



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOLÓGICA



THIAGO BELLUZZO DA SILVEIRA

CARACTERIZAÇÃO LITOGEOQUÍMICA DO SETOR NORTE DO COMPLEXO
SANTA BÁRBARA E SUAS RELAÇÕES COM A SUÍTE BORRACHUDOS E O
COMPLEXO MANTIQUEIRA

Monografia nº 595

OURO PRETO

2026

Thiago Belluzzo da Silveira

**CARACTERIZAÇÃO LITOGEOQUÍMICA DO SETOR NORTE DO COMPLEXO
SANTA BÁRBARA E SUAS RELAÇÕES COM A SUÍTE BORRACHUDOS E O
COMPLEXO MANTIQUEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Geológica da
Universidade Federal de Ouro Preto como
requisito para a avaliação da disciplina Projeto
Final de Curso II – GEO144;

Orientador: Prof. Dr. Daniel Francisco Martins
de Sousa

OURO PRETO

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S587c Silveira, Thiago Belluzzo da.
Caracterização litogeoquímica do setor norte do Complexo Santa Bárbara e suas relações com a Suíte Borrachudos e o Complexo Mantiqueira. [manuscrito] / Thiago Belluzzo da Silveira. - 2026.
63 f.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Francisco Martins de Sousa.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Petrografia. 2. Litogeoquímica. 3. Orógeno Araçuaí (MG). I. Sousa, Daniel Francisco Martins de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 552.2:550.4

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Thiago Belluzzo da Silveira

Caracterização litogeoquímica do setor norte do Complexo Santa Bárbara e suas relações com a Suíte Borrachudos e o Complexo Mantiqueira

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel

Aprovada em 16 de Julho de 2026

Membros da banca

Prof. Dr. Daniel Francisco Martins de Sousa - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Dra. Maria Eugênia Silva de Souza - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. João Pedro Torrezani Martins Hippertt - Universidade Federal de Ouro Preto

O Prof. Dr. Daniel Francisco Martins de Sousa, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 21/07/2026



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Francisco Martins de Sousa, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/07/2026, às 16:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1143880** e o código CRC **360BEDF4**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que se fizeram presentes nesta jornada. Em especial, à Natasha, minha companheira de vida pelo incentivo constante aos meus sonhos. Aos meus amigos e familiares, agradeço pelo carinho e apoio. Ao meu orientador Daniel, agradeço por me guiar nesta trajetória. Aos professores Matheus Kuchenbecker e Danilo Barbuena por todo o auxílio durante essa etapa e à UFVJM. Agradeço o financiamento e suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG; grant APQ-01991-24) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq; grant 406757/2025-9). Por fim, agradeço ao DEGEO, à ESCOLA DE MINAS e à UFOP pelo ensino de excelência.

RESUMO

Este trabalho apresenta a caracterização petrográfica e litogeoquímica do setor norte do Complexo Santa Bárbara e suas relações com a Suíte Borrachudos e o Complexo Mantiqueira, situados no domínio transicional entre o Cráton do São Francisco e o Orógeno Araçuaí. O objetivo principal foi investigar as relações geológicas entre esses domínios por meio de reconhecimento de campo, descrição petrográfica e análise litogeoquímica. O Complexo Santa Bárbara é composto por ortognaisses de afinidade TTG e granitos de alto-K, onde a presença de mirmequitas e texturas poiquiloblásticas evidencia o equilíbrio textural em condições metamórficas de fácies anfibolito. O Complexo Mantiqueira distingue-se pela maior heterogeneidade migmatítica, afinidade cálcio-alcalina e feições de retrometamorfismo (sericitização e cloritização), apresentando assinaturas geoquímicas compatíveis com um arco magmático continental riaciano, marcado por um intenso retrabalhamento de crosta arqueana preexistente. A Suíte Borrachudos classifica-se como um magmatismo anorogênico de Tipo-A vinculado ao rifte estateriano, preservando microestruturas ígneas. As assinaturas geoquímicas revelam uma transição entre as séries TTG e calcialcalinas de alto-K geradas sob alta pressão. A análise das anomalias de Európio (Eu) permitiu distinguir o retrabalhamento de crosta antiga no Complexo Santa Bárbara (anomalia ausente a negativa) da assinatura juvenil no Complexo Mantiqueira (anomalia ausente a positiva). O retrabalhamento tectônico neoproterozoico é registrado por microestruturas dúcteis, como ribbons de quartzo, e processos de retrometamorfismo por percolação de fluidos hidrotermais. Os resultados corroboram o modelo de individualização do Bloco Piedade e reforçam a interpretação de uma continuidade regional das unidades arqueanas, contribuindo para a compreensão da evolução crustal do Cráton do São Francisco e da Orogenia Minas-Bahia.

Palavras-chave: Complexo Santa Bárbara, Complexo Mantiqueira, Suíte Borrachudos, Litogeoquímica, Orógeno Araçuaí.

ABSTRACT

This study presents the petrographic and lithogeochemical characterization of the northern sector of the Santa Bárbara Complex and its relationships with the Borrachudos Suite and the Mantiqueira Complex, located in the transitional domain between the São Francisco Craton and the Araçuaí Orogen. The main objective was to investigate the geological relationships between these domains through field reconnaissance, petrographic description, and lithogeochemical analysis. The Santa Bárbara Complex consists of TTG-affinity orthogneisses and high-K granites, where the presence of myrmekites and poikiloblastic textures indicates textural equilibrium under amphibolite facies metamorphic conditions. The Mantiqueira Complex is distinguished by greater migmatitic heterogeneity, a calcium-alkaline affinity, and features of retro-metamorphism (sericitization and chloritization), exhibiting geochemical signatures consistent with a Rhyacian continental magmatic arc, marked by intense reworking of preexisting Archean crust. The Borrachudos Suite is classified as Type-A anorogenic magmatism linked to the Estaterian rift, preserving igneous microstructures. The geochemical signatures reveal a transition between the TTG and high-K calc-alkaline series generated under high pressure. Analysis of europium (Eu) anomalies allowed us to distinguish the reworking of ancient crust in the Santa Bárbara Complex (absent to negative anomaly) from the juvenile signature in the Mantiqueira Complex (absent to positive anomaly). Neoproterozoic tectonic reworking is recorded by ductile microstructures, such as quartz ribbons, and processes of retro-metamorphism due to hydrothermal fluid percolation. The results corroborate the model of the Piedade Block's individualization and reinforce the interpretation of a regional continuity of Archean units, contributing to the understanding of the crustal evolution of the São Francisco Craton and the Minas-Bahia Orogeny.

Keywords: Santa Bárbara Complex, Mantiqueira Complex, Borrachudos Suite, Lithogeochemistry, Araçuaí Orogen.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Apresentação.....	8
1.2	Natureza do trabalho e justificativa	13
1.3	Localização e acessos.....	14
1.4	Objetivo geral	15
1.4.1	Objetivos específicos	15
1.5	Materiais e métodos	16
1.5.1	Revisão bibliográfica	16
1.5.2	Aquisição de dados.....	16
1.5.2.1	Petrografia	19
1.5.2.2	Análise Geoquímica em rocha	19
1.5.3	Tratamento e integração dos dados	20
2	CONTEXTO GEOLÓGICO	21
2.1	Cráton do São Francisco	21
2.1.1	O embasamento gnáissico-migmatítico do setor meridional	22
2.1.2	Quadrilátero Ferrífero.....	23
2.1.2.1	Complexo Santa Bárbara	24
2.2	Orógeno Araçuaí	26
2.2.1	Complexo Mantiqueira e Bloco Piedade	27
2.2.2	Bloco Guanhães e Suíte Borrachudos.....	29
3	RESULTADOS.....	32
3.1	Caracterização petrográfica.....	32
3.1.1	Complexo Santa Bárbara	32
3.1.2	Complexo Mantiqueira.....	38
3.1.3	Suíte Borrachudos.....	42
3.2	Litogeoquímica.....	46
3.2.1	Classificação e séries magmáticas	46
3.2.2	Elementos Terras Raras	49
4	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	51
5	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE.....	63

1 INTRODUÇÃO

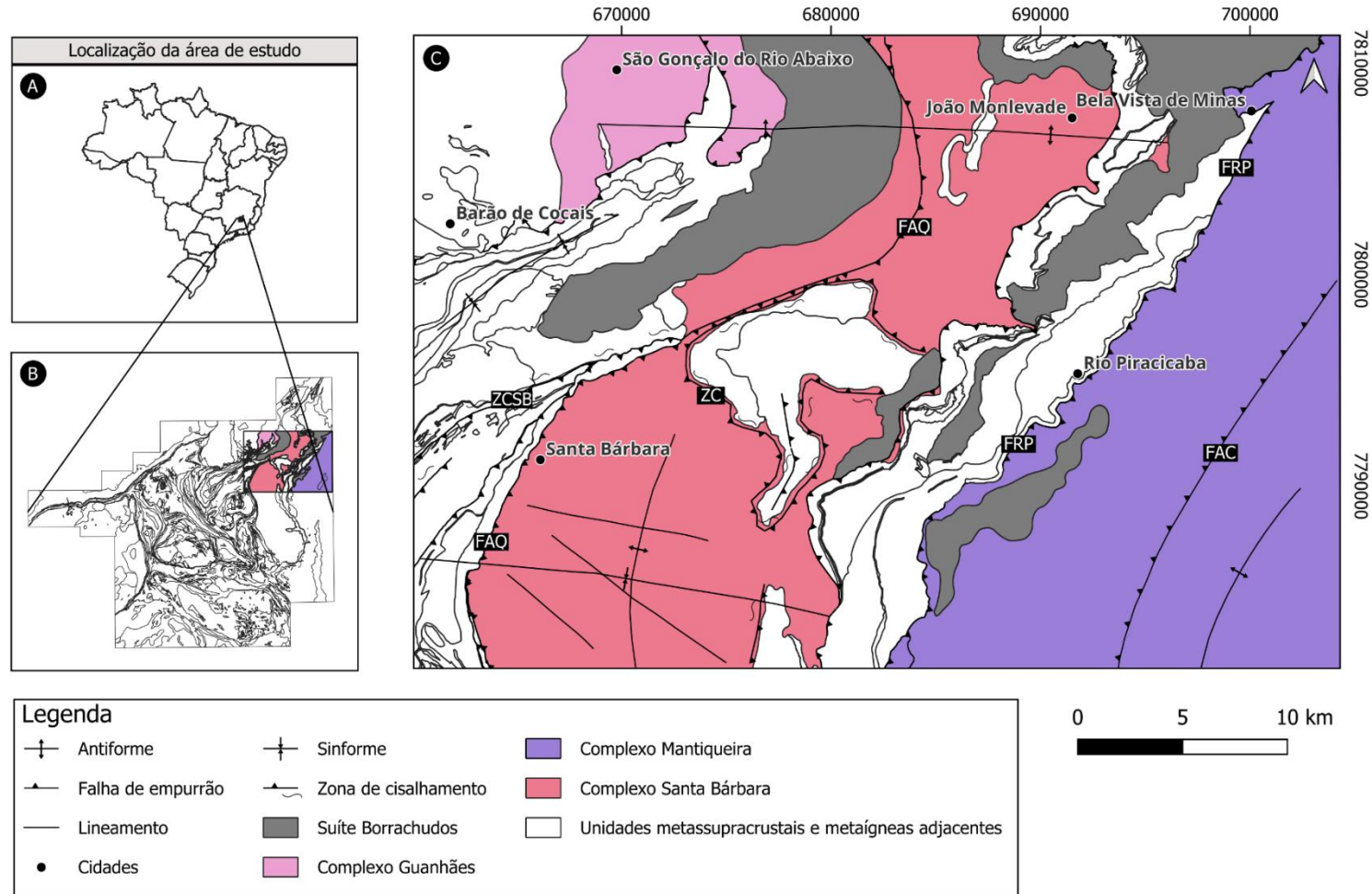
1.1 Apresentação

A área de estudo localiza-se no setor norte do Complexo Santa Bárbara, em contato com a Suíte Borrachudos e o Complexo Mantiqueira (Figura 1). Essa região insere-se no domínio transicional entre o Cráton do São Francisco e o Orógeno Araçuaí, representando um segmento de embasamento arqueano a paleoproterozoico associado à margem do Paleocontinente São Francisco, retrabalhado durante eventos neoproterozoicos relacionados a evolução do sistema Araçuaí–Congo Ocidental (Alkmim *et al.*, 2006; Lana *et al.*, 2013; Kuchenbecker & Barbuena, 2023).

O Complexo Santa Bárbara constitui um núcleo cristalino paleoarqueano do Quadrilátero Ferrífero (Lana *et al.*, 2013; Teixeira *et al.*, 2017), limitado a norte pelo Bloco Guanhães e a leste pelo Complexo Mantiqueira. Seus contatos com as unidades adjacentes são marcados por estruturas crustais que registram episódios de deformação e retrabalhamento crustal que vão desde o Arqueano até o Neoproterozoico. Do ponto de vista litológico, é composto predominantemente por ortognaisses tonalito-trondhjemitó-granodioríticos (TTG), gnaisses de composição granítica de alto potássio e migmatitos, com enclaves máficos, além de intrusões máficas e remanescentes de sequências do *greenstone belt* Rio das Velhas, frequentemente em contato com os corpos TTG (Alkmim & Marshak, 1998; Lana *et al.*, 2013).

Na área de estudo, o Bloco Guanhães é representado pelo Complexo Guanhães e pela Suíte Borrachudos. O Complexo Guanhães representa um segmento arqueano a paleoproterozoico, constituído principalmente por ortognaisses TTG e migmatitos, além de granitos que registram episódios de magmatismo proterozoicos. A Suíte Borrachudos é representada por granitos alcalinos a subalcalinos de caráter anorogênico, associados a um rifte de idade estateriana (Gomes *et al.*, 2020; Grochowski *et al.*, 2021; Kuchenbecker & Barbuena, 2023).

Figura 1: Localização da área de estudo. (A) Mapa do Brasil com a divisão política estadual, destacando a localização da área de estudo em relação ao estado de Minas Gerais. (B) Localização da área de estudo em relação ao Quadrilátero Ferrífero. (C) Mapa geológico simplificado da área de estudo, setor norte do Complexo Santa Bárbara, com ênfase nos limites com a Suíte Borrachudos e Complexo Mantiqueira. Siglas: FAC (Falha de Acaiaca), FAQ (Falha de Água Quente), FRP (Falha de Rio Piracicaba), ZC (zona de cisalhamento), ZCSB (Zona de Cisalhamento Santa Bárbara).



Fonte: Autor (2026), adaptado de Endo *et al.*, (2019).

O Complexo Mantiqueira, que ocorre no setor leste da área de estudo, é constituído predominantemente por ortognaisses e migmatitos de composição tonalítica a granítica, e interpretado como remanescente de um arco magmático continental desenvolvido em contexto de margem ativa do Paleocontinente São Francisco, registrando uma história polimetamórfica associada a Orogenia Minas-Bahia e a Orogenia Brasileira (Noce *et al.*, 2007; Heilbron *et al.*, 2017; Kuribara *et al.*, 2019; Bruno *et al.*, 2020).

Estudos recentes (*e.g.* Bruno *et al.*, 2020) refinam essa interpretação, definindo o Complexo Mantiqueira como um arco magmático continental Riachão (*ca.* 2,2–2,1 Ga), de caráter predominantemente juvenil. O complexo representa adição de crosta ao Paleocontinente São Francisco durante a Orogenia Minas-Bahia, sendo posteriormente retrabalhado durante o ciclo Brasileiro (Bruno *et al.*, 2020; Cutts *et al.*, 2020).

Nesse contexto regional, destaca-se o Bloco Piedade, proposto na literatura como um domínio crustal de idade neoarqueana (*ca.* 2,6–2,7 Ga), composto por suítes de rochas ortoderivadas, incluindo associações do tipo TTG e sanukitoides, que registram a transição de processos geodinâmicos no final do Arqueano. Bruno *et al.* (2020) propõem uma revisão litoestratigráfica, sugerindo a extensão do Bloco Piedade para norte, englobando áreas mapeadas como Complexo Santa Bárbara e Complexo Mantiqueira.

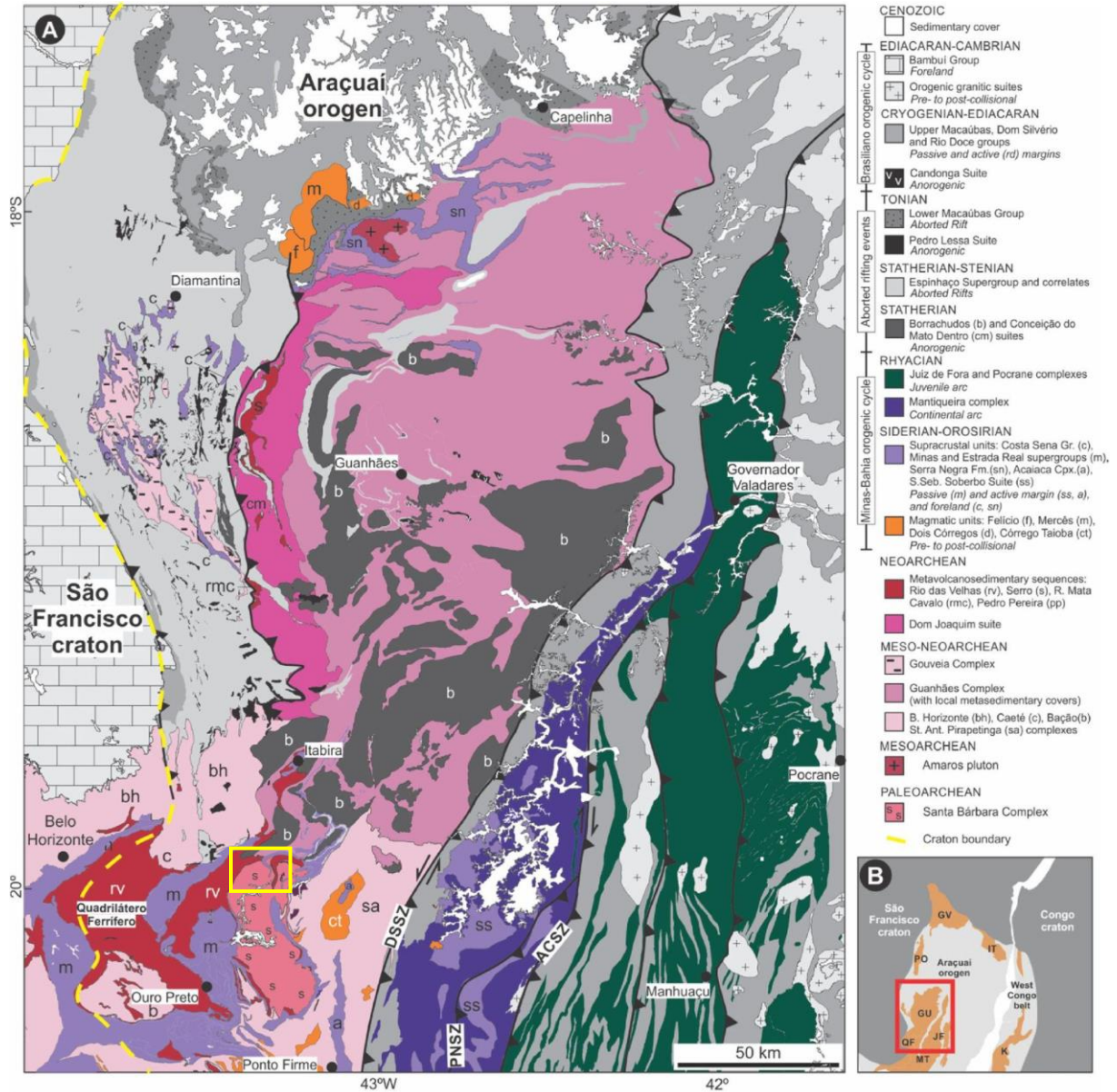
Entretanto, o estudo de Bruno *et al.* (2020) concentrou-se na parte sul deste bloco proposto, permanecendo uma lacuna de conhecimento sobre a extensão geográfica e temporal desse magmatismo neoarqueano na parte norte do complexo e sobre suas características petrogenéticas e geocronológicas específicas nessa transição.

A configuração geológica regional, onde insere-se a área de estudo, reflete uma história de evolução tectônica iniciada com a consolidação do embasamento arqueano do Paleocontinente São Francisco, representado neste estudo pelo Complexo Santa Bárbara (Lana *et al.*, 2013). Este núcleo cristalino foi posteriormente submetido a sucessivos episódios de retrabalhamento, como a orogenia Minas-Bahia (*ca.* 2,1–2,0 Ga), evento contemporâneo à formação do Complexo Mantiqueira (Bruno *et al.*, 2020), e orogenia Brasileira (*ca.* 0,63–0,57 Ga) (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001). Neste cenário paleoproterozoico, enquanto o Complexo Mantiqueira se desenvolvia como um arco magmático de margem ativa, o Complexo Santa Bárbara e o Bloco Guanhães, interpretado como um *basement inlier*, atuavam como porções do antepaís continental (Alkmim; Marshak, 1998; Kuchenbecker; Barbuena, 2023). No Estateriano (*ca.* 1,75 Ga), essa arquitetura foi afetada por estágios distensivos associados a tentativas de rifteamento, que culminaram na intrusão da Suíte Borrachudos no Bloco Guanhães

(Gomes *et al.*, 2020). Por fim, durante o Neoproterozoico, a convergência do sistema Araçuaí-Congo promoveu a estruturação final da região, onde tanto o embasamento arqueano quanto o arco paleoproterozoico passaram a compor a margem interna do Orógeno Araçuaí (Figura 2).

Apesar da relevância geológica da região para a compreensão da evolução arqueana a neoproterozoica da região, observa-se uma lacuna no conhecimento devido à escassez de estudos focados na integração de dados petrográficos e litogeoquímicos com ênfase no setor norte do Complexo Santa Bárbara e sua interface com a Suíte Borrachudos e o Complexo Mantiqueira. Dessa maneira, este trabalho tem como objetivo principal investigar as relações geológicas entre esses domínios, por meio de reconhecimento de campo, caracterização litogeoquímica e petrográfica, visando contribuir para a identificação e distinção dos ortognaisses e migmatitos dos complexos Santa Bárbara e Mantiqueira e dos gnaisses graníticos da Suíte Borrachudos, auxiliando quanto a compreensão da evolução crustal regional.

