 253–276, 22 maio 2018.
- GRAY, N. F. *Practical assessment techniques for the impact of acid mine drainage on riverine systems*. Indian Journal of Engineering and Materials Sciences, v. 5, n. 4, p. 147–161, 1998.
- JOHNSON, D. B.; HALLBERG, K. B. *Acid mine drainage remediation options: A review*. Science of the Total Environment, v. 338, n. 1- 2 SPEC. ISS., p. 3–14, 2005.
- KALKREUTH, W. et al. *Petrology and chemistry of Permian coals from the Paraná Basin: 1. Santa Terezinha, Leão-Butiá and Candiota Coalfields, Rio Grande do Sul, Brazil*. International Journal of Coal Geology, v. 68, n. 1- 2 SPEC. ISS., p. 79–116, 1 ago. 2006.
- SILVA, L. F. O. et al. *Characterization of Santa Catarina (Brazil) coal with respect to human health and environmental concerns*. Environmental Geochemistry and Health, v. 31, n. 4, p. 475–485, 2009.
- SILVA, L. F. O.; WOLLENSCHLAGER, M.; OLIVEIRA, M. L. S. *A preliminary study of coal mining drainage and environmental health in the Santa Catarina region, Brazil*. Environmental Geochemistry and Health, v. 33, n. 1, p. 55–65, fev. 2011.
- YANG, J. E. et al. *Reclamation of abandoned coal mine waste in Korea using lime cake by-products*. Mine Water and the Environment, v. 25, n. 4, p. 227–232, 2006.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM pelo apoio para realização e divulgação desta pesquisa.