

NÚMERO 30

Brasília, maio de 2026

ISSN: 2448-2242

DOI: <http://doi.org/10.29396/itcprm.2026.30>

OCORRÊNCIAS DE ELEMENTOS TERRAS RARAS EM REGOLITOS ASSOCIADOS A GRANITOS TIPO A DA FAIXA RIBEIRA, SUDESTE DO BRASIL

AUTORES

Guilherme Iolino Troncon Guerra (guilherme.guerra@sgb.gov.br)Lucy Takehara Chemale (lucy.chemale@sgb.gov.br)Roberto Loreti Júnior (roberto.loreti@sgb.gov.br)Viviane Carillo Ferrari (viviane.ferrari@sgb.gov.br)Cassiano Costa e Castro (cassiano.castro@sgb.gov.br)Victoria Frazão Siqueira (victoria.siqueira@sgb.gov.br)

Serviço Geológico do Brasil - SGB

ABSTRACT

The Ribeira Belt, southeastern Brazil, comprises a favorable geological setting for rare earth element (REE) mineralization associated with evolved granitic and alkaline-carbonatitic rocks. Fieldwork carried out by the Geological Survey of Brazil (SGB) identified occurrences of REE enrichment in regolith profiles developed over A-type granites and carbonatites. Regional geological and geochemical data were integrated with field sampling of rock, saprolite and soil materials. REE analyses were performed by ICP-MS after lithium metaborate fusion. Among the investigated targets, the Mandira and São Francisco granites showed the most significant enrichments. The Mandira Granite reached 9469.7 ppm TREO in a kaolinite-rich vein hosted in granitic saprolite, while the São Francisco Granite displayed progressive enrichment from saprock to residual soil horizons. The results indicate that evolved granites of the Ribeira Belt represent favorable source rocks for regolith-hosted REE enrichment, reinforcing the exploration potential of the region for supergene REE systems.

Keywords: Rare Earth Elements; Ribeira Belt; Regolith-hosted REE; A-type granite; Supergene enrichment.



[Esta obra está sob a Licença Creative Commons. Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. INTRODUÇÃO

A região da Faixa Ribeira apresenta contexto geológico favorável para mineralizações de elementos terras raras (ETR) associadas a rochas graníticas e complexos alcalino-carbonatíticos, cujos perfis de intemperismo podem concentrar ETR. Além disso, essas litologias podem hospedar outros minerais estratégicos, como fosfato, estanho, nióbio, tântalo e ouro. Dados geoquímicos de solo e sedimento de corrente indicam anomalias de ETR, Ba, P e Nb em diversos corpos carbonatíticos da região (Brumatti *et al.*, 2015).

Os trabalhos de campo do Projeto Terras Raras – Subárea no Cinturão Ribeira e Brasília Meridional, inserido no Programa Mineração Segura e Sustentável, resultaram na identificação de ocorrências de ETR em perfis regolíticos associados a granitos e carbonatitos da Faixa Ribeira.

Na primeira etapa de campo foram amostrados diversos corpos graníticos e alcalino-carbonatíticos dos estados de São Paulo e Paraná, incluindo os granitos Mandira, São Francisco, Capão Bonito, Papanduva, Quiriri e os complexos de Juquiá e Jacupiranga, localizados na porção leste dos dois estados, entre os municípios de Itu (SP) e Tijucas do Sul (PR). A Figura 1 apresenta a localização dos principais alvos e os maiores teores de óxidos totais de terras raras (TREO – *Total Rare Earth Oxides*) observados.

O presente estudo integra a etapa inicial de desenvolvimento de um modelo prospectivo para ETR e outros bens minerais na região, por meio da integração de dados geológicos, geoquímicos e amostragens de campo.