Figura 2: (A) Mapa geológico do setor meridional do Orógeno Araçuaí, destacando os domínios do embasamento (Guanhães, Gouveia, Quadrilátero Ferrífero, Mantiqueira e Juiz de Fora). As cores diferenciam as unidades do embasamento (> 1,8 Ga) das unidades mais jovens em tons de cinza. Siglas: DSSZ (Z.C. Dom Silvério), PNSZ (Z.C. Ponte Nova) e ACSZ (Z.C. Abre Campo). (B) Quadro tectônico regional indicando a localização da área A. O retângulo amarelo incluso no mapa refere-se a área desse estudo.



Fonte: Kuchenbecker; Barbuena (2023).

1.2 Natureza do trabalho e justificativa

A caracterização litogeoquímica, associada a relações de campo e análises microscópicas, é uma ferramenta importante para a compreensão da formação e evolução de crosta antiga polideformada, como é o caso dos complexos arqueanos regionais e seu posterior retrabalhamento durante o Paleoproterozoico e Neoproterozoico. Nesse contexto, o Complexo Santa Bárbara carece de estudos integrados que abordem de forma sistemática suas características litológicas, geoquímicas, estruturais e metamórficas. Embora existam trabalhos geológicos na região, estes concentram-se na parte centro-norte do Bloco Guanhães e sul do Complexo Mantiqueira (*e.g.*, Noce *et al.*, 2007; Bruno *et al.*, 2020; Gomes *et al.*, 2020; Kuchenbecker; Barbuena, 2023). Para o Complexo Santa Bárbara, os dados litogeoquímicos disponíveis na literatura são escassos e restritos ao setor sul, o que limita interpretações mais robustas sobre sua evolução crustal e tectônica em escala regional. Adicionalmente, a área de estudo apresenta inconsistências cartográficas, uma vez que diferentes interpretações atribuem classificações e limites distintos para as mesmas unidades. Um exemplo está na definição do limite leste do embasamento arqueano. Enquanto mapeamentos regionais classificam as unidades adjacentes como Complexo Mantiqueira de idade arqueana a paleoproterozoica (*e.g.*, Noce *et al.*, 2007; Romano *et al.*, 2013), estudos recentes como o de Bruno *et al.* (2020) propõem a reclassificação de parte desses ortognaisses como pertencentes ao Bloco Piedade, de idade neoarqueana.

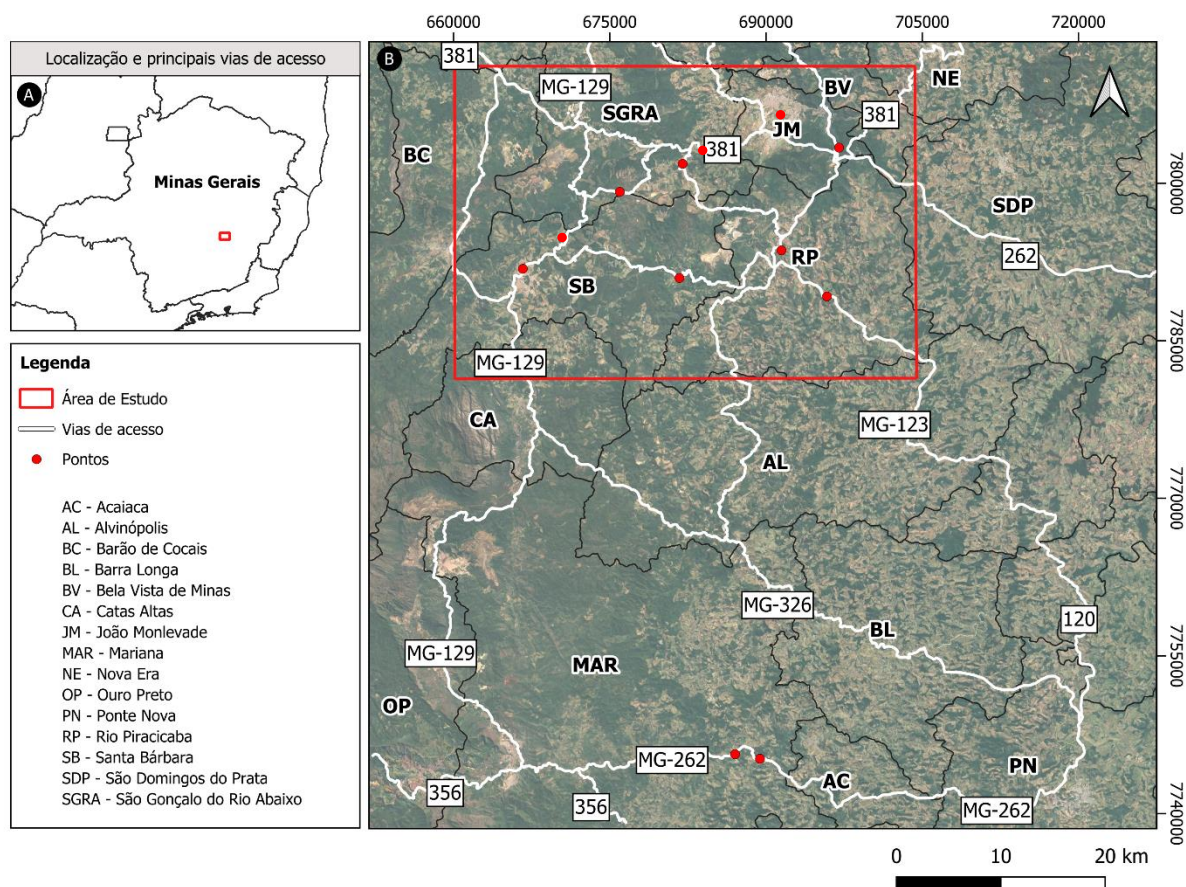
Dessa forma, este trabalho justifica-se pela necessidade de uma abordagem integrada, com ênfase na caracterização petrográfica e litogeoquímica das rochas do setor norte do Complexo Santa Bárbara, associada à descrição petrográfica e à análise de dados disponíveis na literatura, a fim de compreender esse domínio e suas relações com o Bloco Guanhães, por meio da Suíte Borrachudos e o Complexo Mantiqueira.

A região estudada insere-se em um contexto tectônico relevante, por representar um segmento de embasamento arqueano a paleoproterozoico retrabalhado durante o Neoproterozoico, registrando múltiplos eventos deformacionais e metamórficos relacionados à evolução do Orógeno Araçuai (*e.g.*, Pedrosa-Soares *et al.*, 2001; Alkmim *et al.*, 2006; Kuchenbecker; Barbuena, 2023). Além de contribuir para o avanço do conhecimento científico regional, os resultados deste estudo fornecem subsídios para futuras pesquisas em petrogênese, evolução crustal e prospecção mineral.

1.3 Localização e acessos

As principais vias de acesso à área de estudo compreendem um conjunto de rodovias federais, estaduais e estradas municipais que interligam os municípios de Ouro Preto, Santa Bárbara, Barão de Cocais, Rio Piracicaba, João Monlevade e Ponte Nova, bem como localidades adjacentes (Figura 3).

Figura 3: Localização da área de estudo e principais vias de acesso. (A) Mapa do estado de Minas Gerais destacando a localização da área de estudo. (B) Localização da área de estudo, pontos visitados, municípios e principais vias de acesso.



Fonte: Autor (2026).

O acesso à área de estudo foi realizado pelas rodovias MG-262, no trecho entre Ouro Preto e Ponte Nova, e MG-123, que conecta Ponte Nova aos municípios de Alvinópolis e Rio Piracicaba. A articulação regional entre os municípios de Rio Piracicaba, João Monlevade e São Gonçalo do Rio Abaixo ocorre principalmente pela BR-381 e MG-123. O alcance aos afloramentos dos complexos Santa Bárbara e Mantiqueira, bem como da Suíte Borrachudos, foi viabilizado por uma malha de estradas vicinais e rotas rurais situadas entre os municípios supracitados e o município de Santa Bárbara.

1.4 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é contribuir para a compreensão das relações entre os diferentes domínios geológicos presentes no setor norte do Complexo Santa Bárbara, com ênfase em seus limites com o Bloco Guanhães (Suíte Borrachudos) a norte, e com o Complexo Mantiqueira a leste, inserindo a área no debate sobre a evolução geológica regional durante as orogenias arqueanas a neoproterozoicas.

1.4.1 Objetivos específicos

- Caracterizar as unidades que compõem o setor norte do Complexo Santa Bárbara, com base em dados petrográficos;
- Determinar e interpretar as assinaturas geoquímicas de rochas do Complexo Santa Bárbara, estabelecendo critérios litoquímicos comparativos com a Suíte Borrachudos e Complexo Mantiqueira, visando identificar a natureza dos protólitos e processos petrogenéticos envolvidos;
- Contribuir para a compreensão de processos geológicos que atuaram na área de estudo desde o Arqueano até o Neoproterozoico;

1.5 Materiais e métodos

Este trabalho foi estruturado em três etapas: revisão bibliográfica, aquisição e análise de dados petrográficos e geoquímicos, e tratamento e integração dos resultados obtidos. Durante a preparação deste documento, utilizou-se a ferramenta de Inteligência Artificial Generativa Gemini (desenvolvida pelo Google / Google DeepMind), na versão Gemini 1.5 Pro, estritamente para aprimorar a fluidez textual e realizar a revisão gramatical e ortográfica do manuscrito. Após a aplicação da ferramenta, todo o conteúdo foi revisado e editado, em conformidade com os princípios éticos e diretrizes para o uso de IAGen na escrita acadêmica. Desta forma, o autor assume responsabilidade integral sobre o conteúdo científico, interpretações e conclusões expressas neste trabalho.

1.5.1 Revisão bibliográfica

Foi realizada uma revisão bibliográfica com o objetivo de analisar dados geológicos publicados sobre o Complexo Santa Bárbara, Bloco Guanhães com ênfase na Suíte Borrachudos, e o Complexo Mantiqueira, incluindo informações estruturais, litoestratigráficas, petrográficas, geoquímicas e geocronológicas. As pesquisas foram conduzidas em bases de dados científicos e repositórios acadêmicos, como Google Acadêmico, *ScienceDirect*, *Scopus* e *Web of Science*, além de bibliotecas digitais de universidades, anais de congressos e publicações do Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

1.5.2 Aquisição de dados

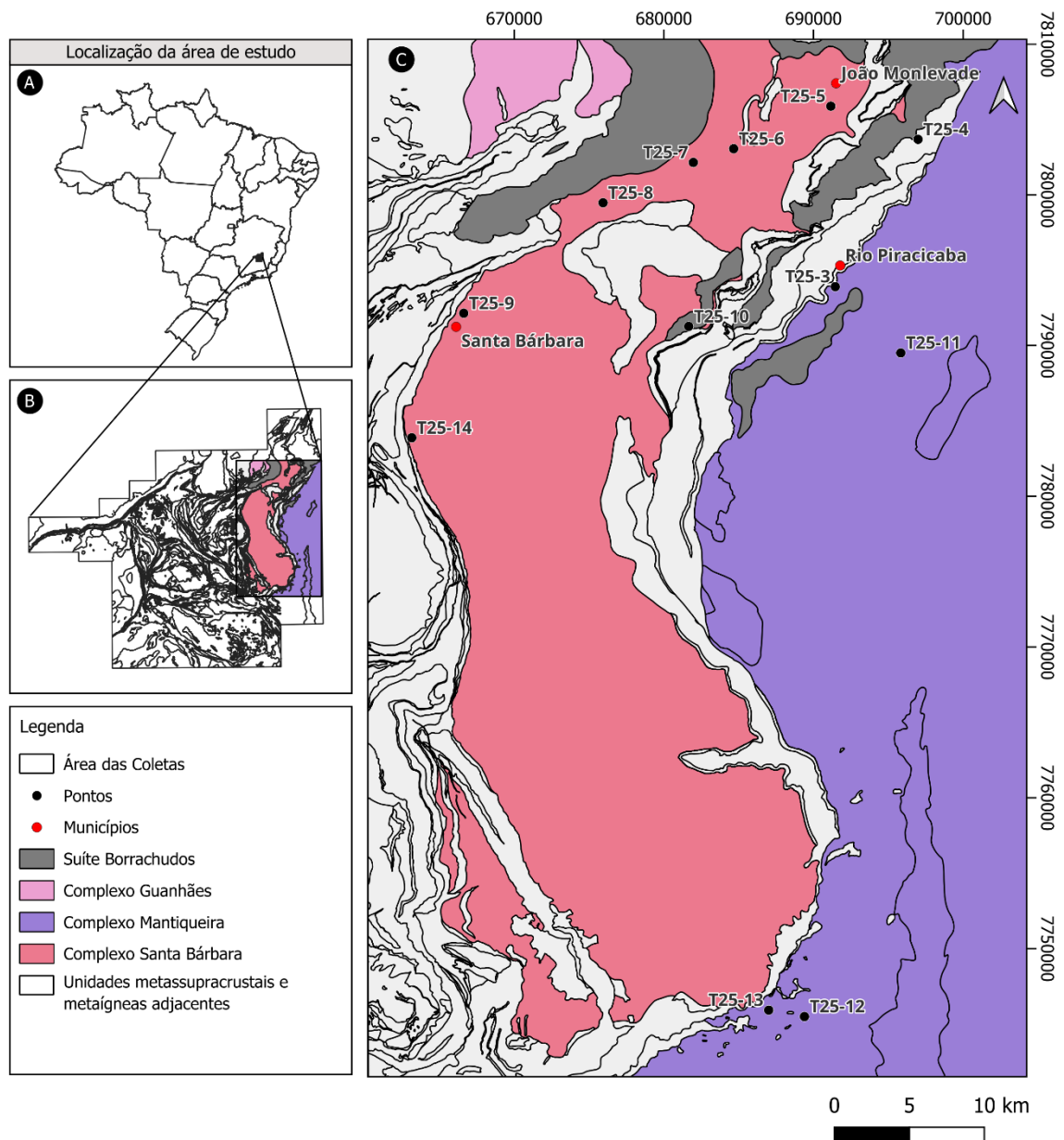
A etapa de aquisição e análise de dados envolveu atividade de campo com ênfase em reconhecimento de relações de campo, descrição e coleta de amostras. A campanha de campo foi realizada entre os dias 03 e 05 de outubro de 2025, abrangendo 12 pontos distribuídos ao longo do Complexo Santa Bárbara, do Complexo Mantiqueira e da Suíte Borrachudos (Tabela 1 e Figura 4). A etapa de campo compreendeu a descrição de 12 afloramentos, onde foram coletadas 25 amostras representativas abrangendo ortognaisses, enclaves e diques máficos, além de diferentes domínios migmatíticos (níveis leucossomáticos, melanossomáticos e zonas de transição). Destas, duas amostras (T25-12 e T25-13) foram coletadas especificamente a sul da área de estudo, região transicional entre a parte sul do Complexo Santa Bárbara e o

Complexo Mantiqueira, com o objetivo de avaliar se as características observadas no setor norte, que constitui a área do trabalho, mantêm o mesmo padrão petrográfico e geoquímico. Do montante total, 20 amostras foram selecionadas para a confecção de lâminas delgadas polidas, visando a caracterização petrográfica detalhada. Para a etapa de litogeoquímica de rocha total foram processadas 21 amostras. Adicionalmente, 7 amostras foram coletadas e reservadas para futuras análises geocronológicas.

Tabela 1: Coordenadas UTM dos pontos e os códigos atribuídos para as amostras coletadas. (Datum SIRGAS2000, Fuso 23K).

Código	UTM (X)	UTM (Y)	Altitude (m)
T25-03	7794071	691292	724
T25-04	7803775	696911	591
T25-05	7806012	691125	898
T25-06	7803283	684668	741
T25-07	7802588	681981	698
T25-08	7799790	675826	853
T25-09	7792526	666469	735
T25-10	7791509	681409	641
T25-11	7789636	695667	682
T25-12	7745680	688688	447
T25-13	7746129	686324	626
T25-14	7784305	662909	808

Figura 4: Localização dos pontos de coleta. (A) Mapa do Brasil com a divisão política estadual, destacando a localização da área de estudo em relação ao estado de Minas Gerais. (B) Localização da área de estudo em relação ao Quadrilátero Ferrífero. (C) Mapa geológico da área de coleta com ênfase nos complexos Santa Bárbara e Mantiqueira, Complexo Guanhães e Suíte Borrachudos.



Fonte: Autor (2026), adaptado de Endo *et al.* (2019).

1.5.2.1 Petrografia

Para a caracterização textural e mineralógica, foram selecionadas 20 amostras. Foram confeccionadas lâminas delgadas polidas no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia (DEGEO) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). As análises petrográficas foram realizadas no Laboratório de Microscopia do DEGEO/UFOP, utilizando microscópio petrográfico de luz transmitida e refletida (modelo Leica DM2700 P), equipado com câmera digital para captura de fotomicrografias. A descrição microscópica consistiu na identificação da associação mineral, dos aspectos texturais e microestruturais de cada amostra. As abreviações dos nomes dos minerais utilizadas no texto e nas legendas das figuras seguem a padronização internacional recomendada por Whitney; Evans (2010) e Warr (2021).

1.5.2.2 Análise Geoquímica em rocha

As análises geoquímicas em rocha total foram realizadas em 21 amostras, selecionadas com base em sua representatividade geológica e no baixo grau de alteração intempérica. A etapa de preparação compreendeu a britagem e a pulverização em moinho até granulometria inferior a 200 mesh e as alíquotas foram enviadas ao laboratório SGS Geosol Laboratórios Ltda. para a execução dos procedimentos de medição. No procedimento de preparo, as amostras foram submetidas à fusão com metaborato de lítio (método ICP95A). A determinação de elementos maiores foi realizada por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), enquanto os valores de Perda ao Fogo (LOI) foram quantificados por gravimetria em mufla a 1000 °C (método PHY01E). Para a caracterização de elementos traço e elementos terras raras (ETR), utilizou-se a técnica de Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), assegurando alta precisão para elementos de alto campo (HFSE) e baixos limites de detecção. A qualidade das análises foi monitorada pelo controle de qualidade do laboratório, que incluiu o uso de padrões internos, duplicatas e brancos analíticos. Por fim, o processamento estatístico dos dados, bem como a elaboração de diagramas de classificação geoquímica e discriminantes tectônicos, foram realizados com o suporte do software GCDKit (Janoušek *et al.*, 2006).

1.5.3 Tratamento e integração dos dados

Os dados obtidos foram organizados, sistematizados e interpretados de forma integrada, visando a caracterização dos litotipos e fontes do magmatismo, bem como a discussão de processos geológicos atuantes na área de estudo. A sistematização envolveu descrições petrográficas e análise litogeoquímica, permitindo a correlação entre feições de campo, características petrográficas e assinaturas geoquímicas. As análises geoquímicas foram avaliadas visando caracterizar a natureza dos protólitos, identificar assinaturas e interpretar fontes e processos de diferenciação. Por fim, os resultados obtidos foram integrados e comparados a dados prévios disponíveis na literatura, de modo a contribuir para o avanço do conhecimento geológico sobre o Complexo Santa Bárbara e sua relação com domínios adjacentes.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

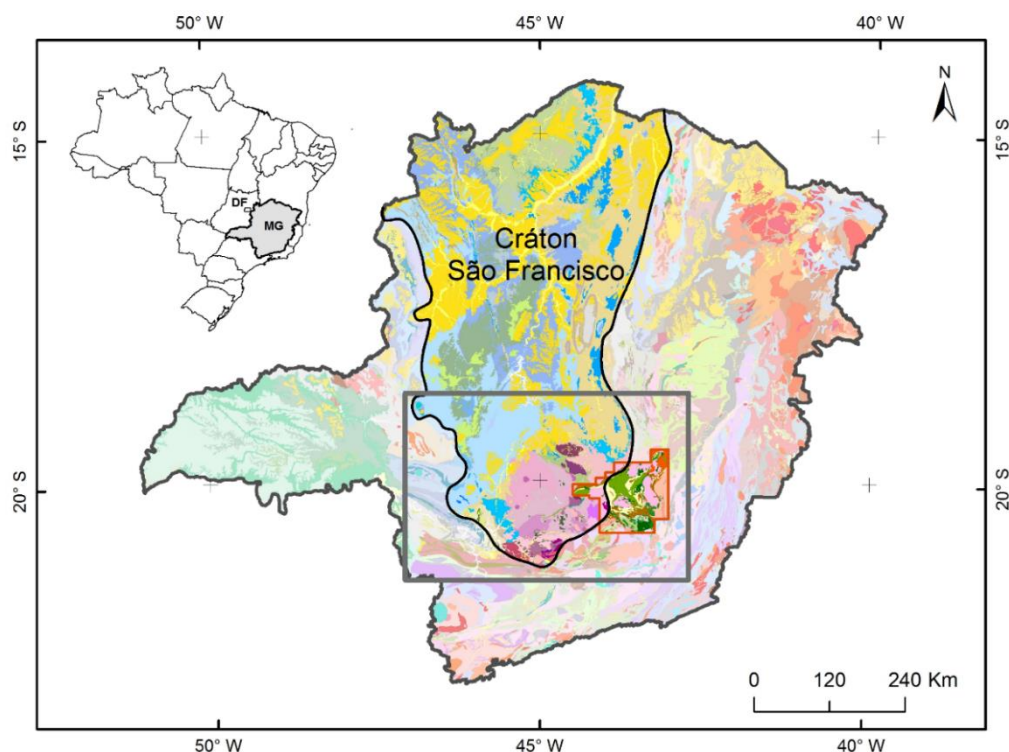
2.1 Cráton do São Francisco

O Cráton do São Francisco constitui um dos principais segmentos crustais estáveis da Plataforma Sul-Americana, representando um núcleo continental formado predominantemente durante o Arqueano e o Paleoproterozoico (Alkmim *et al.*, 2006). Conforme sintetizado por Heilbron *et al.* (2017), é caracterizado por um embasamento cristalino composto por complexos gnáissico-migmatíticos, associações TTG, *greenstone belts* e rochas metassupracrustais. Segundo Noce *et al.* (2007) e Heilbron *et al.* (2017), sua evolução registra uma longa história de crescimento crustal, destacando-se a amalgamação de blocos arqueanos durante o Ciclo Paleoproterozoico, evento definido por Bruno *et al.*, (2021) como Orogenia Minas-Bahia (ca. 2,1–2,0 Ga), período marcado por intenso magmatismo de arco e metamorfismo de alto grau (Almeida, 1977; Alkmim; Marshak, 1998; Heilbron *et al.*, 2017).

