



## CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DO SETOR SUL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI: PERSPECTIVAS SOBRE DINÂMICA DE FLUXO E PROCESSOS DE MISTURA.

Isadora Aumond Kuhn<sup>1,2</sup>, Pedro Antônio Roehé Reginato<sup>2</sup>, Lucia Ortega<sup>3</sup>, Roberto Kirchheim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Serviço Geológico do Brasil – Rua Banco da Província, 105. Porto Alegre (RS) isadora.kuhn@sgb.gov.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Rua Bento Gonçalves, 1000. Porto Alegre (RS)  
pedro.reginato@ufrgs.br

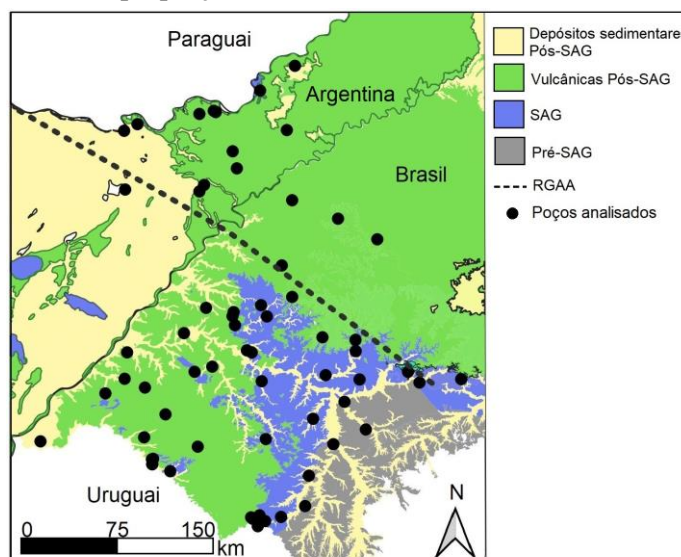
<sup>3</sup> Agencia Internacional de Energia Atômica. Viena International Centre. Viena (Áustria) L.ortega@iaea.org

**Palavras-Chave:** Sistema Aquífero Guarani; isótopos estáveis; *End Member Mixing Analysis*

### INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) se estende por quatro países: Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Sua arquitetura é influenciada pelo arcabouço geológico da bacia sedimentar, que segmenta o aquífero em quatro compartimentos. Os modelos conceituais vigentes consideram um fluxo regional N-S (Vives *et al.*, 2020; Gonçalves *et al.* 2020), transpassando as estruturas geológicas. O presente estudo visa caracterizar geoquímica e isotopicamente o SAG no Brasil e Argentina, buscando uma melhor compreensão sobre os processos que ocorrem ao longo das linhas de fluxo e descontinuidades geológicas.

Na área de estudo, o Arco de Rio Grande-Assunción (RGAA) divide os compartimentos Leste e Sul. As áreas de afloramento são restritas à borda leste da bacia e pequenas janelas de através da camada vulcânica confinante, cujas espessuras variam de dezenas a centenas de metros, aumentando de leste para oeste (Fig. 1). Dados químicos e isotópicos de 78 poços - 45 deste estudo e 33 de estudos anteriores (LEBAC, 2008; Ortega *et al.* 2022) - foram analisados através de diagramas tradicionais (Piper e gráfico de isótopos estáveis) para identificação de fácies e *end-members*. Análise de componentes principais foi realizada com 12 variáveis, incluindo  $\delta^{18}\text{O}$ , a fim de subsidiar a execução do modelo *End Member Mixing Analysis* (EMMA), que identificou as proporções de misturas.