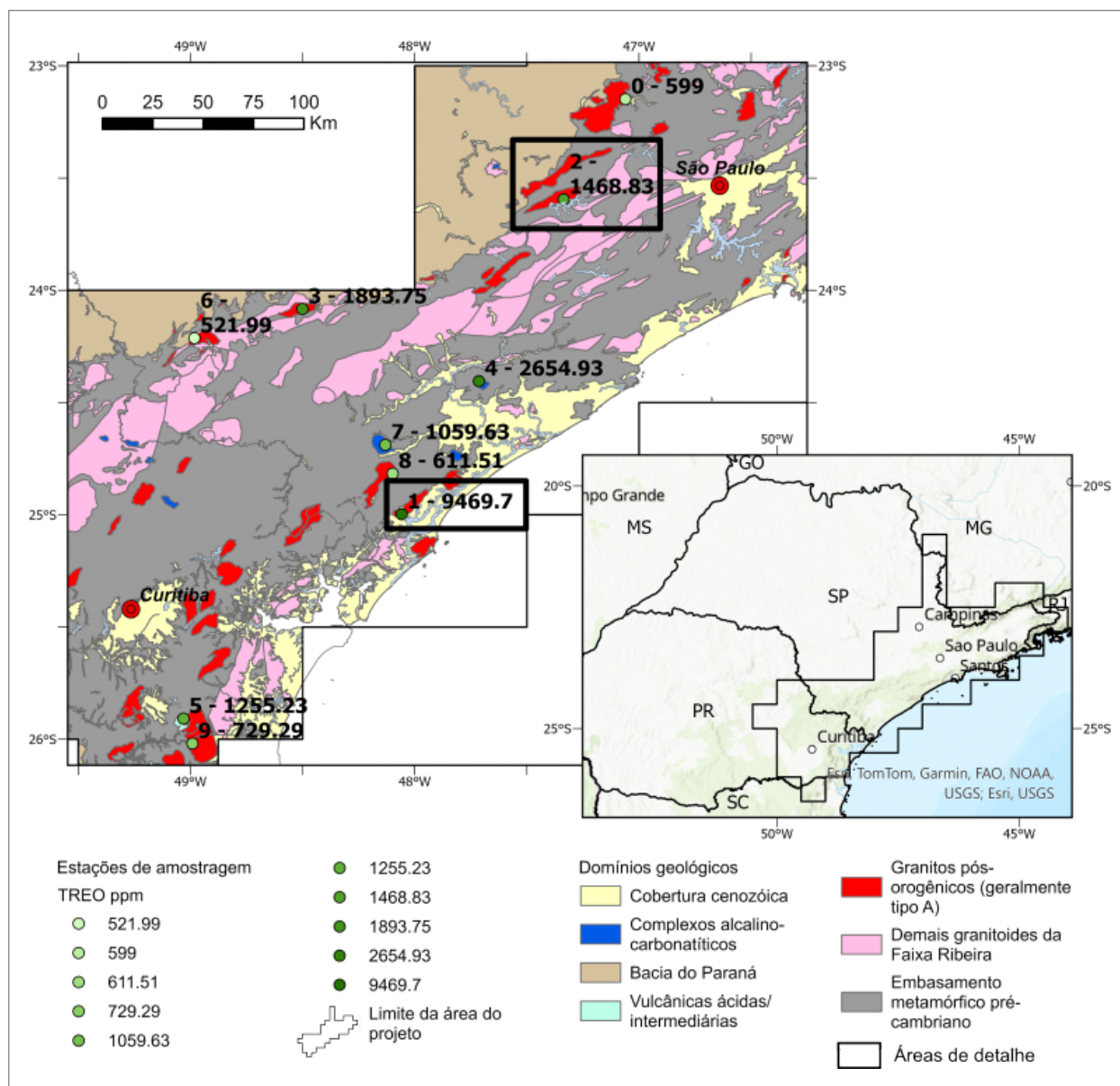


Figura 1. Mapa dos domínios geológicos da área de estudo com localização das estações de amostragem e os maiores teores observados nos perfis regolíticos. Os números indicam a identificação da amostra (FID) e o teor de óxidos totais de terras-raras, em ppm (TREO ppm). Os retângulos indicam os alvos detalhados neste informe. Fonte: Elaborado pelos autores.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

A Faixa Ribeira, localizada no sudeste do Brasil (Figura 1), integra o cinturão orogênico neoproterozoico desenvolvido durante o ciclo Brasileiro-Pan-Africano (700–500 Ma), relacionado à convergência e colisão de placas tectônicas no Gondwana Ocidental (Almeida; Hasui, 1984; Campos Neto, 2000).

A faixa é composta por terrenos policíclicos arqueanos a neoproterozoicos, incluindo rochas de embasamento cristalino, sequências metassedimentares e diversos corpos graníticos associados a magmatismo tardi a pós-orogênico (Heilbron *et al.*, 2000). Associados a este contexto ocorrem também complexos alcalino-carbonatíticos intraplaca, relacionados a eventos extensionais do Neoproterozoico tardio ao Paleozoico inicial.

Os complexos alcalino-carbonatíticos apresentam litologias como sienitos, nefelina sienitos, carbonatitos e lamprófiros, frequentemente enriquecidos em fósforo, nióbio, terras raras e outros elementos incompatíveis (Comin-Chiaromonte; Gomes, 2005). Destacam-se na área os complexos de Juquiá e Jacupiranga, no estado de São Paulo.

A Figura 1 apresenta a localização das principais amostras coletadas em campo e os maiores teores de TREO observados nos perfis regolíticos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisados mapas geológicos estaduais publicados pelo SGB, incluindo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (Perrotta *et al.*, 2006) e o Mapa Geológico do Estado do Paraná (Besser; Brumatti; Spisila, 2021), com foco na individualização de granitos tardi/pós-orogênicos e corpos alcalino-carbonatíticos considerados favoráveis para ETR.

Os trabalhos de campo envolveram coleta de amostras de rocha, saprólito e solo. As análises químicas de ETR foram realizadas no laboratório SGS Geosol pelo método IMS95A (fusão com metaborato de lítio e leitura por ICP-MS).

4. POTENCIAL METALOGENÉTICO DOS GRANITOS MANDIRA E SÃO FRANCISCO

Dentre os corpos amostrados, os granitos Mandira e São Francisco destacaram-se pelos enriquecimentos observados nos perfis regolíticos. Segundo Silva e Presinotti (1991), ambos correspondem a granitos tardi a pós-tectônicos evoluídos, associados a processos hidrotermais de greisenização e enriquecimento em elementos incompatíveis como Sn, W, F, Nb e ETR.