O setor sul do Cráton do São Francisco (Figura 5) apresenta uma arquitetura crustal complexa, marcada pela justaposição de diferentes domínios arqueanos e paleoproterozoicos. Embora a região seja associada ao núcleo estável da plataforma, a definição de seus limites meridionais é objeto de debate. De acordo com Heilbron *et al.* (2017), as porções onde o embasamento arqueano-paleoproterozoico foi envolvido na deformação e metamorfismo da Orogenia Brasiliana, como ocorre em grande parte do Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, são interpretadas como a margem retrabalhada do Paleocontinente São Francisco.

Nesse cenário, a área de estudo insere-se em um domínio de transição, representando um segmento da antiga margem continental do paleocontinente que, embora de natureza cratônica, atua como uma margem retrabalhada devido ao forte impacto tectônico neoproterozoico.

Figura 5: Mapa de localização do Cráton do São Francisco no estado de Minas Gerais. O polígono em cor cinza destaca o setor sul da unidade cratônica com destaque para o Quadrilátero Ferrífero em vermelho.



Fonte: Adaptado de Endo *et al.* (2019).

2.1.1 O embasamento gnáissico-migmatítico do setor meridional

O arcabouço siálico do setor meridional do Cráton do São Francisco é sustentado por complexos que registram uma sucessão de eventos de acreção e diferenciação magmática iniciados no Paleoarqueano. De acordo com a síntese de Teixeira *et al.* (2017) e Castro *et al.* (2020), esse embasamento não constitui uma massa homogênea, mas sim um mosaico de domínios crustais cujas idades de cristalização variam entre 3,2 e 2,7 Ga. Esses núcleos representam o estágio de nucleação continental, onde a formação de crosta félsica primitiva ocorreu predominantemente através da fusão parcial de rochas máficas hidratadas, gerando associações de afinidade TTG. Conforme discutido por Lana *et al.* (2013) e Farina *et al.* (2015), a transição química de termos sódicos para variedades mais potássicas ao longo do tempo reflete o progressivo espessamento e maturação da crosta na borda sul do cráton.

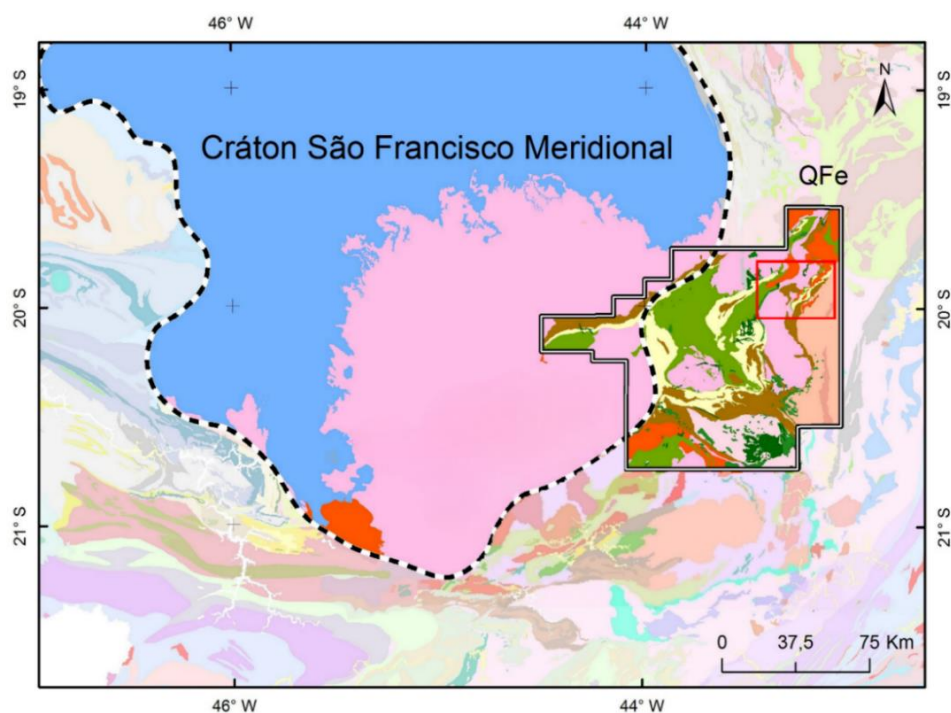
Dentro desta arquitetura, o Complexo Santa Bárbara destaca-se como um dos núcleos mais antigos da região, com sua gênese vinculada ao Evento Santa Bárbara (ca. 3,2 Ga; Lana

et al., 2013). Embora o núcleo principal seja de afinidade TTG, dados geocronológicos detalhados em Farina *et al.* (2015) indicam uma composição heterogênea que inclui ortognaisses bandados, migmatitos e variedades ricas em feldspato potássico, sugerindo retrabalhamento térmico neoarqueanos. A preservação desses núcleos arqueanos define a compartimentação meridional do cráton, servindo como antepaís para as deformações subsequentes ocorridas durante o Paleoproterozoico (Orogenia Minas-Bahia, *ca.* 2,1–2,0 Ga) e o Neoproterozoico (Ciclo Brasileiro, *ca.* 0,63–0,50 Ga) (Alkmim; Marshak, 1998; Castro *et al.*, 2020).

2.1.2 Quadrilátero Ferrífero

O Quadrilátero Ferrífero (Figura 6) configura-se como uma das províncias minerais mais expressivas do Cráton do São Francisco, situando-se em seu compartimento meridional e exibindo uma arquitetura morfoestrutural do tipo domos e quilhas (*domes and keels*) (Alkmim; Marshak, 1998), onde o embasamento cristalino arqueano aflora em estruturas dômicas que são circundadas por cinturões de rochas metassupracrustais.

Figura 6: Setor sul do Cráton do São Francisco. Destaque para o Quadrilátero Ferrífero onde há inserido um polígono vermelho representando a área deste estudo.



Fonte: Adaptado de Endo *et al.* (2019).

É composto por complexos gnáissico-migmatíticos, como as unidades Santa Bárbara, Bonfim e Bação, que segundo Lana *et al.* (2013), registram pulsos magmáticos de afinidade TTG e granitos potássicos (3,2 – 2,7 Ga) responsáveis pela estruturação da crosta arqueana da região. Sobre este embasamento, desenvolveu-se o Supergrupo Rio das Velhas, uma sequência do tipo *greenstone belt* de idade arqueana que se subdivide no Grupo Quebra Osso (unidade basal), constituído por associações metavulcânicas máficas a ultramáficas; no Grupo Nova Lima (unidade intermediária), composto por associações metavulcânicas e metassedimentares químicas; e no Grupo Maquiné (unidade superior), composto predominantemente por rochas metassedimentares clásticas. Baltazar e Zucchetti (2007) sugerem que estas unidades foram amalgamadas e deformadas durante o Ciclo Rio das Velhas (*ca.* 2,8 – 2,7 Ga), consolidando a arquitetura primitiva do cráton.

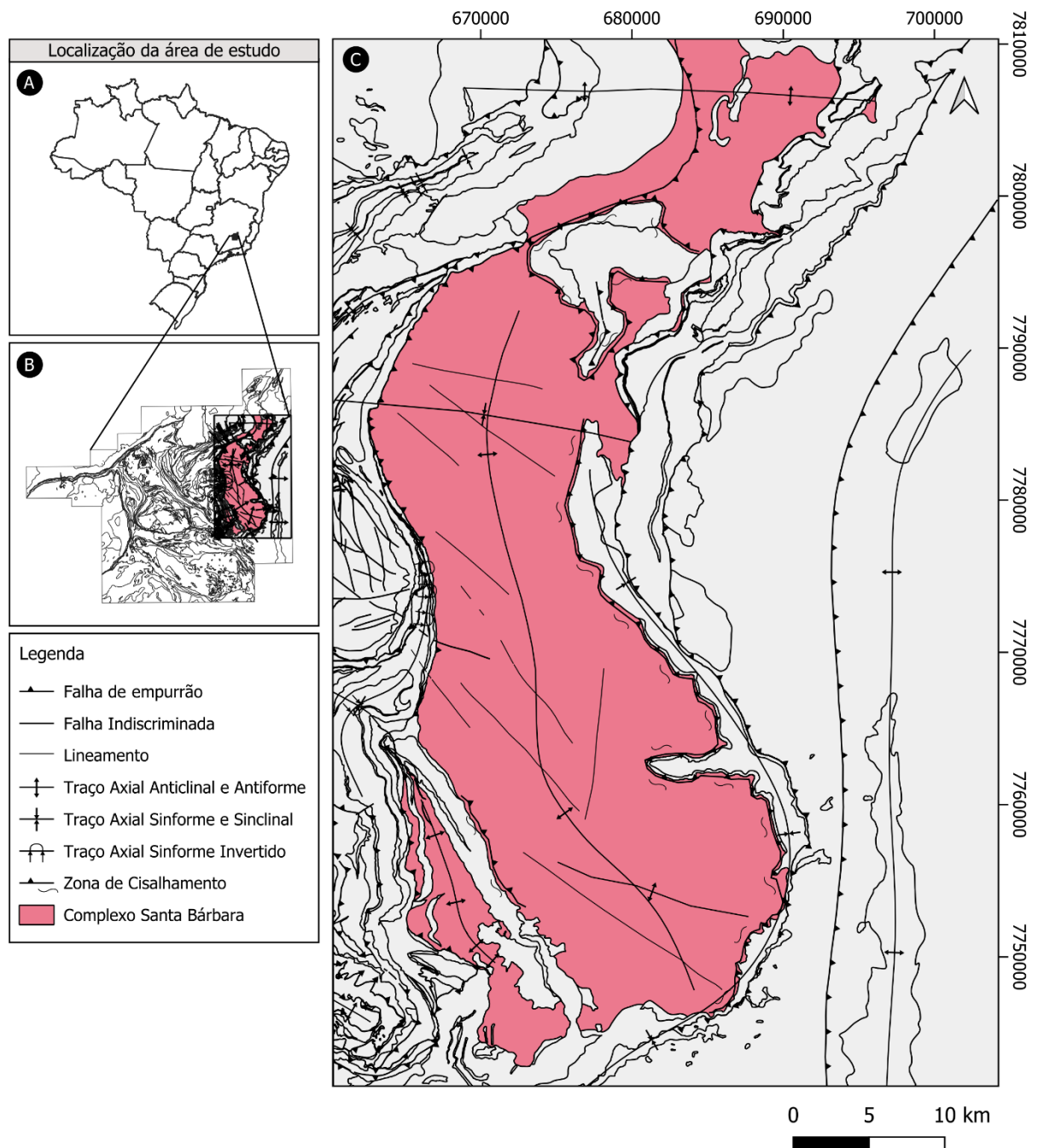
A sucessão estratigráfica prossegue com o Supergrupo Minas, unidade paleoproterozoica que marca a transição de um regime de margem passiva para um contexto de bacia de antepaís (*foreland*). Já o Grupo Itabira apresenta extensas Formações Ferríferas Bandadas (BIFs) vinculadas ao Grande Evento de Oxigenação global (GOE) (Bekker *et al.*, 2004). Segundo Alkmim; Martins-Neto, (2012) e Bruno *et al.* (2021), a estruturação final desta bacia é atribuída à Orogênese Minas-Bahia (*ca.* 2,1 – 2,0 Ga), evento colisional que promoveu o encurtamento e o metamorfismo das rochas supracrustais. Embora o Quadrilátero Ferrífero integre o Paleocontinente São Francisco, sua borda leste registra importante retrabalhamento tectônico associado à evolução do Orógeno Araçuai durante o Ciclo Brasileiro. Nessa parte, o embasamento arqueano-paleoproterozoico e suas coberturas foram deformados e incorporados à frente orogênica brasileira (Pedrosa-Soares; Alkmim, 2011; Barrote *et al.* 2022).

2.1.2.1 Complexo Santa Bárbara

O Complexo Santa Bárbara (Figura 7) constitui um domínio de embasamento paleoarqueano do Quadrilátero Ferrífero, cuja formação está vinculada ao Evento Santa Bárbara (Lana *et al.*, 2013), representando o pulso magmático principal que deu origem ao núcleo cristalino da unidade. Embora sua arquitetura primária seja paleoarqueana, o complexo preserva registros de eventos magmáticos e tectônicos subsequentes, como os eventos Rio das Velhas I e II (2,9 a 2,7 Ga) (Lana *et al.*, 2013). Conforme destacado por Fonseca (2017), a identificação de diversas idades neoarqueanas na região de Mariana evidencia episódios de cristalização e

retrabalhamento térmico de protólitos originais, sugerindo que o domínio do complexo se estenda para leste, sobrepondo áreas antes atribuídas ao Complexo Mantiqueira.

Figura 7: Localização do Complexo Santa Bárbara. (A) Mapa do Brasil com a divisão política estadual. (B) Mapa localizando a área em relação ao Quadrilátero Ferrífero. (C) Mapa geológico simplificado com ênfase no Complexo Santa Bárbara.



Fonte: Autor (2026), adaptado de Endo *et al.* (2019).

O complexo apresenta heterogeneidade litológica, sendo constituído por ortognaisses bandados de composição tonalítica a granodiorítica, leucognaisses, *augen* gnaisses e epidoto-biotita gnaisses (Fonseca, 2017). Como observado por Silva (2007) e Farina *et al.* (2015), a presença de feldspato potássico é comum em fases mais evoluídas e em porções afetadas por processos de migmatização neoarqueana. Além do embasamento félsico, ocorrem corpos de rochas máficas (anfibolitos) e metaultramáficas, representadas por metaperidotitos e espinélio-metaperidotitos (Fonseca, 2017). Conforme discutido por Lana *et al.* (2013) e Farina *et al.* (2015), a geração dos protólitos do Complexo Santa Bárbara é atribuída a episódios de magmatismo juvenil e retrabalhamento crustal em ambientes de subducção e acreção continental durante o Arqueano.

Embora o Complexo Santa Bárbara represente tectonicamente um núcleo arqueano estável do Paleocontinente São Francisco, a unidade atua como embasamento retrabalhado no contexto do Orógeno Araçuaí durante o Neoproterozoico. Segundo Alkmim *et al.* (2006) e Barrote *et al.* (2022), este retrabalhamento é balizado por zonas de cisalhamento regionais, como a Falha de Água Quente, e pelo desenvolvimento de milonitos e texturas de reequilíbrio metamórfico que registram a influência da orogenia brasileira.

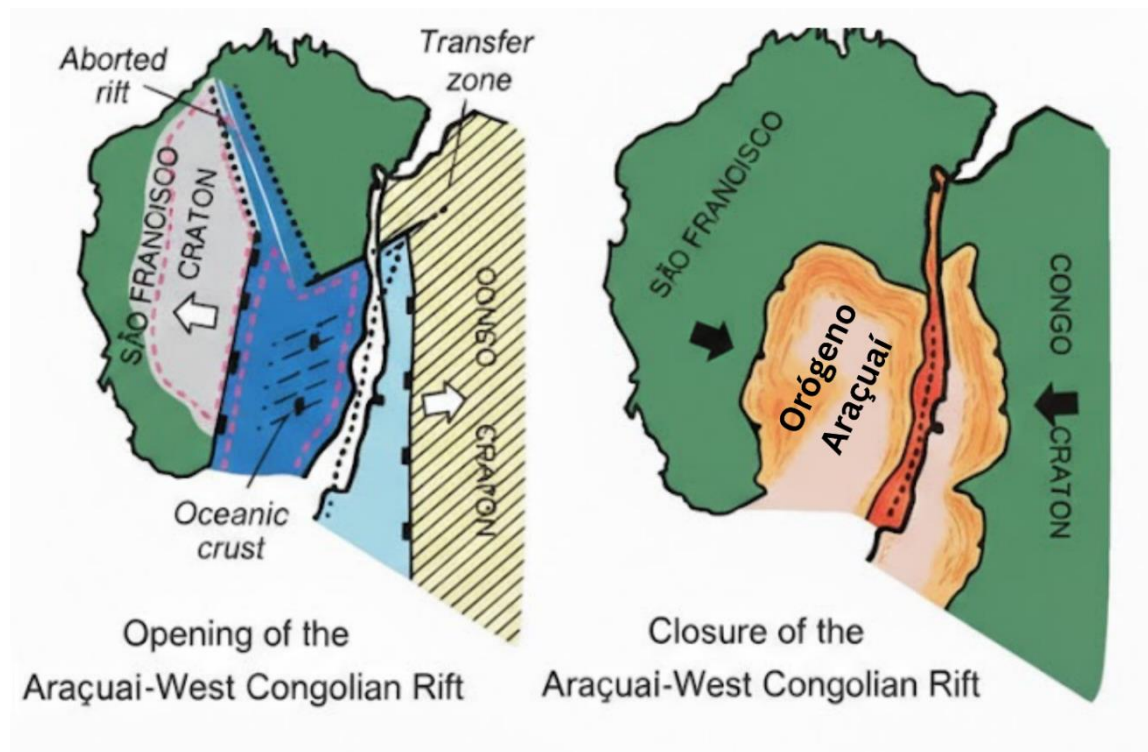
2.2 Orógeno Araçuaí

O Orógeno Araçuaí constitui um dos principais sistemas orogênicos neoproterozoicos do Gondwana Ocidental. É delimitado a oeste pelo Cráton do São Francisco e a leste pela margem continental atlântica. De acordo com *e.g.*, Heilbron *et al.* (2017), este orógeno representa a parte norte da Província Mantiqueira e registra a consolidação do supercontinente Gondwana.

Do ponto de vista estrutural, o Orógeno Araçuaí é caracterizado por uma arquitetura que envolve desde domínios de antepaís até zonas de alto grau metamórfico e extensos domínios graníticos. Segundo o modelo *nutcracker tectonics* proposto por Alkmim *et al.* (2006), este orógeno desenvolveu-se no interior de uma reentrância cratônica, configurando um sistema orogênico confinado, o que confere ao sistema uma geometria em forma de "V", com as tramas estruturais convergindo para o interior desta concavidade, tendo sua evolução associada à colisão neoproterozoica entre os paleocontinentes São Francisco e Congo (Figura 8). Conforme detalhado por Pedrosa-Soares *et al.* (2008) e Heilbron *et al.* (2017), a convergência entre os blocos continentais foi acomodada por um intenso encurtamento crustal e espessamento

litosférico, fortemente condicionados pela reativação de estruturas herdadas de eventos extensionais anteriores.

Figura 8: Modelo evolutivo do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental proposto por Pedrosa-Soares *et al.* (1992).

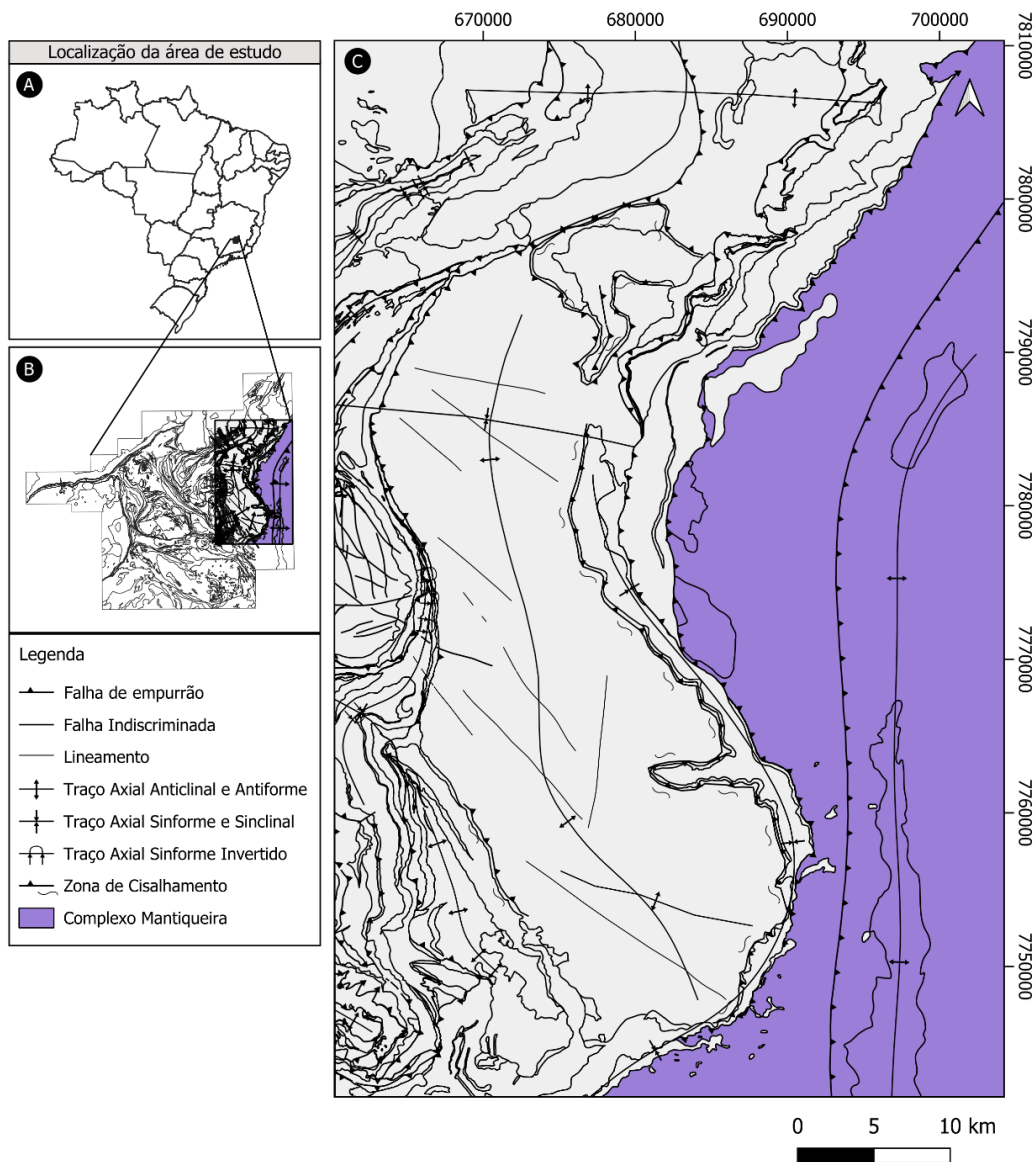


Fonte: Adaptado de Alkmim *et al.* (2006).

