Gestão:

Reunião de Acompanhamento e Avaliação - RAA 2026

AVALIAÇÃO DE ROCHAS GERADORAS DE HIDRO-CARBONETOS: UMA ANÁLISE INTEGRADA DE XRF, RAIOS GAMA E ESTATÍSTICA MULTIVARIADA DA FORMAÇÃO IRATI, BACIA DO PARANÁ

Roveratti, G. [1]; Bonotto, D. M. [2]; .[1]Bolsista do PRH 40/UNESP, curso de Geociências e Meio Ambiente, Rio Claro – SP. E-mail: daniel.bonotto@unesp.br[2] Docente do curso de Geologia da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP. E-mail: daniel.bonotto@unesp.br

MOTIVAÇÃO: A Formação Irati, na Bacia Sedimentar do Paraná, constitui um importante intervalo Permiano rico em matéria orgânica e de interesse para a avaliação de sistemas petrolíferos. Sua heterogeneidade litológica e geoquímica, marcada pela alternância de folhelhos, margas e carbonatos, dificulta a caracterização integrada dos controles composicionais e dos intervalos de maior interesse para avaliação de rochas geradoras. Nesse contexto, a integração de fluorescência de raios X (XRF), espectrometria de raios gama e estatística multivariada permite investigar padrões geoquímicos e radiométricos de forma objetiva e reprodutível.

OBJETIVO: Caracterizar a heterogeneidade geoquímica e radiométrica da Formação Irati por meio da integração de dados de XRF e espectrometria de raios gama com técnicas estatísticas multivariadas e programação em Python, visando identificar associações geoquímicas, quimiofácies e parâmetros relevantes para a avaliação do potencial de rochas geradoras.

METODOLOGIA: Amostragem: 162 amostras da Formação Irati, coletadas nas seções do afloramento Monte Olimpo/Pam 19, Saltinho–SP.
Caracterização geoquímica: fluorescência de raios X (XRF) para determinação de elementos/óxidos maiores e traços.

Caracterização radiométrica: espectrometria de raios gama para determinação de K, eU e eTh.

Análise estatística: análise de componentes principais (PCA) e análise hierárquica de agrupamentos (HCA). Processamento: IBM SPSS e Python, com aplicação de um fluxo de trabalho computacional reprodutível.