O Granito Mandira corresponde a um maciço granítico peralcalino diferenciado, associado a anfibólitos sódicos como riebeckita e ferro-hastingsita (Oliveira, 1989).

O corpo apresenta forte evolução magmática e hidrotermal, com registros de greisenização, albitização e feldspatização potássica, além da ocorrência de minerais portadores de ETR enriquecidos em La, Ce, Y, Nb e Th.

O Granito São Francisco está associado à Província Rapakivi Itu e é constituído predominantemente por sienogranitos e monzogranitos, localmente com textura rapakivi. O corpo apresenta alto grau de diferenciação magmática, com teores elevados de SiO₂ e K₂O, além da presença de allanita e titanita como minerais acessórios. Processos hidrotermais associados à greisenização e mineralizações de Sn e W também são descritos para o granito (Faria Júnior; Luvizotto; Rosolen, 2021).

5. DESCRIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS IDENTIFICADAS

Dentre os alvos investigados, os granitos Mandira e São Francisco foram selecionados para detalhamento devido aos teores obtidos, fertilidade geoquímica e desenvolvimento dos perfis regolíticos.

5.1. Granito Mandira

O afloramento GIT-0023 apresentou o maior teor de TREO do estudo, atingindo 9469,7 ppm em um veio essencialmente caulínítico (Figura 2) com até 10 cm de espessura. O saprólito granítico encaixante apresentou teores de 2340 ppm (GIT-0023-A) e 1524 ppm TREO (GIT-0023-B) (Figura 4).

5.2. Granito São Francisco

O Granito São Francisco apresentou enriquecimento progressivo ao longo do perfil regolítico. No ponto GIT-0005, o saprock apresentou 833 ppm (Figura 3). Já no afloramento GIT-0009 (Figura 5) foram obtidos 994,3 ppm no saprólito e 1468,8 ppm no solo residual. O horizonte superficial, interpretado como material parcialmente transportado, apresentou 934,8 ppm TREO.

Os diagramas de ETR dos dois granitos, normalizados pelo condrito (Boynton, 1984), indicam enriquecimento preferencial em ETR leves (LREE) e anomalias positivas de Ce mais pronunciadas nas amostras superficiais (Figuras 6 e 7).

6. DISCUSSÃO

Os resultados indicam que granitos evoluídos da Faixa Ribeira apresentam características favoráveis ao enriquecimento de ETR em perfis regolíticos. Os granitos Mandira e São Francisco destacam-se pela associação entre litologias diferenciadas, anomalias geoquímicas e perfis de alteração bem desenvolvidos.

Granitos do tipo A e granitos tardi a pós-orogênicos são reconhecidos pelo enriquecimento em elementos incompatíveis como F, Nb, Y, Sn e ETR, associados a processos avançados de diferenciação magmática e alteração hidrotermal. No Granito Mandira, os elevados teores observados no saprólito e no material caulínítico sugerem forte fertilidade geoquímica da rocha parental e possível concentração supergênica associada ao intemperismo.

No Granito São Francisco, os teores crescentes da rocha alterada para o solo residual sugerem mobilização e retenção de ETR durante a evolução do perfil regolítico. Os dados obtidos apresentam afinidade com modelos de enriquecimento supergênico descritos em granitos evoluídos de regiões tropicais e subtropicais (Tabelas 1 e 2).

7. COMENTÁRIOS FINAIS

Os resultados preliminares obtidos na Faixa Ribeira indicam potencial prospectivo para ETR hospedados em regolitos associados a granitos especializados. Apesar do caráter inicial do estudo, as ocorrências identificadas demonstram a necessidade de continuidade das investigações geoquímicas, mineralógicas e de extração iônica nos principais alvos da região.

As próximas etapas do Projeto Terras Raras – Subárea no Cinturão Ribeira e Brasília Meridional incluirão novos levantamentos de campo, aquisição de dados geoquímicos e mineralógicos, elaboração de mapas prospectivos e publicação de novos informes técnicos e artigos científicos voltados à avaliação do potencial regional para ETR na região.