2.2.1 Complexo Mantiqueira e Bloco Piedade

O Complexo Mantiqueira (Figura 9) constitui um dos domínios geológicos mais externos da região de estudo em relação ao Cráton do São Francisco. Esta unidade representa um segmento de embasamento intensamente retrabalhado, cuja estruturação atual reflete a superposição de eventos tectonometamórficos paleoproterozoicos e neoproterozoicos (Heilbron *et al.*, 2010; Bruno *et al.*, 2020).

Figura 9: Localização do Complexo Mantiqueira. (A) Mapa do Brasil com a divisão política estadual. (B) Mapa localizando a área em relação ao Quadrilátero Ferrífero. (C) Mapa geológico simplificado com ênfase no Complexo Mantiqueira mapeado na área de estudo.



Fonte: Autor (2026), adaptado de Endo *et al.* (2019).

Do ponto de vista litológico, o complexo é composto predominantemente por ortognaisses bandados e migmatitos de afinidade cálcio-alcálica (Duarte *et al.*, 2004; Heilbron *et al.*, 2017). De acordo com Silva *et al.* (2002) e Bruno *et al.* (2021), estas rochas registram um magmatismo riaciano (ca. 2,2–2,05 Ga) interpretado como o estágio de consolidação de um arco magmático continental vinculado à Orogenia Minas-Bahia. Frequentemente, esses ortognaisses exibem herança crustal arqueana, caracterizado por núcleos de zircão herdados com idades entre 3,2 e 2,6 Ga (Cutts *et al.*, 2020), sugerindo que o arco magmático se

desenvolveu sobre uma crosta antiga preexistente (Duarte *et al.*, 2004; Noce *et al.*, 2007). As assinaturas geoquímicas apresentadas por Bruno *et al.* (2020) indicam ambientes de subducção, com enriquecimento em ETR leves e anomalias negativas de Nb e Ti.

O Bloco Piedade é caracterizado e proposto por Bruno *et al.* (2020) como um domínio neoarqueano (*ca.* 2,7 Ga) tectonicamente acoplado ao embasamento durante os estágios de colisão paleoproterozoica preservando evidências de uma história policíclica, com cristalização neoarqueana e episódio de metamorfismo de alto grau, atingindo condições de fácies anfibolito superior a granulito no Paleoproterozoico, representando a zona de sutura e máximo espessamento crustal do Orógeno Minas-Bahia (Bruno *et al.* 2021).

O arcabouço estrutural da unidade foi afetado durante o ciclo Brasileiro (0,63–0,50 Ga), evento este que promoveu um intenso retrabalhamento térmico, resultando em zonas de cisalhamento regionais e migmatização sincinemática (Barrote *et al.*, 2022). Embora Kuribara *et al.* (2019) sugiram que as condições P-T obtidas possam refletir um evento metamórfico principal, a integração de dados geocronológicos e petrológicos reforça que as assinaturas atuais são o produto de uma história polimetamórfica complexa, onde a fusão parcial e o reequilíbrio em alto grau dificultam a distinção completa dos protólitos originais (Cutts & Lana, 2019; Bruno *et al.*, 2021).

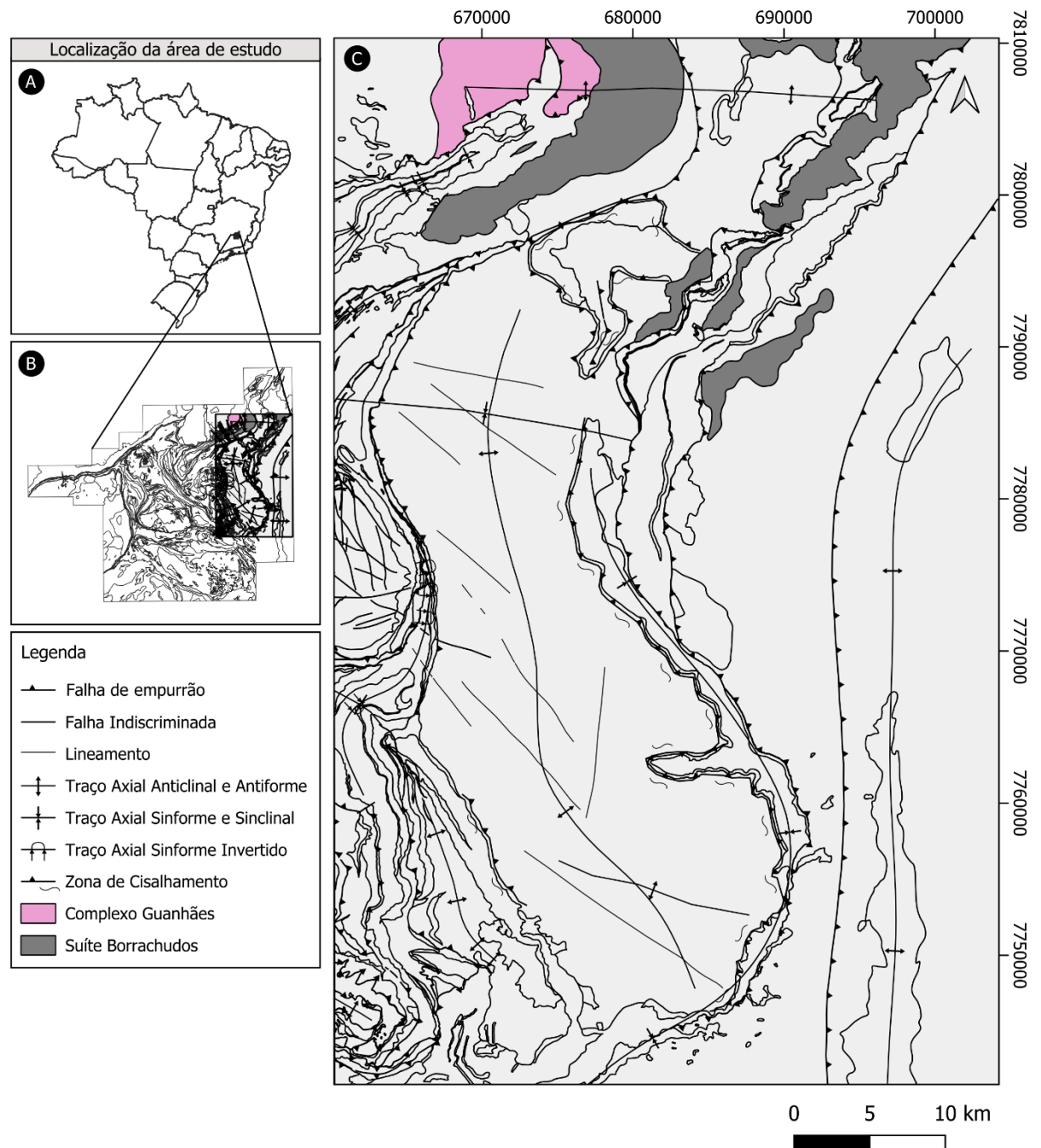
2.2.2 Bloco Guanhães e Suíte Borrachudos

O Bloco Guanhães representa um *basement inlier* do Orógeno Araçuaí, constituindo um segmento do domínio externo do orógeno composto por embasamento arqueano a paleoproterozoico, suítes ígneas anorogênicas, diques e sequências metassupracrustais (Barrote *et al.*, 2022; Kuchenbecker; Barbuena, 2023). O embasamento é representado pelo Complexo Guanhães, constituído por ortognaisses TTG, migmatitos e granitos cujas idades de cristalização variam entre 3,15 e 2,7 Ga (Silva *et al.*, 2002; Barrote, 2016; Leandro, 2021). Além do registro arqueano, o bloco preserva plútons paleoproterozoicos (2,15–2,01 Ga), como os plútons Felício e Mercês, vinculados à Orogenia Minas-Bahia (Grochowski *et al.*, 2021), magmatismo anorogênico (Tipo-A) da Suíte Borrachudos (1,79–1,70 Ga) (Gomes *et al.*, 2020), Suíte Pedro Lessa (*ca.* 930 Ma) (Castro *et al.*, 2019), Candonga (*ca.* 670 Ma) (Kuchenbecker; Barbuena, 2023), além de granitos e pegmatitos orogênicos relacionados ao estágio colisional e ao colapso do Orógeno Araçuaí (*ca.* 560–490 Ma) (Barrote *et al.*, 2022; Silveira Braga *et al.*, 2020) e diques máficos mesozoicos (Dussin, 1995).

A Suíte Borrachudos (Figura 10) é interpretada como parte de uma grande província ígnea (LIP) constituída por granitos alcalinos a subalcalinos (Tipo-A) com idades de aproximadamente 1,7 Ga. Este magmatismo anorogênico constitui o principal registro do evento extensional estateriano (1,79–1,70 Ga) na borda leste do Cráton do São Francisco (Gomes *et al.*, 2020). Brito Neves *et al.* (1996) e Kuchenbecker e Barbuena (2023), discutem que esse episódio marca uma importante fase de instabilidade tectônica e tentativa de fragmentação do Paleocontinente São Francisco-Congo durante o Paleoproterozoico.

Segundo Kuchenbecker e Barbuena (2023), a presença desta suíte na região evidencia a existência de um sistema de riftes paleoproterozoicos que desestabilizaram a margem do paleocontinente sendo responsável pela criação de zonas de fraqueza crustal e descontinuidades reológicas que condicionaram a arquitetura da margem continental. Esse arcabouço permitiu a posterior inversão tectônica e o desenvolvimento de zonas de empurrão durante a convergência brasileira.

Figura 10: Localização do Complexo Guanhães e Suíte Borrachudos. (A) Mapa do Brasil com a divisão política estadual. (B) Mapa localizando a área em relação ao Quadrilátero Ferrífero. (C) Mapa geológico simplificado com ênfase no Complexo Guanhães e Suíte Borrachudos na área de estudo.



Fonte: Autor (2026), adaptado de Endo *et al.* (2019).

3 RESULTADOS

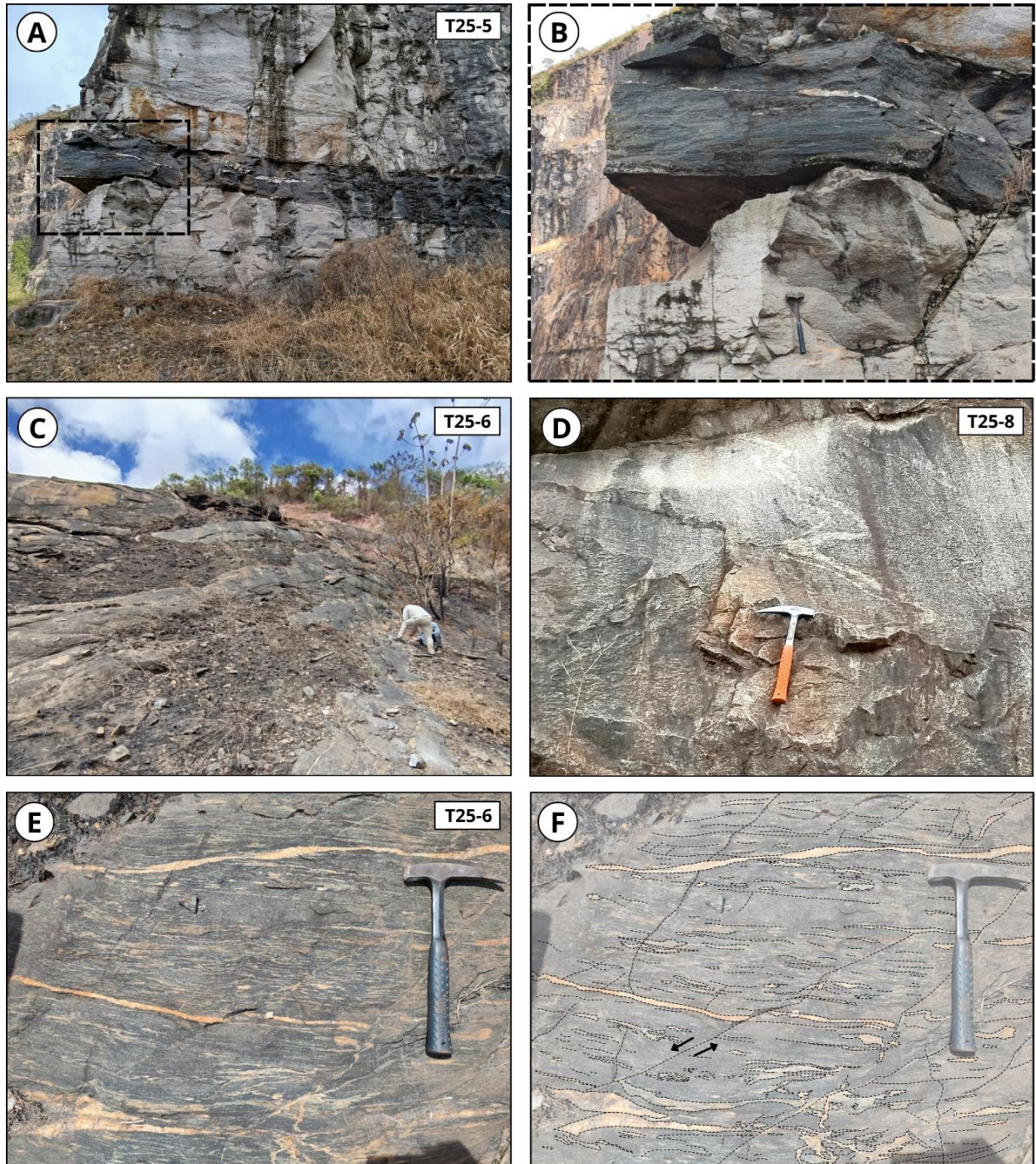
3.1 Caracterização petrográfica

Foram estudadas rochas metaígneas félsicas e máficas, de médio grau metamórfico, coletadas na parte norte do Complexo Santa Bárbara, em interface com o Complexo Mantiqueira e a Suíte Borrachudos. As unidades gnáissicas graníticas presentes na região preservam o registro de uma evolução crustal polifásica. Os diferentes litotipos compreendem uma longa história evolutiva, desde a nucleação arqueana e magmatismo de arco paleoproterozoico até o rifteamento estateriano, posteriormente deformados e retrabalhados durante o Ciclo Brasileiro. Os corpos máficos identificados ocorrem tanto no Complexo Santa Bárbara quanto no Complexo Mantiqueira.

3.1.1 Complexo Santa Bárbara

No total, foram descritas nove amostras de rochas metaígneas félsicas e máficas, representativas do Complexo Santa Bárbara (T25-05A, T25-05B, T25-06A, T25-06C, T25-07A, T25-07B, T25-08AB, T25-09 e T25-14). As exposições visitadas ocorrem em pedreiras (Figura 11A), onde o gnaiss félsico foi intrudido por dique máfico (Figura 11B), e lajedos (Figura 11C). As rochas metaígneas félsicas são representadas por gnaisses de composição quartzo-monzonítica a granítica, enquanto as metamáficas são representadas por gabros. Algumas rochas exibem feições migmatíticas ptigmáticas, de acordo com Mehnert, (1968), podendo ser classificadas como metatexitos (Brown, 1973), com a presença de níveis leucossomáticos de geometria caótica (Figura 11D). Estes domínios encontram-se frequentemente afetados por fraturas e dobramentos (Figura 11 E e Figura 11F).

Figura 11: Aspectos de campo do Complexo Santa Bárbara no setor norte. (A) Pedreira desativada localizada no município de João Monlevade com polígono quadriculado destacando dique máfico que intrudiu o ortogneisse. (B) Detalhe do dique máfico concordante ao bandamento do ortogneisse apresentado em (A). (C) Lajedo localizado no município de São Gonçalo do Rio Abaixo. (D) Afloramento localizado próximo à divisa dos municípios São Gonçalo do Rio Abaixo e Santa Bárbara com feição migmatítica ptigmática. (E) Bandamento gnáissico. (F) Detalhe interpretativo da imagem (E) destacando fraturas e plano de falha.



Fonte: Autor (2026).

Entre as rochas félsicas ocorrem gnaisses de composição granodiorítica (Figura 12A), e monzogranítica (Figura 12B), caracterizadas pela coloração cinza e granulação média a grossa com bandas milimétricas a centimétricas de composição quartzo-feldspática e níveis ricos em biotita. Essas rochas exibem desde um bandamento gnáissico pouco desenvolvido a *augen* gnaisses, com porfiroclastos centimétricos de feldspatos. Associados a estes ortognaisses, ocorrem diques (Figura 12C), e enclaves metamáficos (Figura 12D), que apresentam cor cinza-escura a preta, textura nematoblástica definidas por cristais de hornblenda e biotita com relações de contato nítidas, seccionando a estrutura gnáissica hospedeira.

Figura 12: Aspectos macroscópicos de amostras do Complexo Santa Bárbara no setor norte. (A) Gnaiss granodiorítico. (B) Gnaiss monzogranítico. (C) Dique máfico que intradiu a rocha apresentada em B. (D) Enclave máfico pegmatítico em ortognaiss.

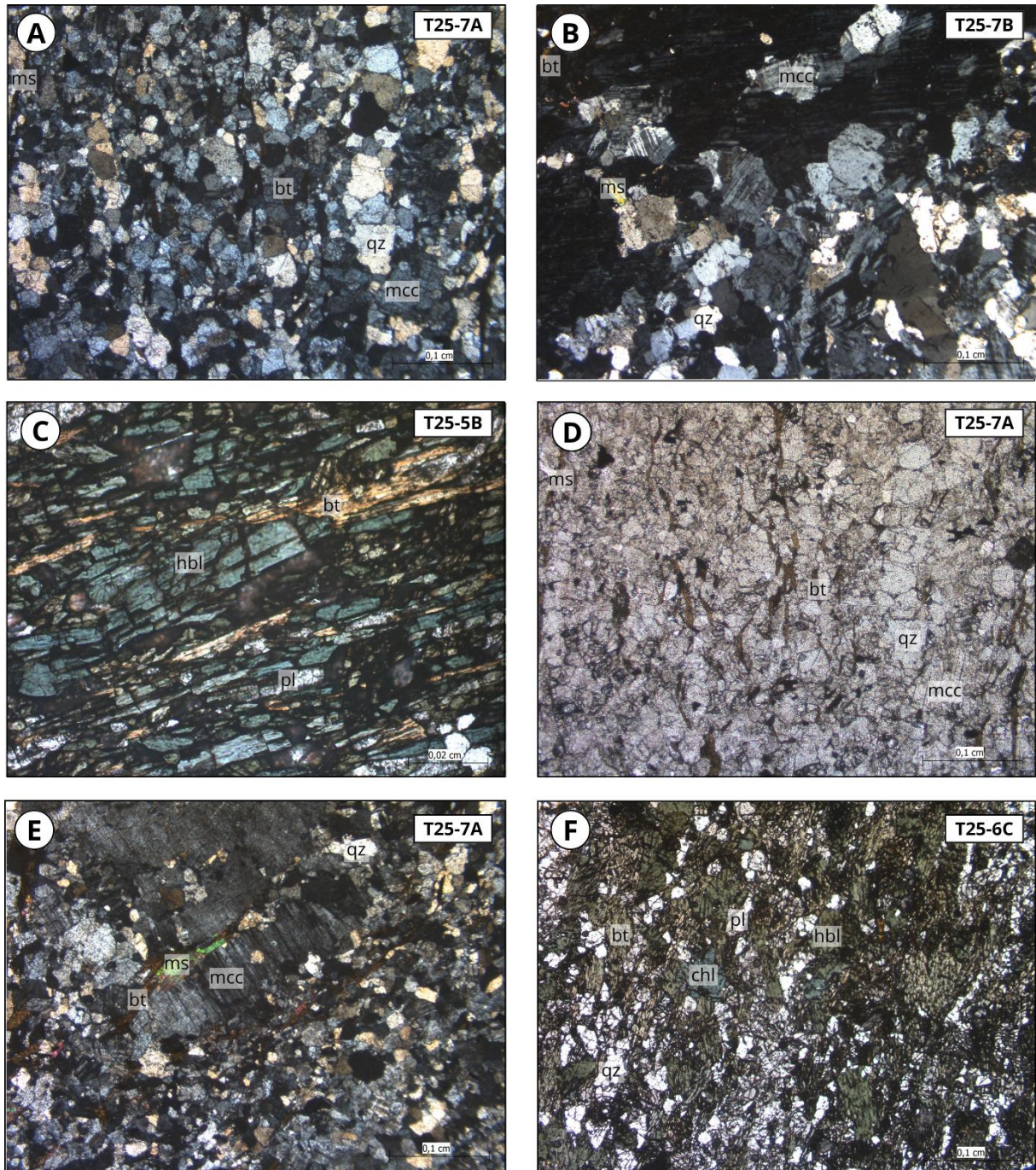


Fonte: Autor (2026).

Do ponto de vista microscópico, as amostras do Complexo Santa Bárbara apresentam associação mineral félsica predominada por cristais xenoblásticos a granoblásticos de quartzo, com extinção completa a ondulante (Figura 13A), cristais de microclíneo, também variando de xenoblásticos a granoblásticos, que em algumas amostras apresentam maclas *tartan*, constituindo até 40% da composição (Figura 13B), plagioclásio, predominantemente albita, que podem apresentar maclas polissintéticas e muscovita. Já a associação mineral máfica é predominada por cristais prismáticos subédricos de hornblenda verde-azulada nos diques e enclaves, que exibem pleocroísmo tricóico acentuado e extinção oblíqua (Figura 13C), e cristais tabulares de biotita nos ortognaisses, onde a maioria dos agregados apresentam uma orientação preferencial seguindo o plano da foliação marcando texturas predominantemente granolepidoblástica heteroblástica (Figuras 13D e 13E) variando para texturas nematogranoblásticas nas rochas metamáficas (Figura 13F).