**Figura 1:** Mapa geológico simplificado da área de estudo e localização dos poços que foram analisados no estudo.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

A classificação química das águas mostra que Bicarbonatadas são os tipos mais comuns, com termos mistos-cálcicos ocorrendo em 67% das amostras. Bicarbonatadas sódicas representam 18% e Bicarbonatadas cloretadas e Sulfatadas ocorrem em menor expressão (10% e 5%). A análise do perfil e

localização dos poços possibilitou a identificação de 4 *end-members*, representados por águas Bicarbonatadas cálcicas (Ca>Mg>Na), Bicarbonatadas sódicas, Bicarbonatadas cloretadas e Sulfatadas.

A análise de componentes principais identificou quatro Fatores Principais (FP) que explicam 85% da variância total (Fig. 2). A importância de cada variável para os FPs possibilitou a validação dos *end-members* previamente identificados, explicando a variabilidade hidroquímica do sistema. FP1 que representa as águas subterrâneas mais salinas, tem assinatura geoquímica de águas subterrâneas evoluídas e enriquecidas em SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Este *end-member* é representado por um poço profundo (1050 m) que ultrapassa as litologias que compõem o SAG, contribuindo para o enriquecimento de sulfato. É interpretado como uma mistura de águas SAG de longa residência e águas dos aquíferos Pré-SAG. FP3 representa a água típica do SAG, com alcalinidade elevada e com evolução geoquímica em direção à fácies de Na-HCO<sub>3</sub>. Assinaturas de δ<sup>18</sup>O são relativamente empobrecidas. FP2 e FP4 estão associados a águas muito pouco mineralizadas, com contribuição química de recarga recente nas áreas de afloramento e da formação Pós-SAG, cuja assinatura química vulcânica é marcada pelo *loading* de Ca-Mg em FP2.

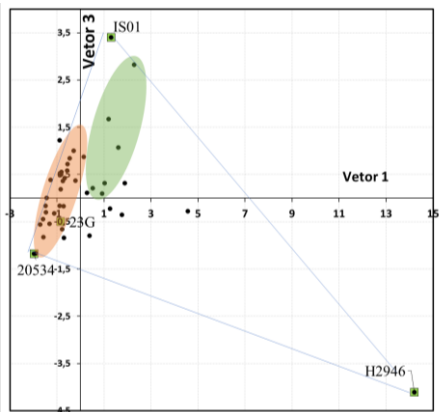


Figura 2: Diagrama mostrando os *end-members* e os grupos de mistura identificados.

## CONCLUSÕES

O trabalho possibilitou a comprovação dos modelos de mistura vertical e sua quantificação, com interações complexas entre as águas do SAG com águas de recarga recente através das áreas de afloramento e da camada de basalto confinante e com os aquíferos sotopostos. As proporções de misturas são dependentes da posição topográfica estrutural, existência de estruturas geológicas e condições de confinamento. Os resultados de Ortega *et al.* (2022), na Argentina, apresentaram assinaturas isotópicas similares, mas fácies de água mais evoluídas. Os resultados corroboram o modelo de fluxo de leste a oeste, a partir da área de afloramento no Brasil em direção à Argentina, reforçando a importância desta região para a recarga do SAG e a alimentação das áreas alagadiças no lado argentino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gonçalves R; Teramoto E; Chang HK. Regional Groundwater Modelling of the Guarani Aquifer System. Water, v. 12, 2323. 2020.
- LEBAC Informe Final de Hidrogeologia do Projeto Aquífero Guarani. Consórcio Guarani. 172p. 2008.
- Ortega L; Miller J; Araguás-Araguás L; Zabala M.E; Vives L; Mira A; Rodrigues L; Heredia J; Armengal S;Manzano M. Unravelling groundwater and surface water sources in the Esteros del Iberá Wetland Area: An isotopic approach. Sc. Tot Env. 846, 157475. 2022.
- Vives L; Rodrigues L; Manzano M; Mira A; Araguás-Araguás L; Ortega L; Heredia J; Matsumoto T. Using Isotope Data to Characterize and date groundwater in the southern sector of Guarani Aquifer System. Iso Env Health Studies. V 56, n 5-6, p 533-550. 2020.