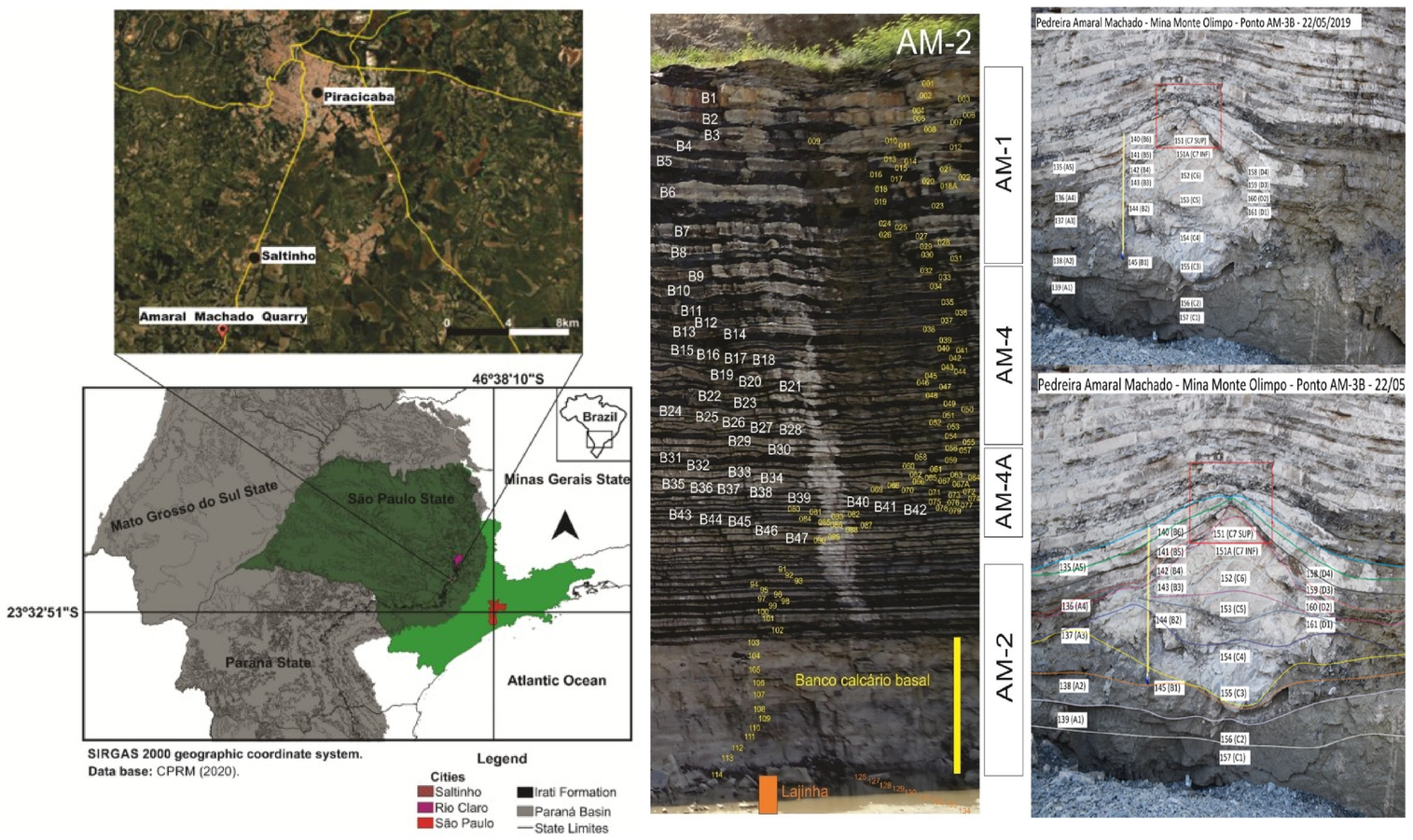


Figura 1 - Localização da área de estudo em Saltinho (SP), destaque para o afloramento e frentes de amostragem.