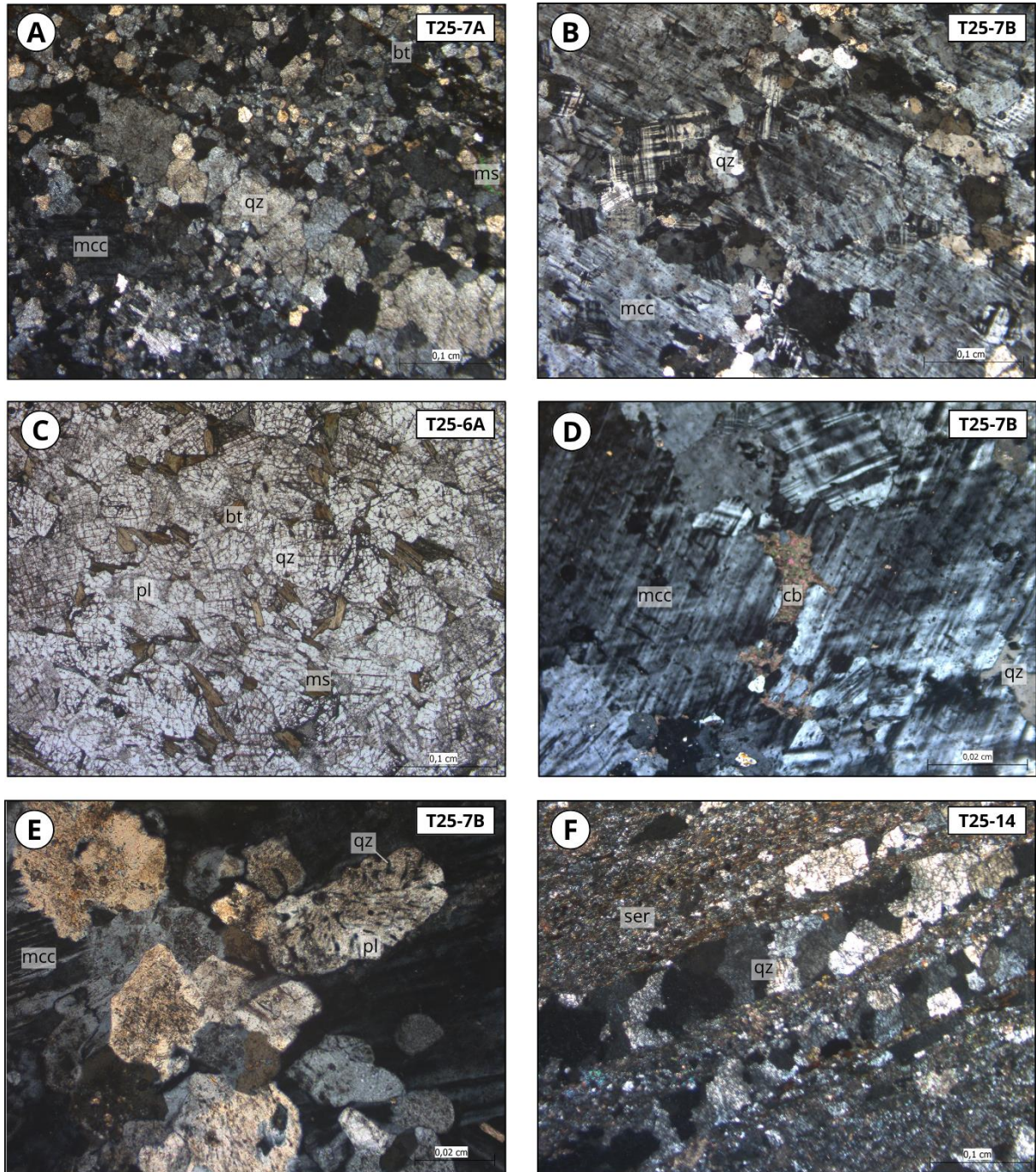
Algumas amostras exibem *ribbons* de quartzo com extinção ondulante, como na Figura 14A, e porfiroclastos centimétricos de microclíneo que pontualmente desenvolvem texturas poiquiloblásticas, englobando cristais menores de outros minerais (Figura 14B). Apresenta evidências de recristalização, onde cristais de biotita e muscovita aparecem desorientados ou decussados, contrastando com a orientação preferencial observada nas demais seções (Figura 14C), além de alteração de carbonato em algumas amostras (Figura 14D). Feições características de alta temperatura e reações magmáticas tardias são evidenciadas pela ocorrência de mirmequitas, intercrescimentos vermiculares de quartzo em plagioclásio (Figura 14E). Algumas amostras apresentam expressiva alteração e deformação, marcados por abundantes *ribbons* de quartzo alongados e achatados segundo o plano da foliação principal, imersos em uma matriz microcristalina de sericita (Figura 14F).

Figura 13: Aspectos microscópicos de amostras do Complexo Santa Bárbara no setor norte. (A) Gnaiss de composição monzogranítica evidenciando a associação mineral e extinção ondulante a nicóis cruzados. (B) Abundância de cristais de microclíneo com alguns cristais exibindo macla *tartan* a nicóis cruzados. (C) Associação mineral do dique máfico que intrudiu o gnaiss monzogranítico a luz plano polarizada. (D) Agregados de biotita apresentando orientação preferencial a luz plano polarizada. (E) Gnaiss granodiorítico com textura granolepidoblástica heteroblástica a nicóis cruzados. (F) Enclave máfico pegmatítico apresentando associação mineral e textura nematogranoblástica a luz plano polarizada.



Fonte: Autor (2026).

Figura 14: Aspectos microscópicos de amostras do Complexo Santa Bárbara no setor norte. (A) *Ribbon* de quartzo com extinção ondulante a nicois cruzados. (B) Textura poiquiloblástica caracterizada por cristal de microclíneo englobando outro cristal de microclíneo no canto inferior esquerdo a nicois cruzados. (C) Cristais de biotita apresentando orientação preferencial enquanto cristais de muscovita estão decussados a luz plano polarizada. (D) Alteração de carbonato entre cristais de microclíneo a nicois cruzados. (E) Intercrescimento vermicular de quartzo em plagioclásio (mirmequita) a nicois cruzados. (F) *Ribbons* de quartzo imersos em matriz sericítica a nicois cruzados.



Fonte: Autor (2026).

3.1.2 Complexo Mantiqueira

Foram descritas nove amostras de rochas metaígneas félsicas e máficas representativas para o Complexo Mantiqueira (T25-03A, T25-03B, T25-03C, T25-11A, T25-11B, T25-12, T25-13A, T25-13B, T25-13C). As exposições ocorrem em pedreiras (Figura 15A) e cortes de estrada (Figura 15B). As rochas metaígneas félsicas são predominantemente gnaisses de composição granitoide, bandados, que localmente apresentam feições migmatíticas e segregação leucocrática concordante ao bandamento (Figura 15C). Já as rochas metaígneas máficas ocorrem como enclaves, níveis máficos descontínuos ou exposições de cor cinza-escuro a preta (Figura 15D). Em escala de campo, alguns litotipos exibem leucossomas descontínuos e *patches* de geometria caótica (metatexitos) (Figura 15E), dobras intrafoliares, além de corpos boudinados (Figura 15F).

As amostras analisadas do Complexo Mantiqueira são predominantemente biotita gnaisses de composição granodiorítica. Exibem coloração variando de cinza-claro (Figura 16A) a cinza-rosado (Figura 16B), com granulação variando de fina a grossa. O bandamento gnáissico é definido pela alternância de níveis leucocráticos, compostos predominantemente por quartzo e feldspato (Figura 16C), e bandas melanocráticas ricas em biotita. Além disso, as rochas do complexo apresentam corpos metamáficos de coloração cinza-escuro a preta com granulação fina a média, que ocorrem como níveis descontínuos ou enclaves na estrutura gnáissica (Figura 16D).

Do ponto de vista microscópico, as amostras apresentam associação mineral félsica predominada por cristais xenoblásticos de quartzo, que exibem extinção ondulante e contatos que variam de poligonais a suturados (Figura 17A), microclíneo, que ocorre com maclas *tartan* variando de bem desenvolvidas a difusas (Figura 17B), plagioclásio, predominantemente albita, subidioblástico a xenoblástico, frequentemente afetado por sericitização e paletas de muscovita (Figura 17C). A associação mineral máfica é composta por minerais de hábito tabular, sendo biotita, hornblenda e clorita os minerais mais abundantes (Figura 17D). Apresenta textura granolepidoblástica heteroblástica, com variações locais para porfiroblásticas e nematogranoblásticas nos membros máficos. A mineralogia acessória inclui clorita, identificada pelo pleocroísmo verde-claro, alongação negativa e cores de interferência anômalas acastanhadas, ocorrendo em contato direto com as bordas da biotita (Figura 17E). Nos domínios de granulação fina, os contatos entre os cristais de quartzo variam de irregulares

a poligonais com algumas amostras apresentando *ribbons* de quartzo concordantes à foliação principal (Figura 17F).

Figura 15: Aspectos de campo dos afloramentos visitados do Complexo Mantiqueira. (A) Pedreira desativada localizada no município de Rio Piracicaba com polígono quadriculado destacando *patches* de leucossomas. (B) Afloramento em corte de estrada localizado no município de Rio Piracicaba. (C) Ortognaisse exibindo bandamento gnáissico. (D) Exposição rochosa predominantemente máfica. (E) Níveis leucossomáticos descontínuos e *patches* de geometria caótica (metatexito). (F) Detalhe do polígono quadriculado representado em (A) destacando *patch* leucocrático boudinado.

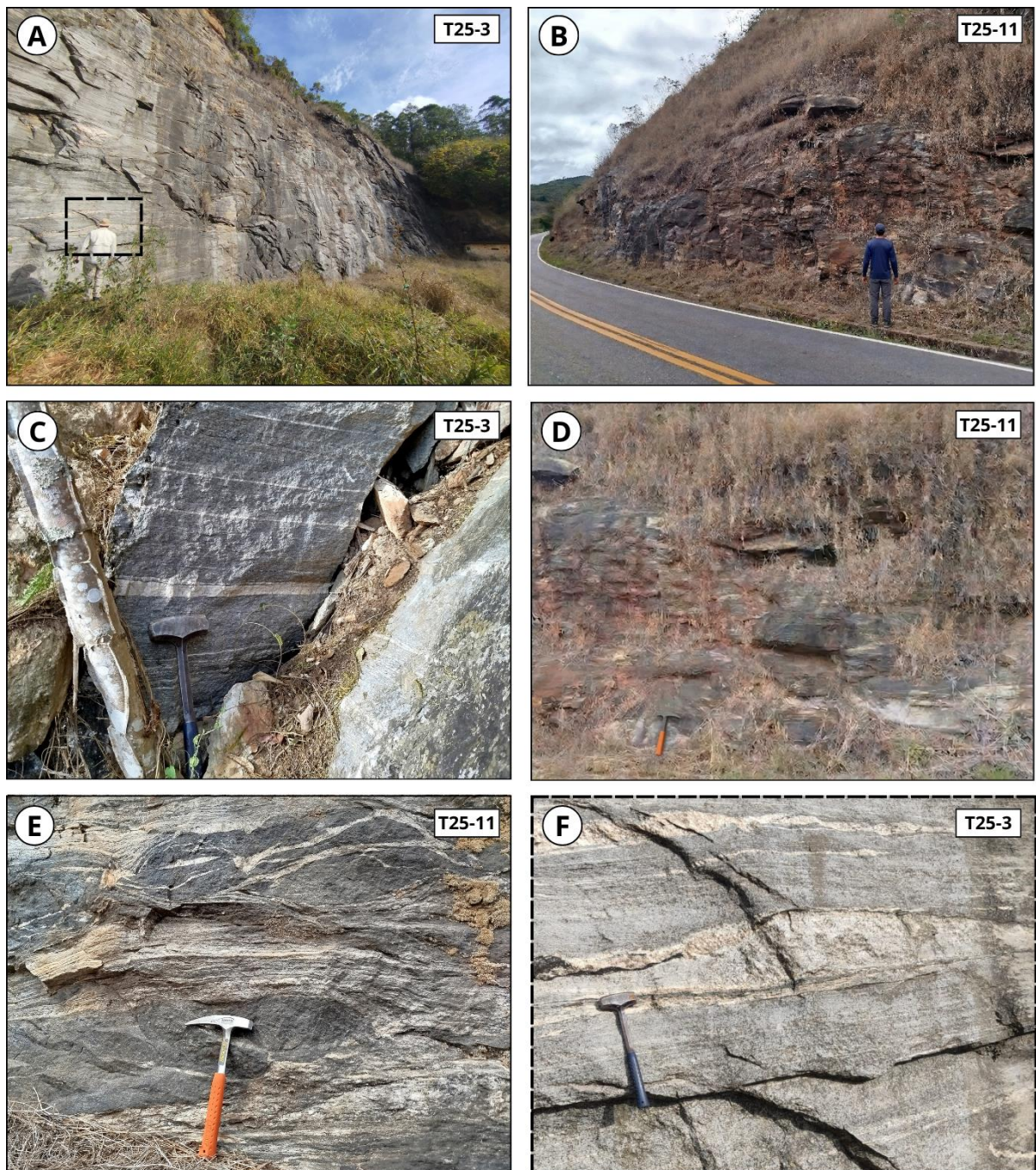
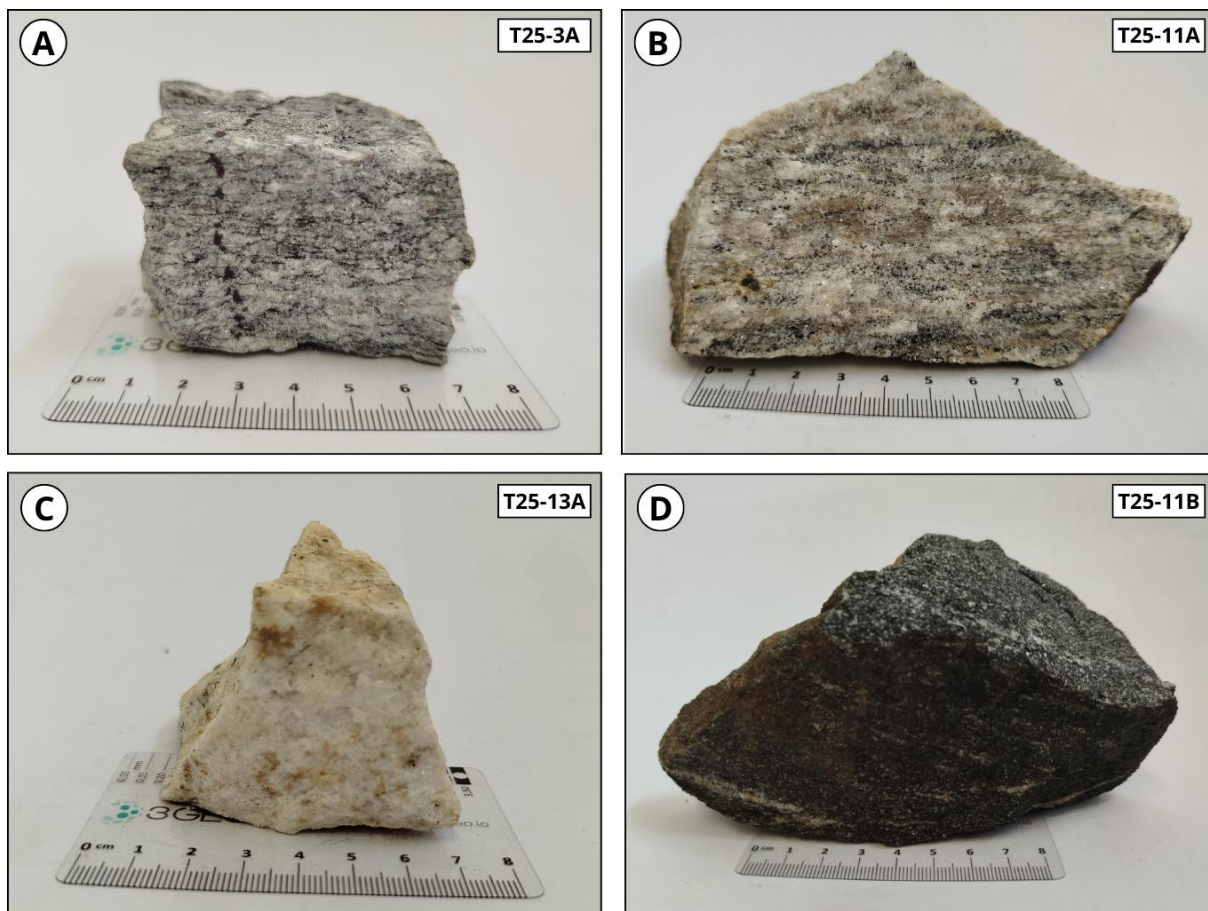
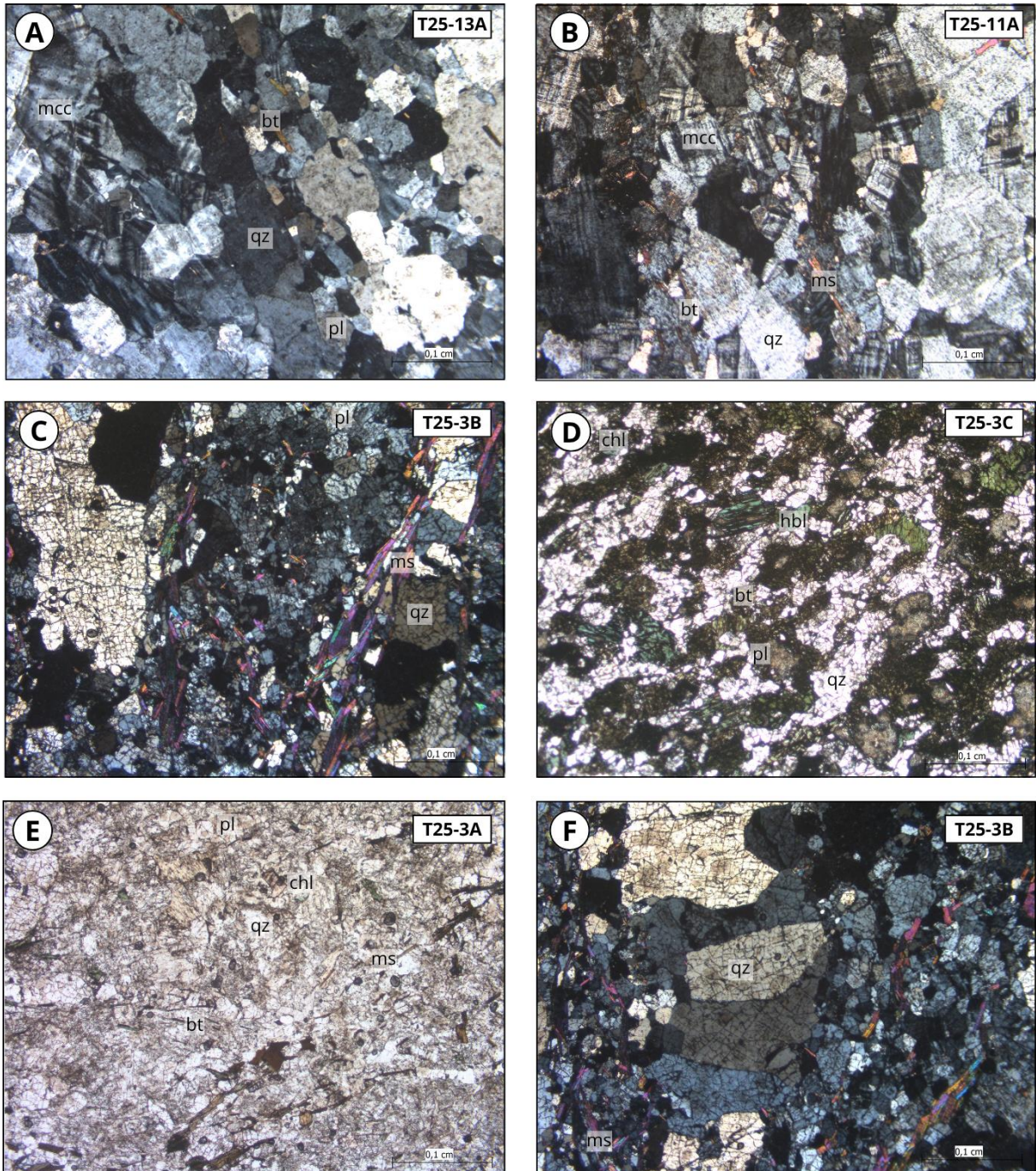


Figura 16: Aspectos macroscópicos de amostras do Complexo Mantiqueira. (A) Gnaiss granodiorítico com granulação predominantemente grossa. (B) Gnaiss granodiorítico com coloração cinza-rosada (C) Banda leucocrática de ortognaiss. (D) Enclave máfico presente em ortognaiss.



Fonte: Autor (2026).

Figura 17: Aspectos microscópicos de amostras do Complexo Mantiqueira. (A) Associação mineral félsica predominada por cristais a xenoblásticos de quartzo a nicois cruzados. (B) Microclíneo exibindo maclas *tartan* e difusas a nicois cruzados. (C) Palhetas de muscovita associada a planos de foliação a nicois cruzados. (D) Associação mineral máfica em enclave máfico presente em ortognaisses em luz plano polarizada. (E) Clorita associada a borda de plagioclásio em luz plano polarizada. (F) *Ribbons* de quartzo concordante a foliação visto a nicois cruzados.



Fonte: Autor (2026).