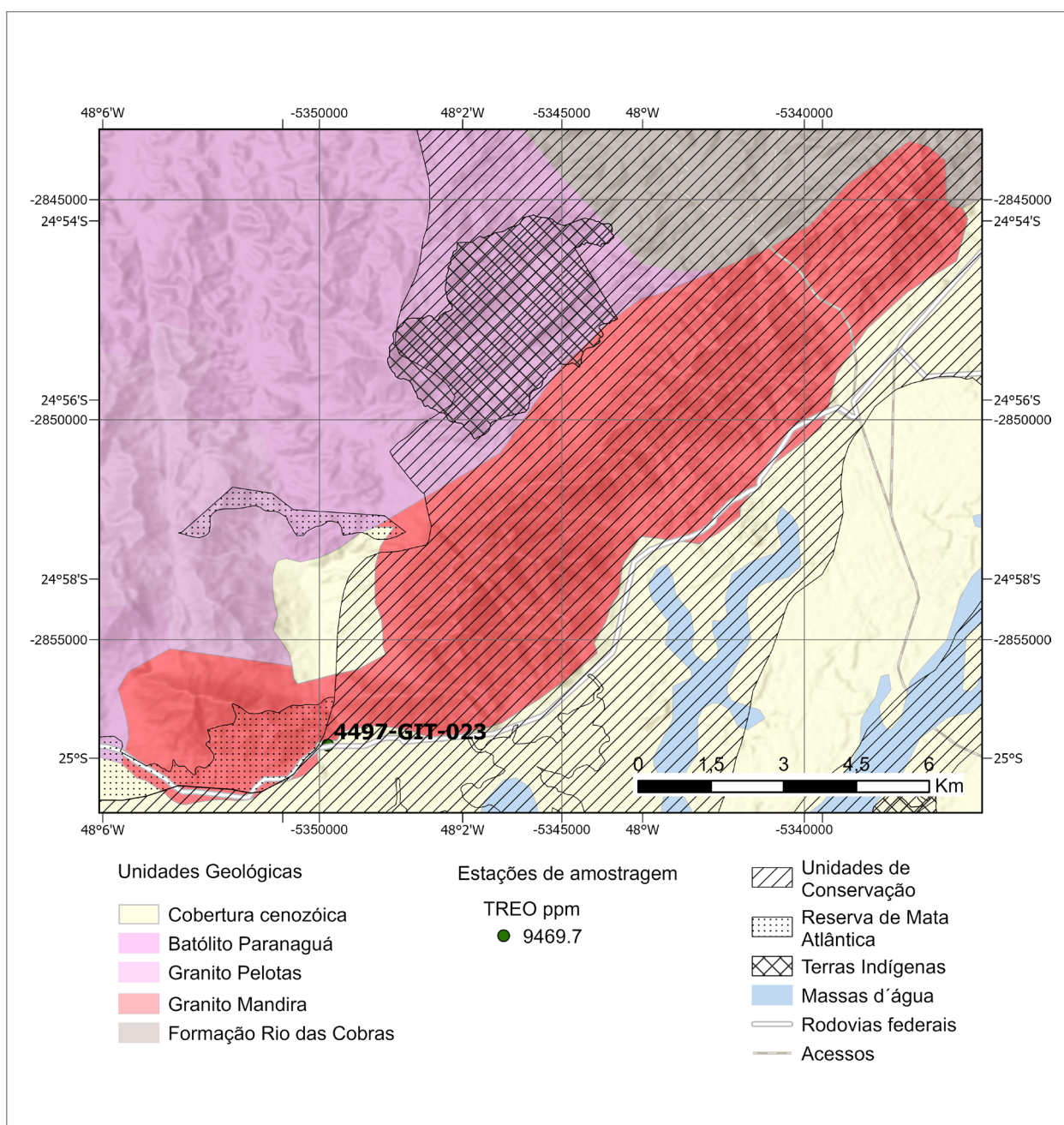


Figura 2. Mapa Geológico do Granito Mandira e região, mostrando a localização da amostra GIT-023. Fonte: Modificado de Perrotta et al. (2006).