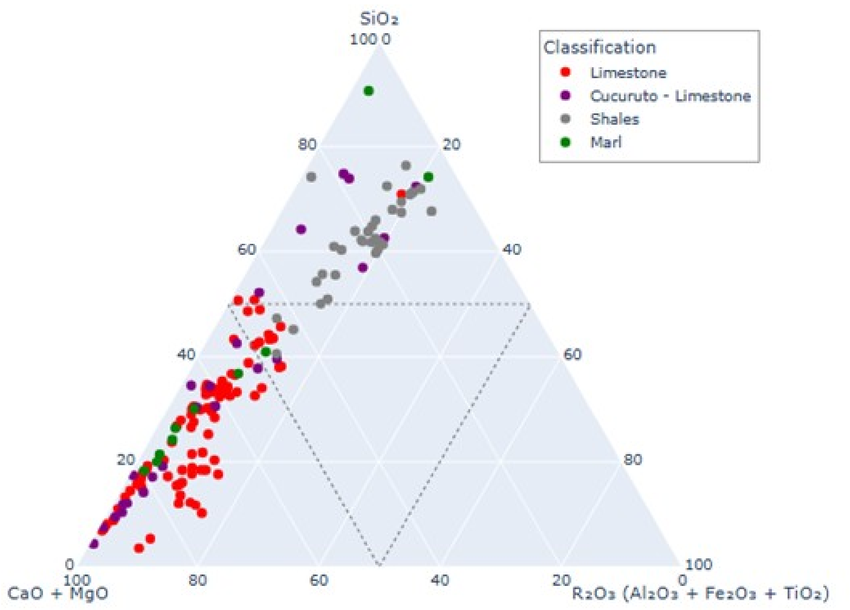
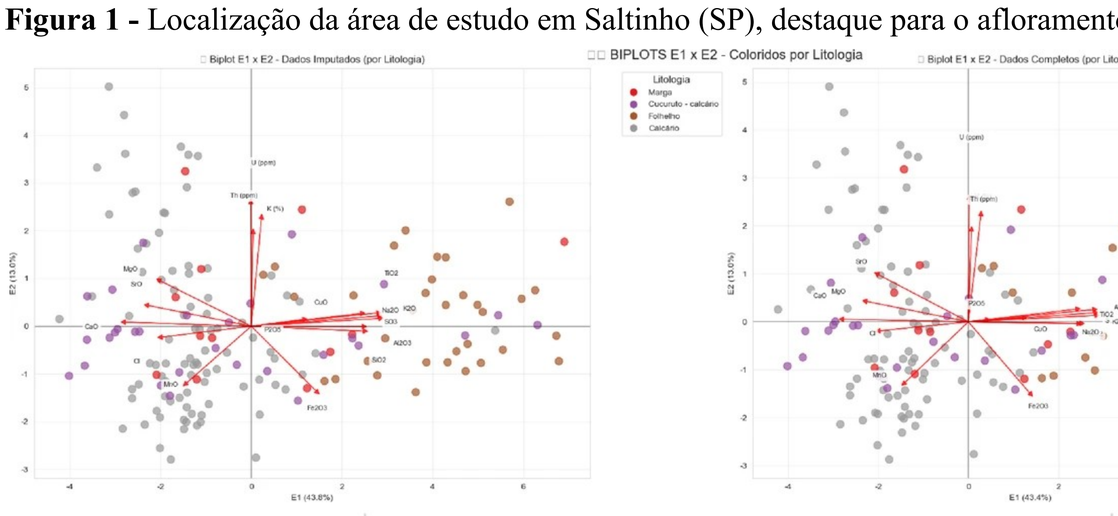


Figura 2 - Diagrama ternário SiO_2–CaO+MgO–R_2O_3, evidenciando a diferenciação composicional entre os componentes siliciclástico e carbonático da Formação Irati.



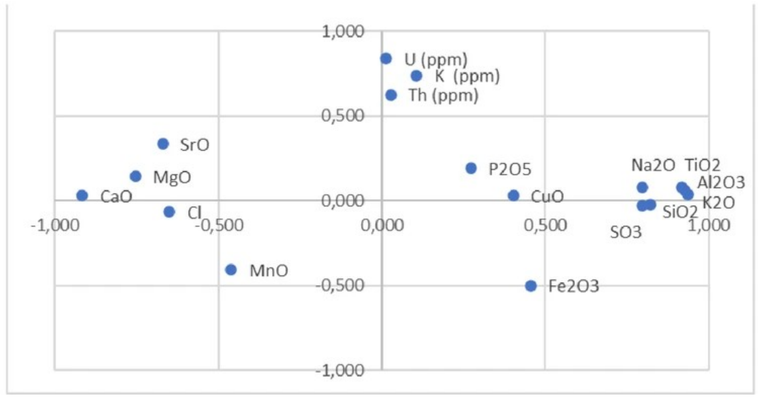
PRINCIPAIS RESULTADOS: 162 amostras analisadas; 72,1% da variância explicada por 4 componentes; 43,9% — PC1: gradiente terrígeno–carbonático; 13,2% — PC2: associação U–Th–K; 2 quimiofácies carbonáticas identificadas

APLICAÇÃO NO SETOR DE PETRÓLEO E ENERGIA: A integração entre XRF, espectrometria de raios gama e estatística multivariada fornece uma abordagem quantitativa para caracterizar a heterogeneidade de sucessões carbonato–folhelho e reconhecer intervalos com diferentes assinaturas geoquímicas e radiométricas.

A identificação de quimiofácies, associações U–Th–K e variações na composição carbonática/siliciclástica pode contribuir para a caracterização de rochas geradoras e para a redução de incertezas na interpretação de sistemas petrolíferos.