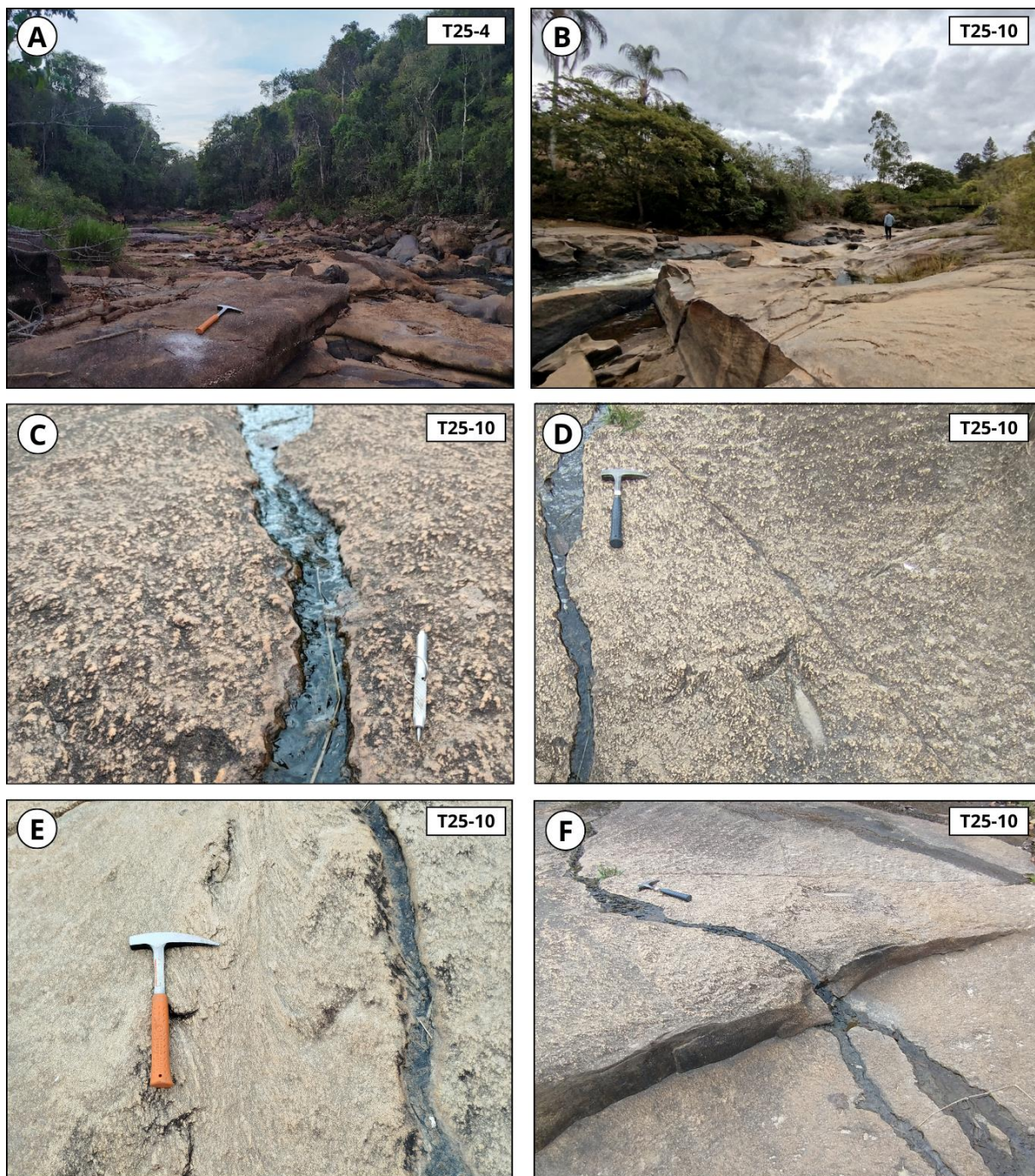
3.1.3 Suíte Borrachudos

Para a Suíte Borrachudos, foram descritas duas amostras representativas de corpos metagraníticos foliados (T25-04 e T25-10). Embora o conjunto amostral para esta unidade seja restrito, as amostras foram selecionadas por refletirem o litotipo predominante. As rochas estudadas ocorrem em lajedos contínuos expostos no leito de drenagens (Figura 18A e Figura 18B). Foi possível observar em campo que a foliação se manifestava de forma mais acentuada nos domínios com maior concentração de agregados de biotita. Além disso, exibe fenocristais orientados de microclíneo, que frequentemente se manifestam como porfiroclastos estirados imersos em uma matriz quartzo-feldspática (Figura 18C). Adicionalmente, observa-se a presença de famílias de fraturas (Figura 18D), feições estruturais de corpo granítico deformado (Figura 18E e Figura 18F), e veios de quartzo. Ao contrário do observado para os litotipos dos complexos Santa Bárbara e Mantiqueira, a unidade apresenta maior homogeneidade composicional e ausência de segregação leucocrática ou feições migmatíticas, o que facilita sua distinção em relação às demais em campo.

As amostras da Suíte Borrachudos consistem em metagranitos foliados de coloração cinza a cinza-rosada, com granulação variando de média a muito grossa. Apresentam fenocristais centimétricos de K-feldspato que se encontram frequentemente estirados segundo a foliação, além de cristais de quartzo, plagioclásio, predominantemente albita e ortoclásio, subédrico a xenoblásticos e palhetas de biotita, que em algumas amostras apresentam orientação preferencial (Figura 19A e Figura 19B).

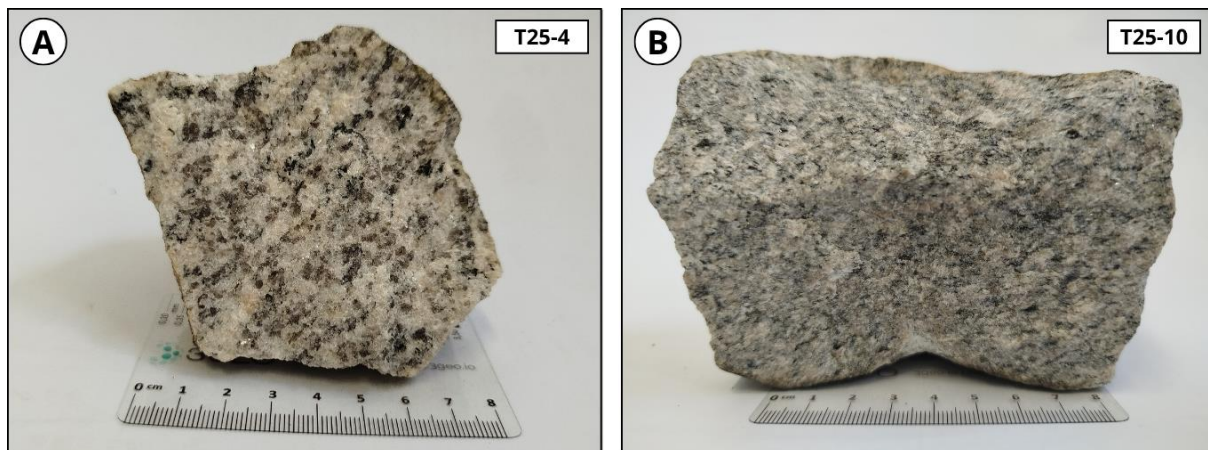
Do ponto de vista microscópico, as rochas analisadas da Suíte Borrachudos exibem textura granolepidoblástica heteroblástica, com granulação variando de média (Figura 20A) a muito grossa (Figura 20B). A associação mineral félsica é composta predominantemente por cristais de quartzo xenoblásticos com extinção ondulante e presença de *ribbons* orientados segundo a foliação, microclíneo que exibe maclas *tartan*, além de texturas de exsolução do tipo pertita (Figura 20C e Figura 20D), e plagioclásio que ocorre na forma de cristais subédricos. Já a associação mineral máfica é composta predominantemente por biotita, que ocorre em palhetas de pleocroísmo castanho (Figura 20E). Identificam-se também texturas poiquiloblásticas (Figura 20F), caracterizadas por cristais de maiores dimensões de quartzo e microclíneo que contêm inclusões de lamelas de biotita e muscovita.

Figura 18: Aspectos de campo dos afloramentos visitados da Suíte Borrachudos. (A) Afloramento localizado no município de João Monlevade, próximo a usina hidrelétrica Rio Piracicaba. (B) Afloramento localizado próximo a comunidade Cachoeira de Florária (Santa Bárbara-MG). (C) Fenocristais de K-feldspato centimétricos estirados e orientados. (D) Famílias de fraturas seccionando metagranito foliado. (E) Feições texturais macroscópicas e foliação tectônica no metagranito. (F) Feição estrutural de corpo granítico deformado.



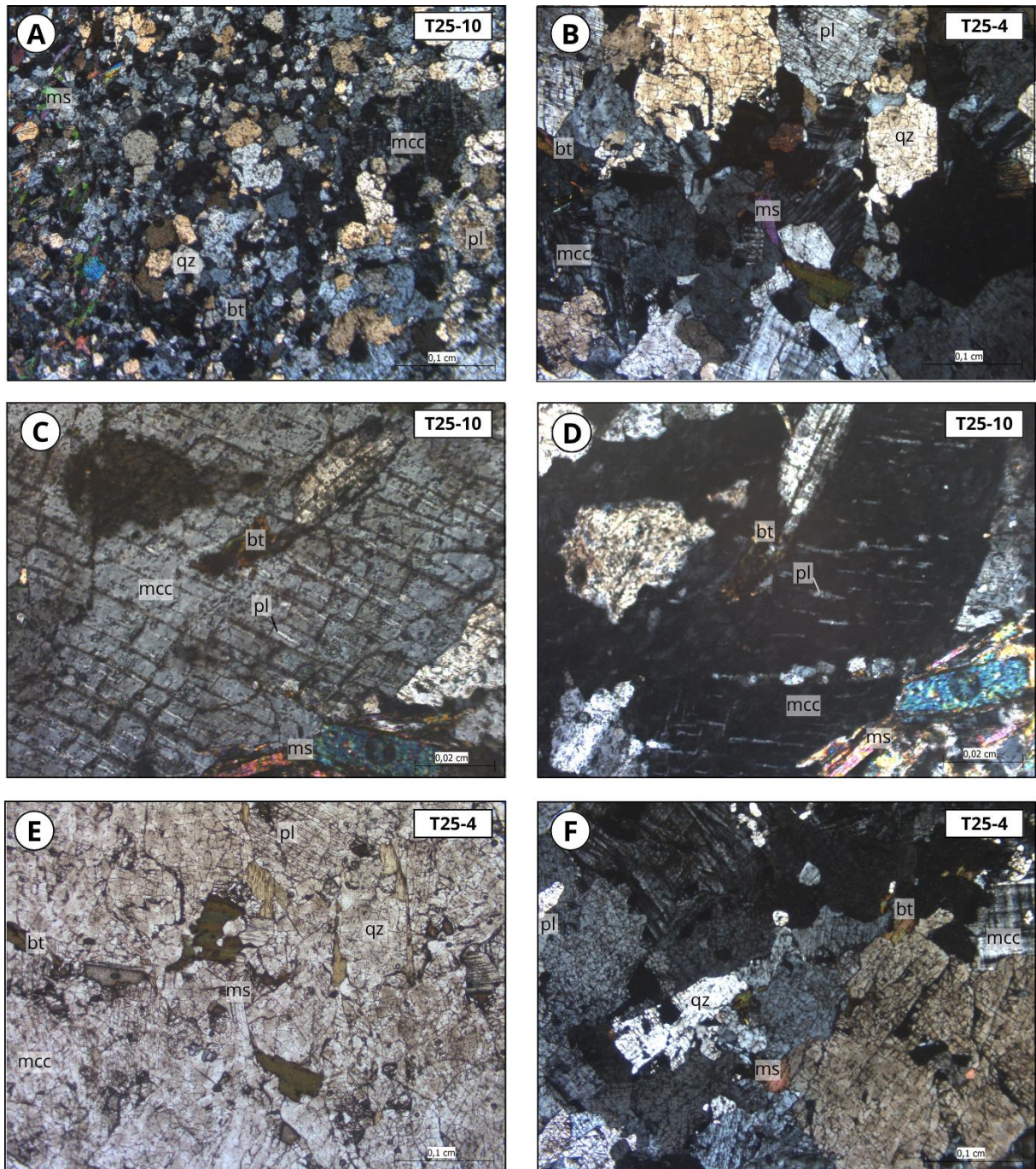
Fonte: Autor (2026).

Figura 19: Aspectos macroscópicos de amostras da Suíte Borrachudos. (A) Gnaiss de composição monzogranítica apresentando granulação grossa com trama de granito foliado. (B) Gnaiss porfiroclástico de composição monzogranítica apresentando trama de granito foliado e fenocristais de K-feldspato centimétricos.



Fonte: Autor (2026).

Figura 20: Aspectos microscópicos de amostras da Suíte Borrachudos. (A) Associação mineral e granulação média presente em amostra de gnaiss granítico a nicois cruzados. (B) Granulação muito grossa presente em amostra de gnaiss granítico a nicois cruzados. (C) Cristal de microclíneo exibindo textura do tipo pertita a nicois cruzados. (D) Imagem apresentada em (C) com a platina do microscópio rotacionada evidenciando a extinção do grão. (E) Associação mineral em luz plano polarizada evidenciando minerais máficos. (F) Microclíneo apresentando inclusão de quartzo no canto superior direito analisados a nicois cruzados.



Fonte: Autor (2026).

3.2 Litogeoquímica

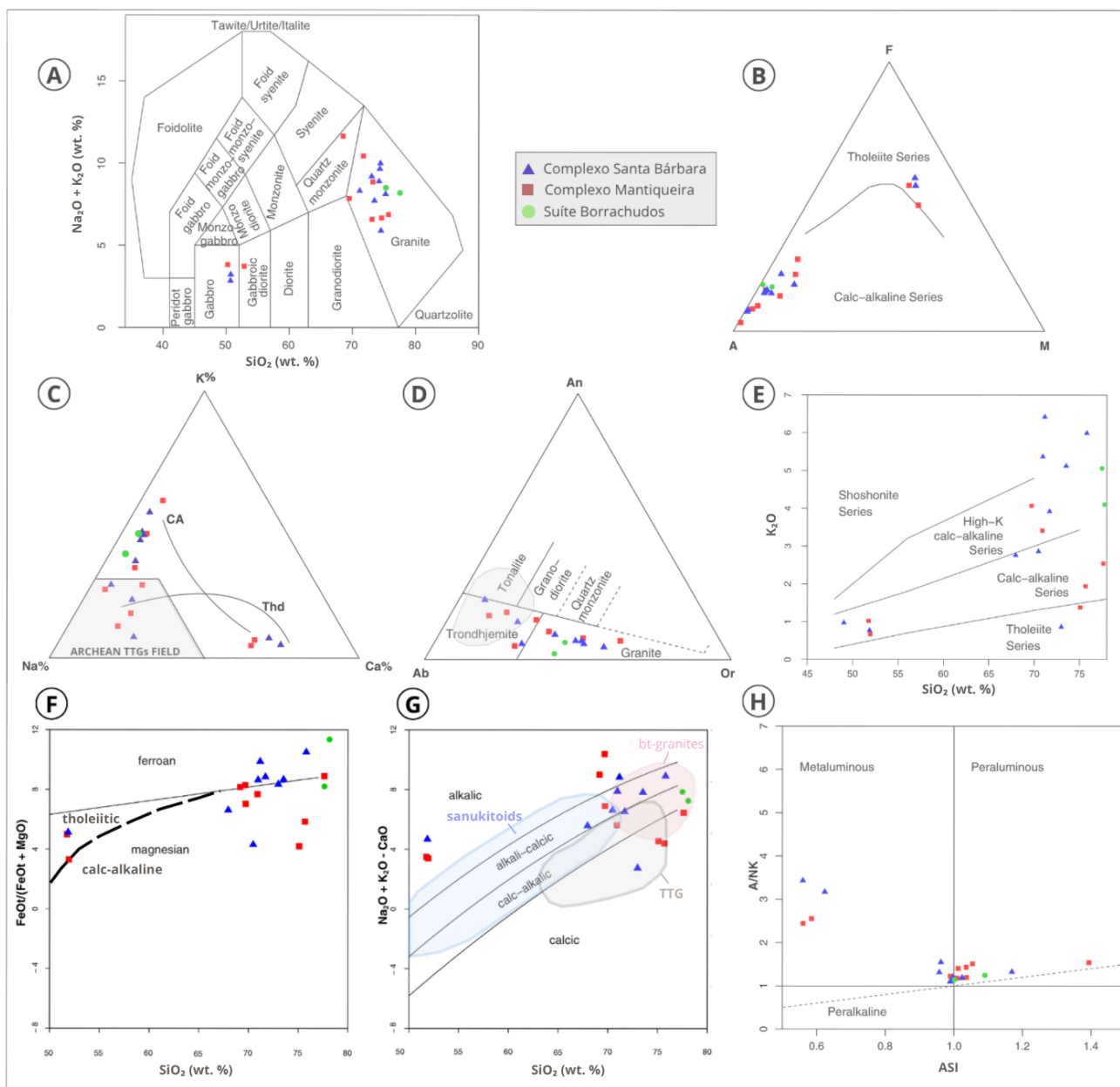
Os dados analíticos baseiam-se em 21 amostras representativas do setor norte do Complexo Santa Bárbara, do Complexo Mantiqueira à leste e a parte sul da Suíte Borrachudos. Os valores de perda ao fogo (LOI) situaram-se entre 0,02% e 1,36%, o que indica preservação geoquímica frente a processos intempéricos. Os somatórios dos óxidos majoritários, acrescidos do LOI, variaram entre 95,3% e 104,8% (Apêndice I). Embora alguns valores situem-se fora do intervalo ideal (98,5–101%), as amostras foram aceitas para a discussão petrogenética considerando a consistência das tendências observadas nos diagramas e a preservação das texturas ígneas e metamórficas. Para a plotagem em todos os diagramas de classificação e discriminantes, os dados foram recalculados para base anidra, seguindo as recomendações de Janoušek *et al.* (2006) e a rotina padrão do software GCDKit.

3.2.1 Classificação e séries magmáticas

O conjunto amostral exibe uma marcante bimodalidade composicional. As amostras são majoritariamente ácidas, com teores de SiO_2 entre 67% e 78%, além de membros máficos subordinados, com valores de sílica entre 49% a 52%. No diagrama TAS (Middlemost, 1994), os ortognaisses félsicos plotam predominantemente no campo dos granitos, região relacionada a evolução subalcalina, enquanto os membros máficos situam-se nos campos do gabro e diorito gabroico (Figura 21A). Essa distinção é corroborada pelo diagrama AFM de (Irvine & Baragar, 1971), onde as rochas metamáficas seguem a série toleítica, com enriquecimento em ferro total, e os ortognaisses félsicos distribuem-se ao longo da série calcialcalina (Figura 21B). No diagrama K–Na–Ca de Barker; Arth (1976), os gnaisses félsicos se concentram no *trend* cálcio-alcalino, com enriquecimento em K_2O (Figura 21C). Algumas amostras, principalmente as mais félsicas, apresentam deslocamento em direção ao campo trondhjémítico, sugerindo afinidade TTG e assinatura relativamente sódica. No diagrama ternário normativo An–Ab–Or (O'Connor, 1965), utilizado para a classificação das variedades ricas em quartzo (>10% normativo), as rochas félsicas do Complexo Santa Bárbara, Complexo Mantiqueira e Suíte Borrachudos concentram-se nos campos dos granitos e trondhjémito (Figura 21D). Os membros máficos, por possuírem baixos teores de quartzo normativo, não foram considerados para fins de classificação neste diagrama específico. De acordo com o diagrama SiO_2 vs. K_2O de Peccerillo; Taylor (1976), as amostras pertencem majoritariamente às séries cálcio-alcalinas de médio a

alto potássio (Figura 21E). Em relação à afinidade química e classificação tectônica de elementos maiores (Frost *et al.*, 2001), as rochas variam de um comportamento magnesiano a ferroano (Figura 21F), apresentando um *trend* evolutivo entre cálcico para alcalino-cálcico (Figura 21G). No diagrama ASI $\times$ A/NK de Shand (1943), as amostras do Complexo Santa Bárbara apresentam predominância metaluminosa, próximas ao limite do campo peraluminoso, enquanto as do Complexo Mantiqueira mostram caráter mais peraluminoso, com maiores valores de ASI. As amostras da Suíte Borrachudos concentram-se próximas à transição entre ambos os campos (Figura 21H).

Figura 21: Diagramas de classificação geoquímica para as amostras do setor norte do Complexo Santa Bárbara e unidades associadas. (A) Diagrama TAS (Middlemost, 1994) evidenciando o caráter subalcalino e a bimodalidade entre ortognaisses e membros máficos. (B) Diagrama ternário AFM (Irvine; Baragar, 1971) mostrando o *trend* calcialcalino das rochas félsicas e toleítico para os anfibolitos. (C) Diagrama ternário Na-K-Ca (Barker e Arth, 1976) destacando a evolução para termos mais potássicos. (D) Triângulo normativo An-Ab-Or (O'Connor, 1965). (E) Diagrama SiO_2 vs. K_2O (Peccerillo; Taylor, 1976) classificando a série de médio a alto potássio. (F) Diagrama de Frost *et al.* (2001) distinguindo afinidades ferroanas e magnesianas. (G) Diagrama MALI (Frost *et al.*, 2001) para o índice álcali-cálcico. Os campos de TTG, sanukitoide e biotita granito em (G) são de Laurent *et al.* (2014), compilações de Martin *et al.* (2009), Moyen (2011) e Moyen e Martin (2012). (H) Diagrama de Shand (1943) indicando a saturação em alumínio das unidades félsicas.