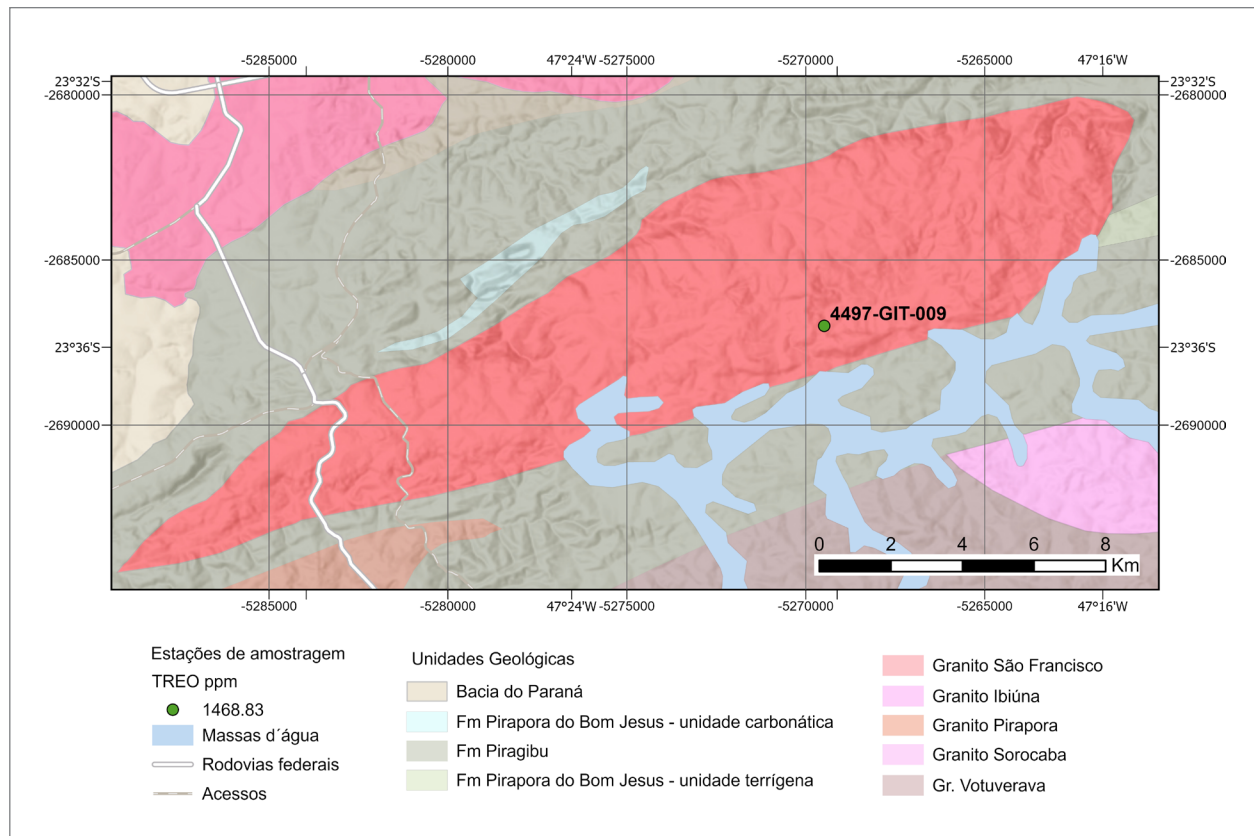


Figura 3. Mapa Geológico do Granito São Francisco e região, mostrando a localização da amostra GIT-009. Fonte: Modificado de Perrotta et al. (2006).

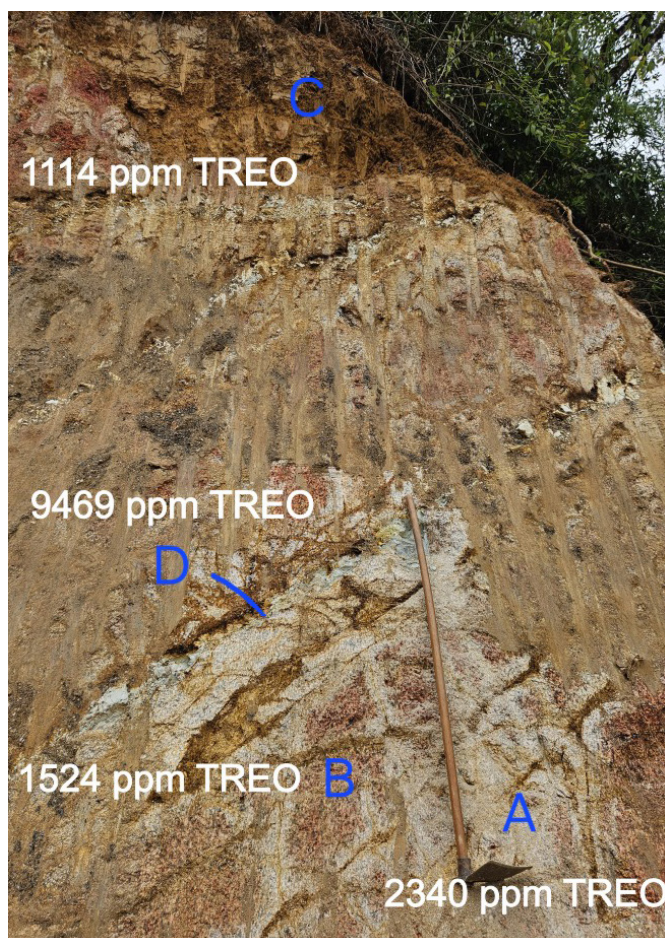


Figura 4. Perfil regolítico do Granito Mandira com os respectivos teores de TREO (afloramento GIT-0023).
Fonte: Foto tirada pelos autores.