O uso de Python amplia a reprodutibilidade do processamento e permite a aplicação do fluxo de trabalho a conjuntos de dados de maior dimensão.

Figura 3 - Análise de Componentes Principais (PCA) aplicada aos dados geoquímicos, evidenciando a separação das principais associações composicionais da Formação Irati.



RESULTADOS:

1. Gradiente carbonático–siliciclástico: O diagrama ternário evidencia a diferenciação composicional entre as frações siliciclástica e carbonática. Amostras carbonáticas concentram-se na região enriquecida em CaO+MgO, enquanto as demais apresentam maior contribuição de SiO_2 e R_2O_3.

2. Associações geoquímicas: A PCA identificou quatro componentes, responsáveis por 72,1% da variância total. A PC1 (43,9%) representa o principal gradiente terrígeno–carbonático, enquanto a PC2 (13,2%) é dominada pela associação U–Th–K.

3. Quimiofácies: A análise de agrupamentos corroborou as associações identificadas pela PCA e permitiu individualizar duas zonas carbonáticas. A Zona A (7,4–11,6 m) apresenta assinatura predominantemente carbonática, enquanto a Zona B (18,5–19,2 m) apresenta, adicionalmente, maiores valores de radioelementos e SrO.

4. Assinatura radiométrica: Os folhelhos apresentam, em geral, maiores concentrações de U, Th e K em comparação aos calcários, evidenciando o controle litológico sobre a distribuição dos radioelementos e contribuindo para a identificação de intervalos geoquimicamente distintos.

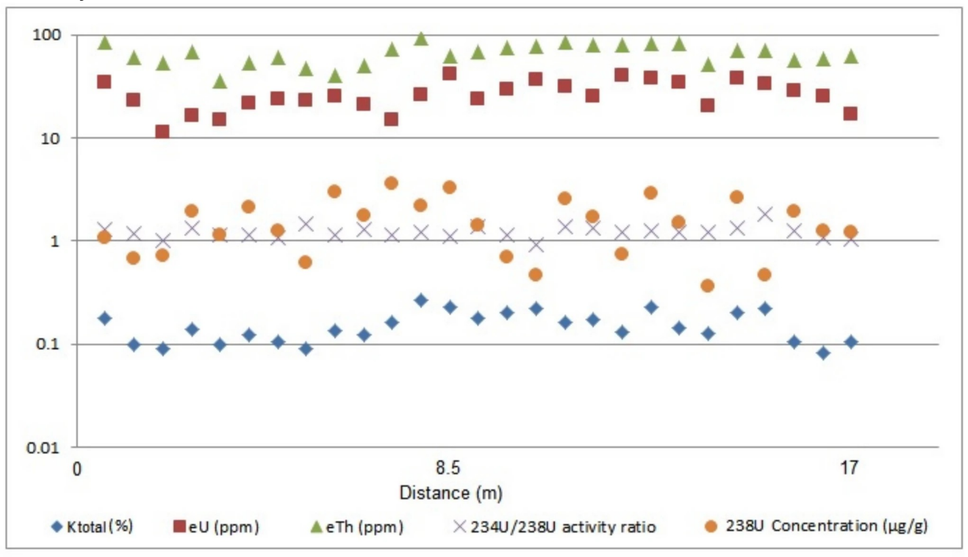


Figura 4 - Distribuição de K-total, eU e eTh e parâmetros de U ao longo do perfil Pam 19, evidenciando a variação das assinaturas radiométricas com a litologia.

CONCLUSÕES: A integração de XRF, espectrometria de raios gama e estatística multivariada permitiu discriminar os principais controles geoquímicos da Formação Irati.

- A PCA identificou um gradiente terrígeno–carbonático (PC1) e uma associação independente de U–Th–K (PC2), enquanto a HCA corroborou essas associações e individualizou quimiofácies carbonáticas.
- A abordagem integrada fornece uma ferramenta objetiva, reprodutível e aplicável à caracterização da heterogeneidade de rochas sedimentares de interesse petrolífero, contribuindo para a avaliação de intervalos de maior interesse para estudos de rochas geradoras.