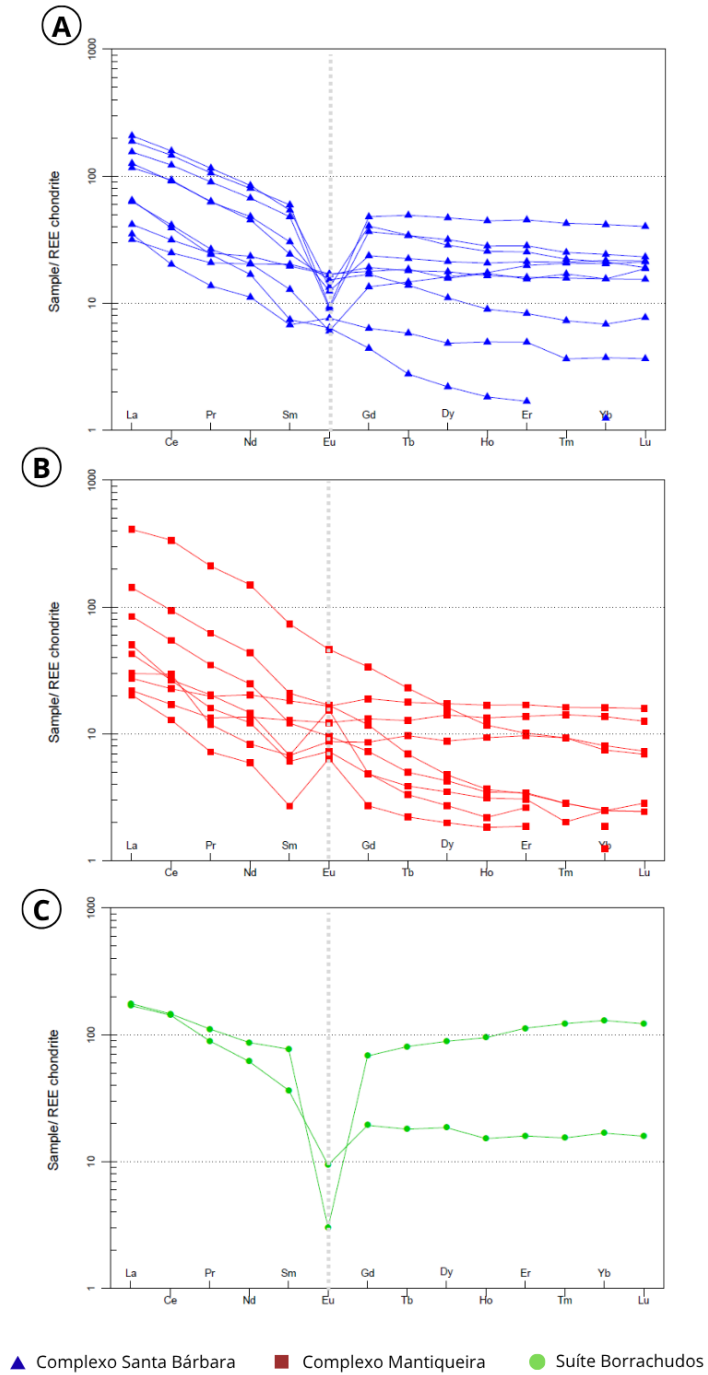


Fonte: Autor (2026).

3.2.2 Elementos Terras Raras

Os padrões de distribuição dos ETR normalizados pelo condrito exibem assinaturas geométricas e fracionamentos distintos entre as unidades investigadas. As amostras do Complexo Santa Bárbara e do Complexo Mantiqueira apresentam curvas semelhantes e paralelas, marcadas por um enriquecimento moderado a acentuado de ETR leves em relação aos pesados (Figuras 22A e 22B). Para o Complexo Santa Bárbara, a razão $(La/Yb)_N$ varia de 2,02 a 51,58, enquanto no Complexo Mantiqueira o intervalo situa-se entre 1,59 e 56,80. As anomalias de Európio (Eu) revelam amplitudes distintas. O Complexo Santa Bárbara apresenta anomalias predominantemente negativas a ausentes, com razões Eu/Eu^* entre 0,34 e 0,96. Já o Complexo Mantiqueira exibe maior heterogeneidade, com valores variando de 0,36 (anomalia negativa proeminente) a 2,61 (anomalia fortemente positiva). Em contrapartida, as amostras da Suíte Borrachudos exibem padrões sub-horizontais a suavemente fracionados (Figura 22C), com razões $(La/Yb)_N$ significativamente menores (1,35 a 10,05) e uma marcante e persistente anomalia negativa de Eu (Eu/Eu^* entre 0,17 e 0,53).

Figura 22: Padrões de Elementos Terras Raras (ETR) normalizados pelo condrito (Boynton, 1984) para as unidades investigadas. (A) Diagrama multielementar para amostras do Complexo Santa Bárbara. (B) Diagrama multielementar para amostras do Complexo Mantiqueira. (C) Diagrama multielementar para amostras da Suíte Borrachudos.



Fonte: Autor (2026).

4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

De acordo com Lana *et al.* (2013), o Complexo Santa Bárbara é composto por ortognaisses de afinidade TTG, gnaisses graníticos de alto K, migmatitos além de corpos máficos e ultramáficos, preservando o núcleo paleoarqueano (*ca.* 3,2 Ga) que serviu de base para sucessivos pulsos magmáticos (até *ca.* 2,7 Ga), responsáveis pela estruturação da crosta félsica regional. Do ponto de vista macroscópico apresenta associação mineral félsica representada por quartzo, plagioclásio e microclíneo e associação mineral máfica predominada por biotita e hornblenda. Sob aspecto microscópico, a presença de mirmequitas (amostra T25-07B) sugere processos de reequilíbrio textural em alta temperatura, indicando que a rocha estabilizou sob condições de fácies anfibolito. Esses dados convergem com os dados de Rodrigues (2023), que associa tais feições à maturação térmica e ao retrabalhamento térmico neoarqueano de protólitos mais antigos.

Segundo Bruno *et al.* (2020) o Complexo Mantiqueira é composto por ortognaisses bandados e suítes gnáissico-migmatíticas de afinidade cálcio-alcalina, representando um arco magmático continental riaciano (*ca.* 2,2 - 2,1 Ga). Do ponto de vista macroscópico, exibe associação mineral félsica composta predominantemente por quartzo, plagioclásio e microclíneo, e associação mineral máfica composta predominantemente por biotita e hornblenda. Sob aspecto microscópico, a identificação de texturas poiquiloblásticas (amostras T25-11A, T25-13B), sugere processos de recristalização metamórfica em condições de fácies anfibolito. Essa interpretação fundamenta-se em Fonseca (2017), que em seu estudo das rochas encaixantes do Complexo Mantiqueira descreve gnaisses e anfibolitos com hornblenda e feldspatos poiquiloblásticos como evidência do alcance de equilíbrio textural nesta fácies. Além disso, a frequente sericitização dos feldspatos e a ocorrência de clorita associada às bordas da biotita (amostras T25-03A, T25-11A) evidenciam estágios de retrometamorfismo e percolação de fluidos tardios. Conforme apontado por Fonseca (2017), a geração de clorita a partir da biotita, e de sericita a partir do plagioclásio marca a trajetória retrogressiva sofrida após o pico metamórfico.

Já a Suíte Borrachudos é composta por metagranitos alcalinos a subalcalinos de caráter anorogênicos, vinculados a uma LIP durante o rifteamento estateriano (*ca.* 1,75 Ga) (Gomes *et al.*, 2020). Do ponto de vista macroscópico, apresenta maior homogeneidade composicional em relação aos complexos gnáissicos, com associação mineral félsica predominada por quartzo, plagioclásio e microclíneo e associação máfica por biotita. Sob aspecto microscópico, a

presença de texturas pertíticas em cristais de microclíneo com macla *tartan* (amostras T25-04 e T25-10) sugere o resfriamento lento de magmas de alta temperatura. Esses dados estão de acordo com as proposições de Dussin (1994) e Barrote *et al.* (2022), que classificam a suíte como um magmatismo de Tipo-A, cujas feições ígneas originais foram preservadas mesmo após a deformação imposta pelo retrabalhamento neoproterozoico.

As assinaturas geoquímicas das unidades gnáissicas dos complexos Santa Bárbara e Mantiqueira revelam transição entre as séries TTG e calcialcalinas de alto potássio. No diagrama La/Yb_n versus Yb_n (Figura 23A), a afinidade de parte dessas amostras com a série TTG/adakito (altas razões La/Yb_n e baixas concentrações de Yb_n) sugerindo magmatismo gerado sob condições de alta pressão, com estabilidade de granada e/ou hornblenda no resíduo da fonte (Martin, 1986; Moyen, 2011). Contudo, a evolução para termos mais peraluminosos é nítida no diagrama de Laurent *et al.* (2014) (Figura 23B), onde o conjunto migra do campo dos TTGs para o campo de biotita granitos a duas micas, passando por granitos híbridos.

A análise das anomalias de Eu reforça a distinção evolutiva entre os domínios investigados. No Complexo Santa Bárbara, a predominância de anomalias negativas indica processos de diferenciação intracrustal ou a fusão de fontes onde o plagioclásio permaneceu estável no resíduo. Esse padrão indica um maior envolvimento de material crustal preexistente e retrabalhamento térmico neoarqueano (Farina *et al.*, 2015; Sousa, 2024). Em contraste, o Complexo Mantiqueira exibe anomalias que variam até valores fortemente positivos, sugerindo uma petrogênese distinta associada ao arco magmático riaciano. A ausência de anomalias negativas em diversas amostras sinaliza que o plagioclásio não foi uma fase residual importante na fonte, o que corrobora a geração de magmas em maiores profundidades sob regimes de alta pressão. Além disso, anomalias positivas de Eu nessas rochas podem estar vinculadas à natureza juvenil dos magmas ou a processos de acumulação local de feldspato durante a cristalização (Bruno *et al.*, 2020; Cutts *et al.*, 2020).

Apesar de o Complexo Mantiqueira ser regionalmente definido como um arco riaciano juvenil, os dados no setor norte indicam uma forte herança arqueana. A discriminação das fontes magmáticas (Figura 23C e 23D) reforça que a fusão de crosta félsica preexistente serviu como protólito principal para a geração dos ortognaisses. Contudo, a bimodalidade identificada é acentuada pela coexistência de membros derivados da fusão parcial de rochas máficas de baixo-K, indicando uma evolução petrogenética complexa que envolve tanto material crustal quanto contribuições mantélicas.

As rochas mapeadas como Complexo Mantiqueira no setor investigado, que tradicionalmente é descrito como um arco magmático Riachão (ca. 2,1 Ga) de caráter juvenil, indicam uma forte herança arqueana. A discriminação das fontes magmáticas (Figura 23C e Figura 23D) reforça a predominância de protólitos crustais na gênese dos ortognaisses, sugerindo que a fusão de crosta félsica preexistente serviu como fonte para processos de diferenciação. Contudo, deve-se notar a coexistência de membros derivados da fusão parcial de rochas máficas de baixo-K, que contribuem para a bimodalidade e a complexidade das assinaturas identificadas.

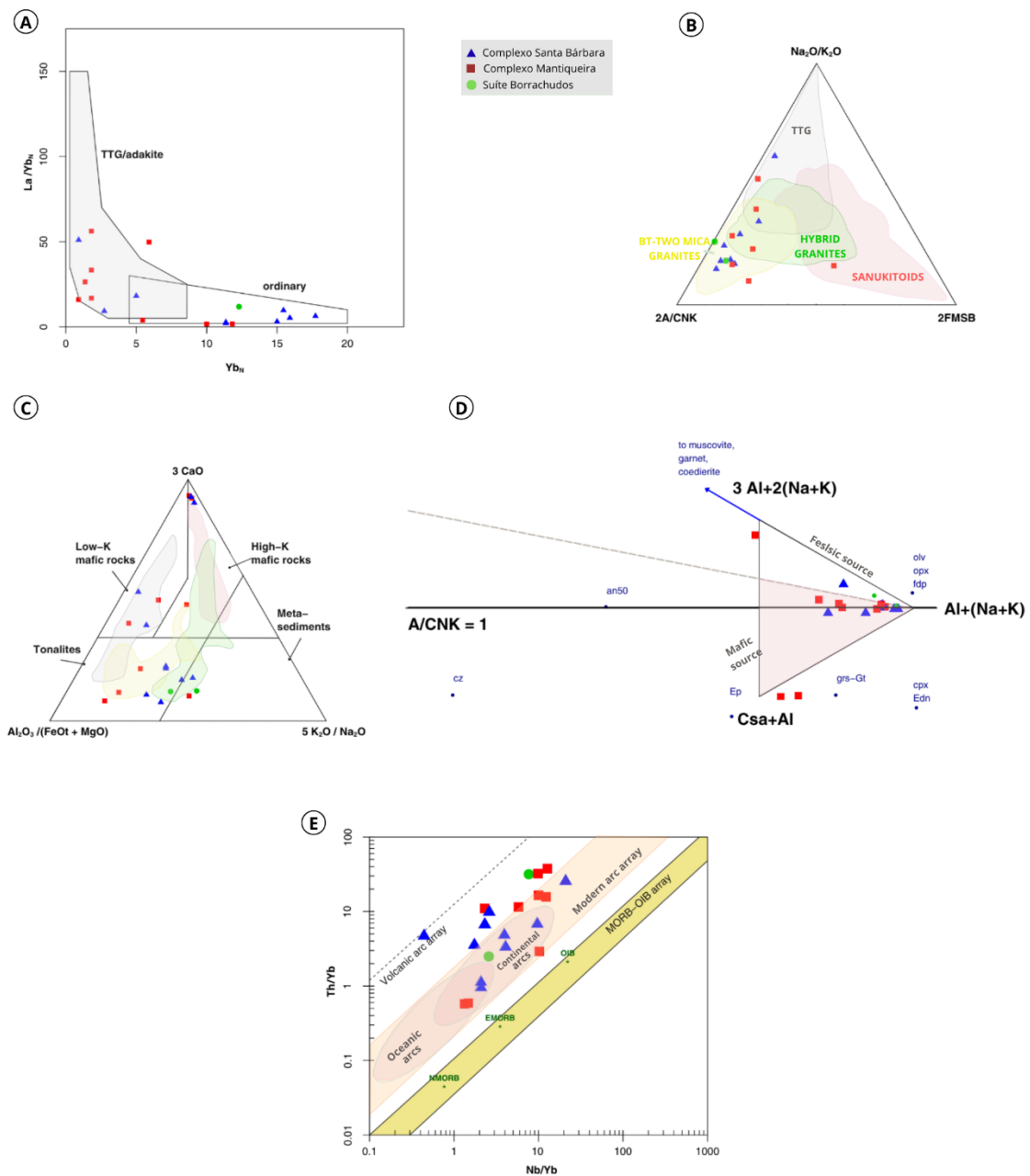
Estes resultados dão suporte à proposta de Bruno *et al.* (2020), que, em área localizada mais a sul, discutem a individualização do Bloco Piedade. A correspondência litológica, geoquímica e geocronológica entre as áreas é compatível com uma continuidade regional desse fragmento de crosta neoarqueana (ca. 2,6 Ga), tectonicamente acoplado ao arco Mantiqueira durante a Orogenia Minas-Bahia. Embora este trabalho não tenha produzido dados geocronológicos, a correspondência estabelecida fundamenta-se na integração dos novos dados petrográficos e litogeoquímicos com o acervo geocronológico disponível na literatura regional. A similaridade litológica e geoquímica observada entre a área de estudo e os domínios localizados a sul é compatível com uma continuidade regional dessa crosta neoarqueana para o setor investigado. É importante salientar que tanto o Complexo Santa Bárbara quanto o Complexo Mantiqueira possuem membros de afinidade TTG em sua constituição. No Complexo Santa Bárbara, essas suítes representam o núcleo paleoarqueano e pulsos neoarqueanos precoces, enquanto no setor estudado do Mantiqueira, a assinatura TTG pode refletir tanto o retrabalhamento desse embasamento antigo quanto a cristalização de magmas riachãos sobre uma crosta já maturada.

No diagrama de Th/Yb vs. Nb/Yb (Pearce, 2008), os dados indicam que os litotipos relacionados aos complexos Santa Bárbara e Mantiqueira possuem características de arco magmático (Figura 23E), evidenciando a influência de componentes de subducção na gênese desses magmas. É importante notar que as amostras da Suíte Borrachudos também se projetam no campo dos arcos neste diagrama, embora sejam classificadas como granitos intraplaca (WPG) em diagramas discriminantes clássicos. Esse comportamento indica que o enriquecimento relativo em Th nestas rochas não reflete um ambiente de subducção contemporâneo, mas sim a herança de uma fonte crustal antiga e maturada. Esse padrão é típico de magmas do Tipo-A2, derivados da fusão parcial de uma crosta continental que já havia passado por ciclos orogênicos (Gomes *et al.*, 2020; Barrote *et al.*, 2022). O grau metamórfico

regional na fácies anfibolito é balizado pela presença de hornblenda verde-azulada, identificada de forma proeminente na amostra T25-05B. Embora a hornblenda seja a fase diagnóstica nos membros máficos, a estabilidade desta fácies nos gnaisses é reforçada pela associação mineral quartzo + plagioclásio + microclíneo + biotita. O estágio de resfriamento e colapso orogênico é sugerido pela ocorrência de muscovita decussada (desorientada) no mesossoma do ortogneisse migmatítico T25-07A. A disposição desorganizada desses cristais, em contraste com a biotita orientada, indica cristalização estática pós-deformação.

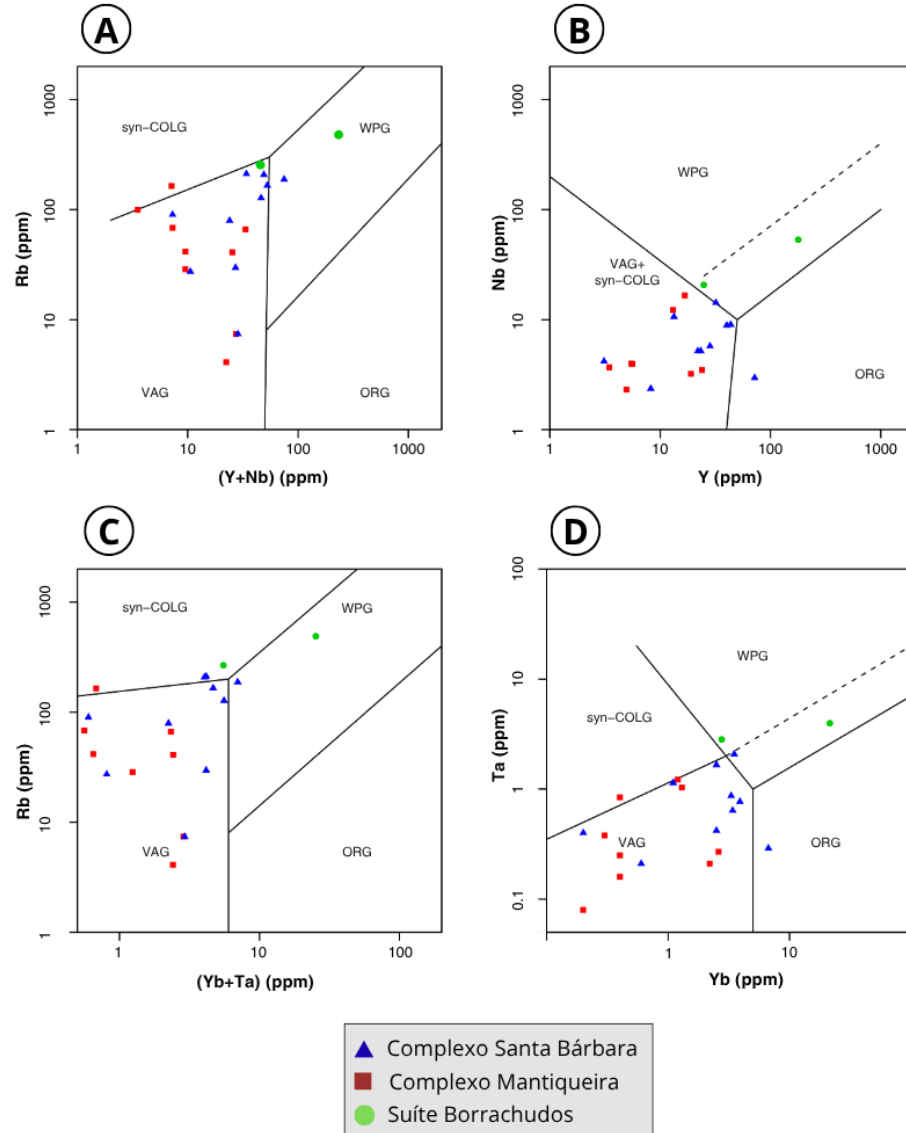
A Suíte Borrachudos, no limite norte do Complexo Santa Bárbara, indica afinidade com granitoides intraplaca (WPG) (Figura 24). A competência reológica dessa unidade é evidenciada pela preservação de fenocristais centimétricos de microclíneo com geminação em *tartan*, texturas poiquiloblásticas e de exsolução do tipo pertita (amostras T25-04 e T25-10). A manutenção dessas feições ígneas originais contrasta com o plagioclásio intensamente sericitizado observado nas unidades gnáissicas dos complexos Santa Bárbara e Mantiqueira. Segundo Gomes *et al.* (2020) e Dussin (1994), essa preservação textural indica resfriamento lento de magmas de alta temperatura alojados em níveis crustais profundos. Do ponto de vista geoquímico, a assinatura ferroana e enriquecida em elementos incompatíveis (HFSE) classifica a unidade como um granito do Tipo-A, derivado da fusão de crosta félsica antiga. Conforme Kuchenbecker e Barbuena (2023), a presença dessa suíte marca o desenvolvimento de zonas de fraqueza e descontinuidades reológicas que condicionaram a arquitetura e a partição da deformação durante a evolução do Orógeno Araçuai.

Figura 23: Diagramas geoquímicos para classificação litológica, identificação de fontes magmáticas e ambiente tectônico. (A) Diagrama (La/Yb_n) vs. Yb_n (Martin, 1986) utilizado para discriminação entre o campo de gnaisses arqueanos do tipo TTG/Adakito. (B) Diagrama ternário $2A/CNK - Na_2O/K_2O - 2FMSB$ (Laurent *et al.*, 2014) para classificação composicional. (C) Diagrama de fontes (Laurent *et al.*, 2014) que indica provável natureza dos protólitos. (D) Diagrama de fontes (Moyen *et al.*, 2017) com projeção baseada em elementos maiores para identificação da natureza da fonte magmática. (E) Diagrama Nb/Yb vs. Th/Yb (Pearce, 2008) para discriminar ambiente tectônico.



Fonte: Autor (2026).