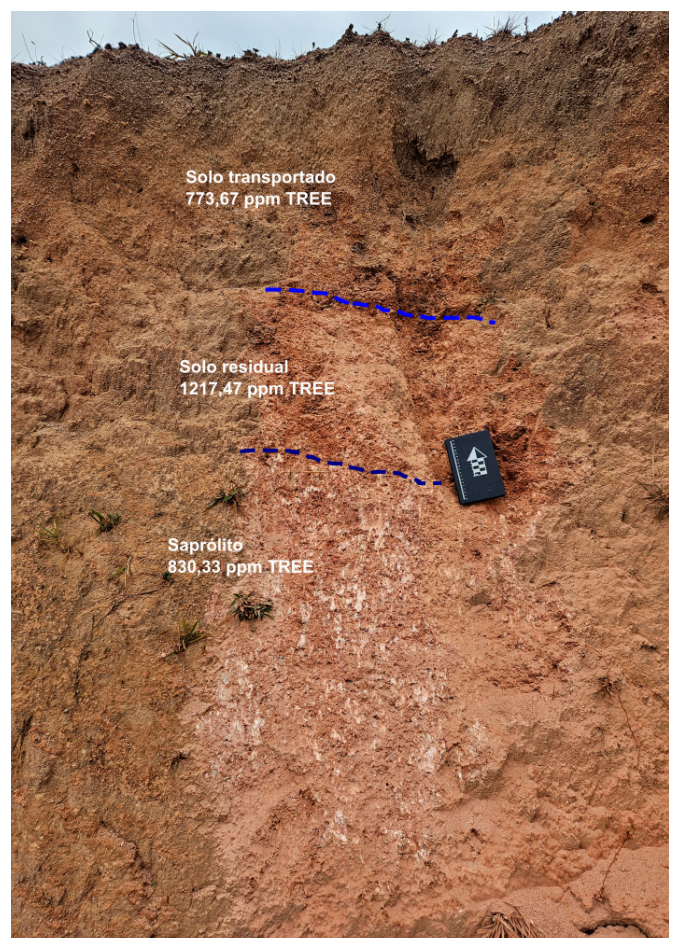


Figura 5. Perfil regolítico do Granito São Francisco com os respectivos teores de TREO (afloramento GIT-0009).
Fonte: Foto tirada pelos autores.

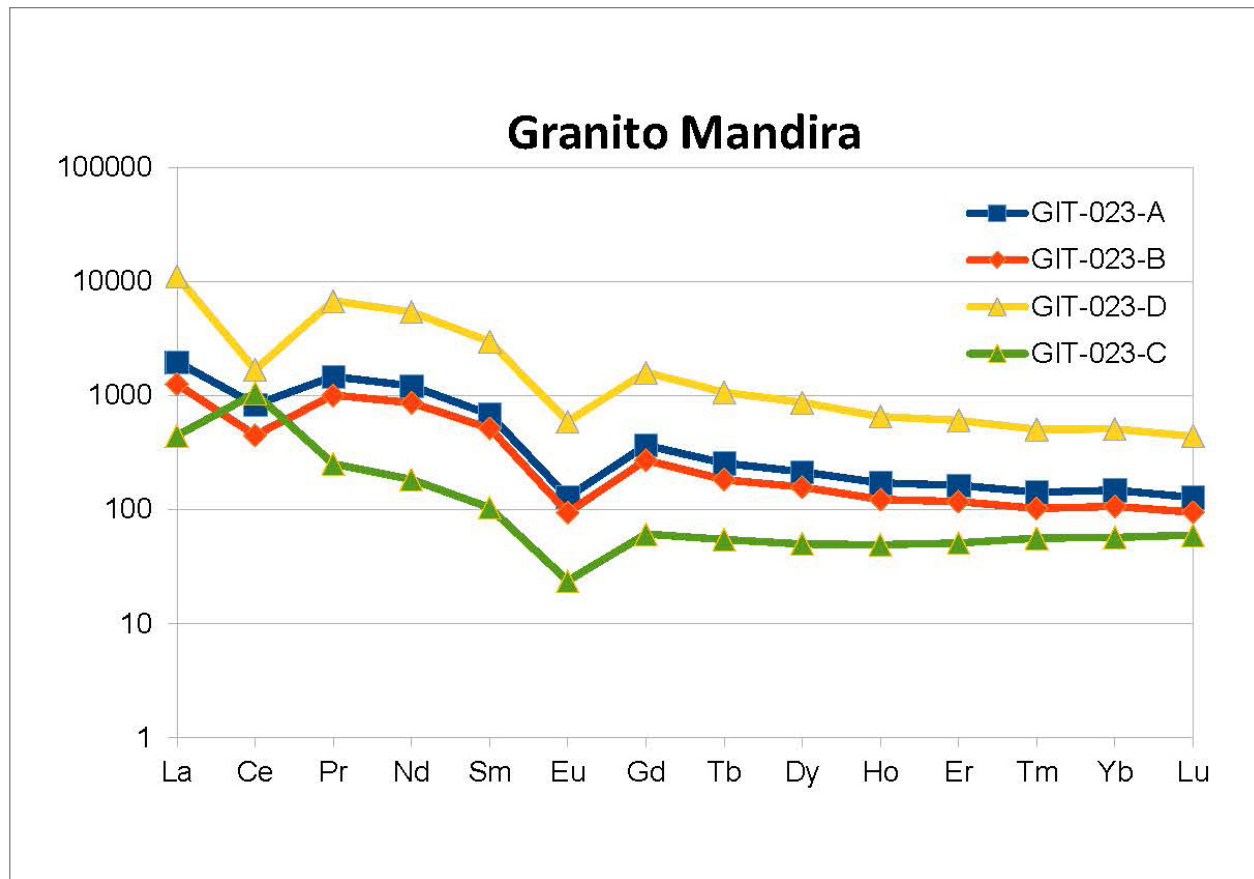


Figura 6. Spidergram das amostras do Granito Mandira, normalizado pelo condrito.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

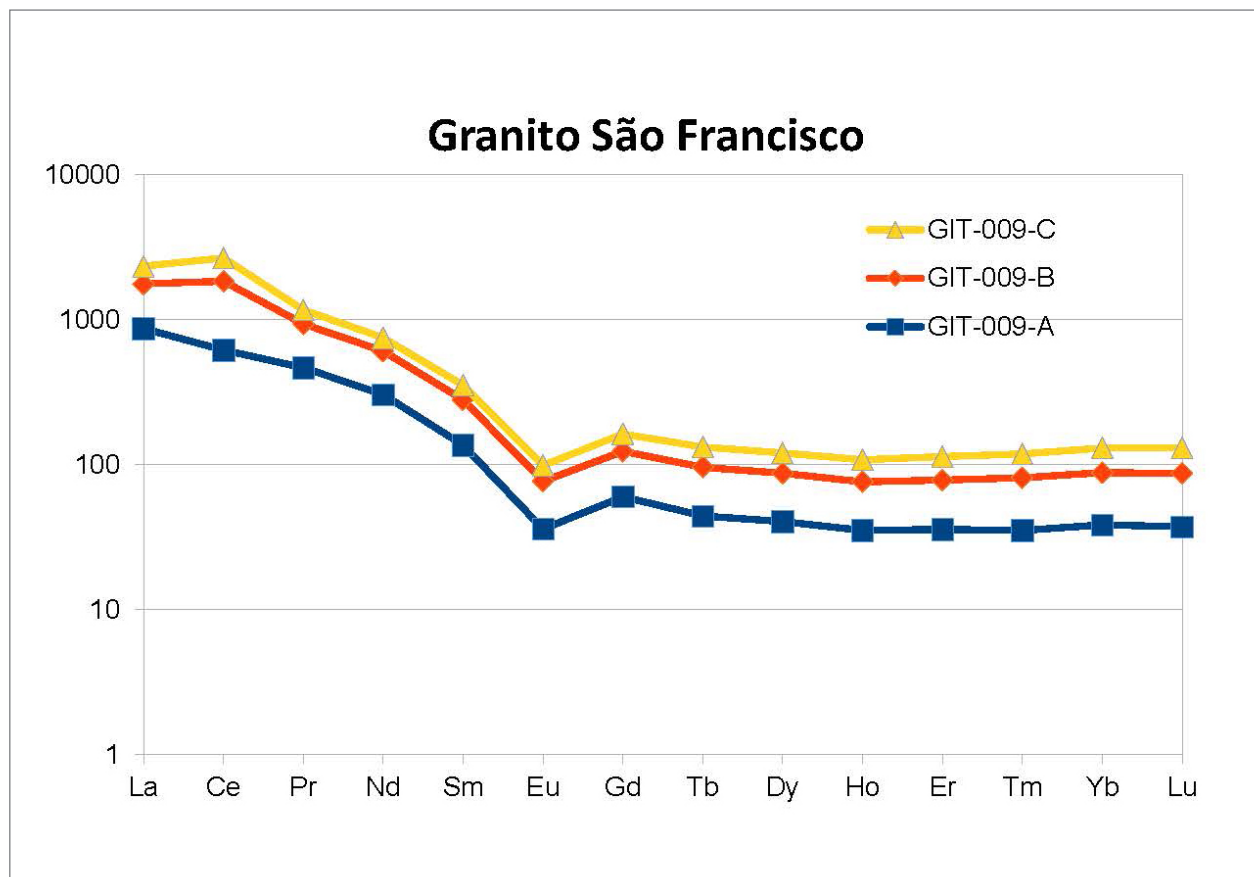


Figura 7. Spidergram das amostras do Granito São Francisco, normalizado pelo condrito.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1. Informações de teor e tipo de material das amostras mais relevantes de cada alvo.

PONTO (FID)	ALVO	TREO (ppm)	MREO (ppm)	MREO/TREO (%)	TIPO AMOSTRA
0	GRANITO INHANDJARA	599,0	94,0	15,7%	Saprólito
1	GRANITO MANDIRA	9469,7	3924,9	41,4%	Saprólito
2	GRANITO SÃO FRANCISCO	1468,8	230,5	15,7%	Solo
3	GRANITO CAPÃO BONITO	1893,7	470,4	24,8%	Solo
4	CARBONATITO JUQUIÁ	2654,9	467,4	17,6%	Solo
5	GRANITO PAPANDUVA	1255,9	365,3	29,1%	Saprólito
6	GRANITO SGUARIO	522,0	116,1	22,2%	Saprólito
7	CARBONATITO JACUPIRANGA	1059,6	217,8	20,6%	Saprólito
8	GRANITO DESEMBORQUE	611,5	244,7	40,0%	Saprólito
9	GRANITO QUIRIRI	729,2	232,4	31,9%	Saprólito

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2. Informações detalhadas dos alvos Mandira e São Francisco.
(REE: valores elementares; REO: valores convertidos para óxidos)

ALVO	MANDIRA				SÃO FRANCISCO		
LATITUDE	-24,99755428				-23,59460836		
LONGITUDE	-48,05831403				-47,33658178		
UTM_E	796935				261560		
UTM_N	7232100				7388708		
ZONA UTM	22				23		
AMOSTRA	GIT-023-A	GIT-023-B	GIT-023-D	GIT-023-C	GIT-09-A	GIT-09-B	GIT-09-C
La	467,6	297,5	2634,0	105,5	206,4	213,7	135,3
Ce	508,5	275,2	1034,8	641,8	379,8	751,7	505,7
Pr	135,9	93,6	625,9	23,3	43,3	43,7	21,7
Nd	554,3	394,7	2467,3	83,9	139,4	139,1	65,4
Sm	100,8	76,2	438,7	15,4	20,2	21,5	10,8
Eu	7,3	5,3	33,4	1,3	2,0	2,3	1,3
Gd	73,1	54,3	317,3	12,2	12,0	12,6	7,8
Tb	9,2	6,6	38,4	2,0	1,6	1,9	1,3
Dy	52,9	38,9	214,1	12,3	10,0	11,5	8,2
Ho	9,4	6,7	35,8	2,7	1,9	2,2	1,8
Er	26,2	18,8	97,0	8,2	5,7	6,8	5,6
Tm	3,5	2,5	12,5	1,4	0,9	1,1	0,9
Yb	23,9	17,2	81,7	9,2	6,2	8,0	6,8
Lu	3,2	2,3	10,8	1,5	0,9	1,2	1,1
TREE	1975,8	1289,9	8041,6	920,7	830,3	1217,5	773,7
MREE	752,4	533,8	3345,6	121,5	194,2	196,2	96,6
TREO	2340,4	1524,2	9469,7	1114,2	994,3	1468,8	934,8
MREO	882,3	625,9	3924,9	142,5	228,2	230,5	113,5

Fonte: Elaborado pelos autores.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. (ed.). **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 378 p.
- BESSER, M. L.; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Paraná**. Curitiba: SGB-CPRM, 2021. 1 mapa, color. Escala 1:600.000.
- BOYNTON, W. V. Chapter 3 - Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: HENDERSON, P. (ed.). **Rare earth element geochemistry**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p. 63-114.
- BRUMATTI, M.; ALMEIDA, V. V.; LOPES, A. P.; CAMPOS, F. F.; PERROTTA, M. M.; MENDES, D.; PINTO, L. G. R.; PALMEIRA, L. C. M. **Metalogenia das províncias minerais do Brasil: rochas alcalinas da porção meridional do Cinturão Ribeira**. Brasília: CPRM, 2015. 87 p. Informe de Recursos Minerais. (Série Províncias minerais do Brasil; 6).
- CAMPOS NETO, M. C. Orogenic systems from southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano-Pan African cycle and orogenic collage in southeastern Brazil. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (ed.). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, 2000. p. 335-365.
- FARIA JÚNIOR, I. R.; LUVIZOTTO, G. L.; ROSOLEN, V. S. Evidences of ion-adsorption clay-type REY enrichment in a weathered crust of the São Francisco Granite (São Paulo, Brazil). **Geociências**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 339-356, 2021.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C. B. (ed.). **Mesozoic to Cenozoic alkaline magmatism in the Brazilian platform**. São Paulo: EdUSP, 2005. Disponível em: <https://www.livrosabertos.edusp.usp.br/edusp/catalog/book/6>. Acesso em: 19 maio 2026.
- HEILBRON, M.; TROUW, R. A. J.; VALADARES, C. S.; JANASI, V. A. The evolution of the Ribeira and Brasília belts in the context of the Brasiliano Orogeny. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (ed.). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, 2000. p. 203-235.
- OLIVEIRA, M. C. B. **Petrologia do Maciço Granítico Mandira-SP**. 1989. 208 f. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- PERROTTA, M. M.; SALVADOR, E. D.; LOPES, R. C.; D'AGOSTINO, L. Z.; CHIEREGATI, L. A.; PERUFFO, N.; GOMES, S. D.; SACHS, L. L. B.; MEIRA, V. T.; GARCIA, M. G. M. **Geologia e recursos minerais do estado de São Paulo: Sistema de Informações Geográficas - SIG**. Rio de Janeiro: CPRM, 2006. Programa Geologia do Brasil.
- SILVA, R. B.; PRESSINOTTI, P. C. Proposição de um modelo de exploração para mineralizações de estanho e tungstênio em granitóides do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 12; n. 1-2, p. 55-66, 1991.

INFORME TÉCNICO Nº 30

Brasília, maio de 2026.
ISSN: 2448-2242

Publicação on-line seriada
Serviço Geológico do Brasil – SGB
Disponível em: www.sgb.gov.br

Serviço Geológico do Brasil

SBN – Quadra 02 – Bloco H, Ed. Central Brasília,
1º andar
Brasília - DF - Brasil
CEP: 70040-904
Telefone: (61) 2108-8400
www.sgb.gov.br
Contatos: seus@sgb.gov.br
maisa.abram@sgb.gov.br



DIRETOR DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

Francisco Valdir Silveira

CORPO EDITORIAL

Maisa Abram Bastos
Guilherme Ferreira da Silva

REVISÃO

Guilherme Ferreira da Silva

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Jéssica dos Santos Gonçalves

DIAGRAMAÇÃO

Andrea Machado de Souza