Figura 24: Diagramas de discriminação tectônica (Pearce *et al.*, 1984). (A) diagrama Rb vs. (Y + Nb); (B) diagrama Nb vs. Y; (C) diagrama Rb vs. (Yb+Ta); (D) diagrama Ta vs. Yb. Siglas: WPG (*Within-Plate Granites*); VAG (*Volcanic-Arc Granites*; syn-COLG (*Syn-Collisional Granites*); e ORG (*Ocean-Ridge Granites*).



Fonte: Autor (2026).

Dessa maneira, a interface entre essas unidades revela-se consideravelmente mais heterogênea do que o proposto em mapeamentos clássicos, evidenciando que as delimitações cartográficas vigentes carecem de refinamento. Diante dessa complexidade, a realização de estudos geocronológicos e petrogenéticos, com o emprego de isótopos de Hf em zircão permitirá discriminar as fontes magmáticas envolvidas. Tais investigações, integradas à caracterização petrográfica e litogeoquímica serão fundamentais para elucidar a relação genética entre os complexos Santa Bárbara e Mantiqueira.

5 CONCLUSÃO

A caracterização petrográfica permitiu identificar que o setor norte do Complexo Santa Bárbara é composto por ortognaisses de afinidade TTG e granitos de alto-K, onde a presença de mirmequitas e texturas poiquiloblásticas evidencia o equilíbrio textural em condições de fácies anfibolito. O Complexo Mantiqueira distingue-se pela maior heterogeneidade migmatítica e feições de retrometamorfismo como sericitização e cloritização. Já a Suíte Borrachudos apresenta elevada competência reológica, preservando microestruturas ígneas.

No que tange às assinaturas geoquímicas, as unidades revelam transição entre séries TTG e calcialcalinas de alto-K geradas sob alta pressão. A análise das anomalias de Eu auxilia quanto a distinção entre o retrabalhamento de crosta antiga no Complexo Santa Bárbara e a assinatura juvenil do arco riaciano no Complexo Mantiqueira, enquanto a Suíte Borrachudos classifica-se como um magmatismo anorogênico de Tipo-A vinculado ao rifte estateriano.

O retrabalhamento tectônico neoproterozoico é registrado por microestruturas dúcteis, como *ribbons* de quartzo com extinção ondulante, que evidenciam o desenvolvimento de zonas de alta deformação. Tais feições atuaram como condutos preferenciais para a percolação de fluidos hidrotermais durante os estágios de colapso e exumação do Orógeno Araçuaí. A interação desses fluidos com a mineralogia primária resultou em processos de retrometamorfismo, manifestados pela sericitização intensa dos feldspatos e pela cloritização da biotita.

A integração desses dados auxilia quanto a distinção desses diferentes domínios, uma vez que os complexos Santa Bárbara e Mantiqueira podem ser difíceis de diferenciar em escala de campo devido às suas similaridades petrográficas. No entanto, a análise integrada dos dados petrográficos com as assinaturas litogeoquímicas permite uma distinção entre ambos. Em contraste, a Suíte Borrachudos apresenta maior homogeneidade composicional e ausência de feições migmatíticas, o que facilita sua separação das demais unidades gnáissicas ainda em escala de afloramento.

Os resultados apresentados corroboram o modelo proposto por Bruno *et al.* (2020) para a individualização do Bloco Piedade e reforçam a interpretação de uma continuidade regional das unidades arqueanas. Dessa forma, este estudo amplia o conhecimento sobre a evolução crustal do Cráton do São Francisco, desde o Arqueano, e contribui para a compreensão da evolução tectônica associada à Orogenia Minas-Bahia.

REFERÊNCIAS

- ALKMIM, Fernando F. *et al.* Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research*, v. 149, n. 1–2, p. 43–64, 1 set. 2006.
- ALKMIM, Fernando F.; MARTINS-NETO, Marcelo A. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, v. 33, n. 1, p. 127–139, maio 2012.
- ALKMIM, Fernando Flecha; MARSHAK, Stephen. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, v. 90, p. 29–58, 1998.
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 7, n. 4, p. 349–364, 1977.
- BALTAZAR, O. F.; ZUCCHETTI, M. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits. *Ore Geology Reviews*, v. 32, n. 3–4, p. 471–499, nov. 2007.
- BARKER, Fred; ARTH, Joseph G. Generation of trondhjemitic-tonalitic magmas and Archean continental growth. *Geology*, v. 4, n. 10, p. 596–600, 1976.
- BARROTE, Vitor R. *et al.* Implications of the dominant LP–HT deformation in the Guanhões Block for the Araçuaí West-Congo Orogen evolution. *Gondwana Research*, v. 107, p. 154–175, 1 jul. 2022.
- BARROTE, Vitor Ribeiro. A sequência portadora de formações ferríferas de Guanhões, Minas Gerais, Brasil. [S.l.]: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.
- BEKKER, A. *et al.* Dating the rise of atmospheric oxygen. *Nature*, v. 427, n. 6970, p. 117–120, jan. 2004.
- BOYNTON, William V. Cosmochemistry of the Rare Earth Elements: Meteorite Studies. In: HENDERSON, Paul (Org.). *Rare Earth Element Geochemistry*. Amsterdam: Elsevier, 1984. p. 63–114.
- BRITO NEVES, Benjamin Bley de *et al.* A Tafrogênese Estateriana nos Blocos Paleoproterozóicos da América do Sul e Processos Subsequentes. *Geonomos*, v. 3, p. 1–21, 1996.
- BROWN, Michael. The definition of metatexis, diatexis and migmatite. *Proceedings of the Geologists' Association*, v. 84, n. 4, p. 371–382, 1973.
- BRUNO, H. *et al.* Evidence for a complex accretionary history preceding the amalgamation of Columbia: The Rhyacian Minas-Bahia Orogen, southern São Francisco Paleocontinent, Brazil. *Gondwana Research*, v. 92, p. 149–171, 2021.

BRUNO, Henrique *et al.* Neoproterozoic and Rhyacian TTG-Sanukitoid suites in the southern São Francisco Paleoproterozoic, Brazil: Evidence for diachronous change towards modern tectonics. *Geoscience Frontiers*, v. 11, n. 5, p. 1763–1787, 1 set. 2020.

CASTRO, P. T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. (org.). *Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos*. Belo Horizonte: 3i Editora, 2020. 480 p.

CUTTS, K.; LANA, C. The complex tale of Mantiqueira and Juiz de Fora: A comment on “Eoarchean to Neoproterozoic crustal evolution of the Mantiqueira and the Juiz de Fora Complexes, SE Brazil: Petrology, geochemistry, zircon U-Pb geochronology and Lu-Hf isotopes”. *Precambrian Research* Elsevier B.V., 15 set. 2019.

CUTTS, Kathryn *et al.* Zircon U-Pb and Lu-Hf record from high-grade complexes within the Mantiqueira Complex: First evidence of juvenile crustal input at 2.4–2.2 Ga and implications for the Palaeoproterozoic evolution of the São Francisco Craton. *Precambrian Research*, v. 338, 1 mar. 2020.

DUARTE, B. P. *et al.* Petrogenesis of the Orthogneisses of the Mantiqueira Complex, Central Ribeira Belt, SE Brazil: An Archaean to Palaeoproterozoic Basement Unit Reworked During the Pan-African Orogeny. *Gondwana Research*, v. 7, n. 2, p. 437–450, 2004.

DUSSIN, Ivo Antônio. *Evolution structurale de la region de l’Espinhaço Meridional, bordure Sud-est du Craton São Francisco Brésil. Tectoniques superposées au Protérozoïque*. Orléans, França: Université d’Orléans, 1994.

DUSSIN, Ivo Antônio; DUSSIN, Tânia Mara. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos*, v. 3, n. 1, p. 19–26, 1995.

ENDO, I. *et al.* Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000: uma celebração do cinquentenário da obra de Dorr (1969). Ouro Preto: Departamento de Geologia da Escola de Minas – UFOP, Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero, 2019.

FARINA, Federico; ALBERT, Capucine; LANA, Cristiano. The Neoproterozoic transition between medium- and high-K granitoids: Clues from the Southern São Francisco Craton (Brazil). *Precambrian Research*, v. 266, p. 375–394, set. 2015.

FONSECA, Gabriela Magalhães da. *Evolução petrológica e geocronológica das rochas metavolcânicas da porção central do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.

FROST, B. Ronald *et al.* A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, v. 42, n. 11, p. 2033–2048, nov. 2001.

GOMES, Sylvio D. *et al.* Zircon U–Pb ages and Hf isotope compositions of Açucena Granite (Borrachudos Suite): Implications for Statherian-Cambrian tectono-magmatic evolution of the southern border of the São Francisco Craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 100, 1 jun. 2020.

GROCHOWSKI, Julia *et al.* Disclosing Rhyacian/Orosirian orogenic magmatism within the Guanhães basement inlier, Araçuaí Orogen, Brazil: A new piece on the assembly of the São Francisco-Congo paleocontinent. *Precambrian Research*, v. 363, 1 set. 2021.

HEILBRON, M. *et al.* Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. Geological Society, London, Special Publications, v. 294, n. 1, p. 211–237, 25 jan. 2008.

HEILBRON, M., Duarte, B. P., Valeriano, C. de M., Simonetti, A., Machado, N., & Nogueira, J. R. (2010). Evolution of reworked Paleoproterozoic basement rocks within the Ribeira belt (Neoproterozoic), SE-Brazil, based on U–Pb geochronology: Implications for paleogeographic reconstructions of the São Francisco-Congo paleocontinent. *Precambrian Research*, 178(1–4), 136–148. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2010.02.002>

HEILBRON, M.; Cordani, U. G.; Alkmim, F. F. The São Francisco Craton and Its Margins. In: Heilbron, M.; Cordani, U. G.; Alkmim, F. F. (Eds.). *São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent*. Cham: Springer, 2017. p. 3–13. (Regional Geology Reviews).

IRVINE, T. N.; BARAGAR, W. R. A. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, n. 5, p. 523–548, 1 maio 1971.

JANOUSSEK, VOJTĚCH; FARROW, C. M.; ERBAN, VOJTĚCH. Interpretation of Whole-rock Geochemical Data in Igneous Geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, v. 47, n. 6, p. 1255–1259, 1 jun. 2006.

KUCHENBECKER, Matheus; BARBUENA, Danilo. Basement inliers of the Araçuaí-West Congo orogen: key pieces for understanding the evolution of the São Francisco-Congo paleocontinent. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 125, 1 maio 2023.

KURIBARA, Yusuke *et al.* Eoarchean to Neoproterozoic crustal evolution of the Mantiqueira and the Juiz de Fora Complexes, SE Brazil: Petrology, geochemistry, zircon U–Pb geochronology and Lu–Hf isotopes. *Precambrian Research*, v. 323, p. 82–101, 1 abr. 2019.

LANA, Cristiano *et al.* The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, v. 231, p. 157–173, jul. 2013.

LAURENT, Oscar *et al.* The transition from Archaean to Paleoproterozoic as recorded by the geochemistry of granitic rocks given in the southern São Francisco Craton, Brazil. *Lithos*, p. 184–187, 2014.

LEANDRO, Úrsula Roxanne. Geologia da porção extremo norte do Bloco Guanhães, Orógeno Araçuaí (Minas Gerais). 2021. 72 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

MARTIN, Hervé. The Archean grey gneisses and the genesis of continental crust. In: CONDIE, Kent C. (Org.). *Developments in Precambrian Geology*. [S.l.]: Elsevier, 1994. p. 205–259.

MARTIN, H., Moyen, J.-F., & Rapp, R. (2009). The sanukitoid series: magmatism at the Archaean–Proterozoic transition. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 100(1–2), 15–33. <https://doi.org/10.1017/S1755691009016120>

MEHNERT, Karl Richard. *Migmatites and the Origin of Granitic Rocks*. Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1968.

MIDDLEMOST, Eric A. K. Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth-Science Reviews*, v. 37, n. 3–4, p. 215–224, 1994.

MOYEN, J. F. (2011). The composite Archaean grey gneisses: Petrological significance, and evidence for a non-unique tectonic setting for Archaean crustal growth. *Lithos*, 123(1–4), 21–36. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.09.015>

MOYEN, Jean-François; MARTIN, Hervé. Forty years of TTG research. *Lithos*, v. 148, p. 312–336, 2012.

MOYEN, J. F., Laurent, O., Chelle-Michou, C., Couzinié, S., Vanderhaeghe, O., Zeh, A., Villaros, A., & Gardien, V. (2017). Collision vs. subduction-related magmatism: Two contrasting ways of granite formation and implications for crustal growth. *Lithos*. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.09.018>

NOCE, C. M. *et al.* Evolution of polycyclic basement complexes in the Araçuaí orogen, based on U- Pb SHRIMP data: Implication of Brazil-Africa links in Paleoproterozoic time. *Precambrian Research*, v. 159, p. 60–78, 2007.

O’CONNOR, Joseph T. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, v. 525- B, p. 79–84, 1965.

PEARCE, J. A., Harris, N. B. W., Tindle, A. G. (1984). Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956–983. <http://dx.doi.org/10.1093/petrology/25.4.956>

PEARCE, J. A. (2008). Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100(1–4), 14–48. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2007.06.016>

PECCERILLO, Angelo; TAYLOR, S. R. Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 58, n. 1, p. 63–81, 1976.

PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* The Araçuaí–West Congo orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, v. 110, p. 307–323, 2001.

PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí–West Congo orogen. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 294, n. 1, p. 153–172, 25 jan. 2008.

PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos *et al.* Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 6, n. 1–2, p. 33–47, 1992.

PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos; ALKMIM, Fernando Flecha de. HOW MANY RIFTING EVENTS PRECEDED THE DEVELOPMENT OF THE ARAÇUAÍ-WEST CONGO OROGEN? *Geonomos*, v. 19, n. 2, p. 244–251, 13 fev. 2011.

RODRIGUES, Luiza Clemente. Petrografia, geoquímica e geocronologia de gnaisses dos complexos Santa Bárbara e Mantiqueira na região de Mariana, Minas Gerais, Brasil. [S.l.]: Universidade Federal de Ouro Preto, 2023.

ROMANO, R. *et al.* Stabilization of the southern portion of the São Francisco Craton, SE Brazil, though a long-lived period of potassic magmatism. *Precambrian Research*, v. 224, p. 143–159, 2013.

SHAND, Samuel James. *Eruptive Rocks: Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore-Deposits*. 2nd Edition ed. New York: John Wiley & Sons, 1943.

SILVA, Luis Carlos Ferreira da. Depósito Pilar: Contexto geológico, alteração hidrotermal e mineralização aurífera. [S.l.]: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

SILVA, Luiz Carlos da *et al.* Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP - Parte I: Limite centro-oriental do Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 32, n. 4, p. 501–512, 2002.

SILVEIRA BRAGA, Flávia Cristina *et al.* Ediacaran-Cambrian far-field hydrothermal event in the southeast of the São Francisco Craton, Brazil: Evidence from zircon U-Pb SHRIMP, trace elements, Lu-Hf and oxygen isotopes. *Lithos*, v. 356–357, p. 105365, mar. 2020.

SOUSA, Daniel Francisco Martins de. EVOLUÇÃO DA CROSTA NEOARQUEANA A PALEOPROTEROZOICA (2,74 Ga a 2,0 Ga) DO ORÓGENO ITABUNA–SALVADOR–CURAÇÁ, NORTE DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, BAHIA. Campinas: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2024.

TEIXEIRA, W. *et al.* Nature and evolution of the Archean crust of the São Francisco craton. *Springer*, v. 1, n. 1, 2017.

WARR, Laurence N. IMA–CNMNC approved mineral symbols. *Mineralogical Magazine*, v. 85, n. 3, p. 291–320, 18 jun. 2021.

WHITNEY, D. L.; EVANS, B. W. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, v. 95, n. 1, p. 185–187, 1 jan. 2010.

APÊNDICE I – TABELA COM OS DADOS GEOQUÍMICOS OBTIDOS

				T25-03A	T25-03B	T25-03C	T25-04	T25-05A	T25-05B	T25-06B	T25-06C	T25-07A	T25-07B	T25-08A	T25-08B	T25-09	T25-10	T25-11A	T25-11B	T25-12	T25-13A	T25-13B	T25-13C	T25-14A
SiO2	%	SiO2	ICP95A	75,67	77,62	75,09	78,12	67,96	49,03	72,99	51,86	70,96	71,17	73,52	75,8	71,7	77,62	69,16	51,75	70,9	69,67	69,71	51,94	70,47
TiO2	%	TiO2	ICP95A	0,23	0,06	0,12	0,07	0,17	1,1	0,15	1,15	0,19	0,06	0,17	0,05	0,17	0,22	0,1	1,19	0,56	0,02	0,09	0,67	0,25
Al2O3	%	Al2O3	ICP95A	15,28	15,64	14,68	12,17	15,13	14,5	13,95	14,89	13,89	13,26	13,72	14,38	12,72	13,74	14,88	15,07	15,8	18,22	14,21	13,79	14,01
Fe2O3	%	Fe2O3t	ICP95A	2,3	1,45	1,25	1,9	1,54	12,92	1,84	13,86	1,87	0,84	1,67	0,96	1,54	2	1,03	14,34	3,6	0,44	1,01	11,07	1,99
FeO		FeO																						
MnO	%	MnO	ICP95A	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,21	0,02	0,2	0,03	0,01	0,03	0,01	0,03	0,04	0,01	0,21	0,03	<0,01	0,01	0,2	0,03
MgO	%	MgO	ICP95A	0,92	0,24	0,72	0,04	0,51	6,76	0,37	6,53	0,34	0,09	0,3	0,07	0,26	0,4	0,22	6,96	0,89	0,09	0,3	7,65	1,12
CaO	%	CaO	ICP95A	2,41	0,59	2,15	0,62	2,36	10,27	3,02	12,24	1,04	0,72	0,99	0,93	1,22	0,71	1,05	10,92	2,39	1,45	1,53	10,43	0,78
Na2O	%	Na2O	ICP95A	4,87	4,5	5,33	4,02	5,18	2,14	4,91	2,13	3,56	3,13	3,69	3,85	3,82	3,56	2,76	2,92	4,6	4,65	4,36	2,99	4,54
K2O	%	K2O	ICP95A	1,94	2,54	1,38	4,11	2,76	0,97	0,86	0,77	5,37	6,42	5,12	5,99	3,92	5,07	7,3	1,02	3,41	7,18	4,07	0,67	2,86
P2O5	%	P2O5	ICP95A	0,09	0,01	0,02	<0,01	0,05	0,08	0,04	0,13	0,08	<0,01	0,04	0,02	0,05	0,04	0,02	0,09	0,23	<0,01	0,01	0,03	0,06
LOI	%	PF	PHY01E	0,9	0,88	1,27	0,24	1,14	0,86	0,18	0,64	0,33	0,21	0,25	0,18	0,55	0,28	0,13	0,35	0,23	0,06	0,02	0,73	1,36
Cr2O3	%		ICP95A	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
		Li																						
		Be																						
		Sc																						
V	ppm	V	ICP95A	<5	18	<5	17	31	283	<5	292	45	5	6	59	49	<5	<5	304	5	<5	<5	280	<5
		Cr																						
Co	ppm	Co	IMS95A	3,1	0,8	1,2	<0,5	2,5	45,2	2,3	50,9	2,3	0,8	1,6	0,9	1,9	2,2	1,7	50,1	8,3	0,8	2	58,5	3,4
Ni	ppm	Ni	IMS95A	7	9	9	<5	10	81	5	90	9	8	8	14	10	9	6	106	15	6	6	119	9
Cu	ppm	Cu	IMS95A	<5	7	<5	<5	<5	7	<5	60	<5	<5	<5	18	<5	<5	<5	126	10	<5	<5	27	<5
Zn	ppm	Zn	ICP95A	35	9	11	61	35	125	46	131	37	<5	31	35	22	36	23	106	33	<5	9	79	26
Ga	ppm	Ga	IMS95A	16,1	19,2	14,3	31,9	17,5	16,2	16	17,6	16,6	15,8	15,7	15,9	15,6	16,5	14,9	16	17	16,8	16,1	14,8	17
Rb	ppm	Rb	IMS95A	41,5	41	28,6	481	90	29,7	27,3	7,4	207,7	211,3	165,9	188,4	127,5	261,5	164,1	7,4	66,5	99,4	68,4	4,1	79,3
Sr	ppm	Sr	ICP95A	280	107	149	15	509	342	642	260	149	141	146	133	87	128	295	115	777	686	605	211	152
Y	ppm	Y	IMS95A	5,58	13,09	5,51	174,08	3,1	21,94	8,22	23,34	40,14	28,27	43,63	71,8	32,01	24,22	3,46	23,91	16,77	3,05	4,96	19,08	13,35
Zr	ppm	Zr	ICP95A	154	37	84	140	103	79	82	107	174	53	163	178	103	170	78	85	374	22	82	55	152
Nb	ppm	Nb	IMS95A	3,94	12,26	3,99	51,11	4,19	5,19	2,36	5,18	8,88	5,75	9,02	2,96	14,24	19,61	3,69	3,48	16,57	0,46	2,32	3,22	10,63
Mo	ppm	Mo	IMS95A	<2	<2	<2	<2	<2	2	<2	2	<2	<2	2	9	3	<2	<2	<2	5	<2	<2	<2	<2
		Cd																						
Sn	ppm	Sn	IMS95A	1,8	13,4	0,9	36,4	0,5	0,9	0,5	1,5	6,1	1,8	2,7	1,1	2	6,2	0,7	0,8	0,9	<0,3	0,5	1,3	2,6
		Sb																						
Cs	ppm	Cs	IMS95A	1,17	0,55	0,71	6,18	3,57	1,57	1,86	0,35	2,95	1,86	3,23	2,61	2,01	3,16	1,17	<0,05	2,41	0,46	0,58	<0,05	2,17
Ba	ppm	Ba	ICP95A	546	857	372	31	1111	283	251	281	950	1000	826	1007	413	665	2868	45	3705	3457	2115	67	558
La	ppm	La	IMS95A	33,7	7,1	20	41,7	15,3	7,5	8,3	9,9	49,3	15	36,8	44,6	27,6	40,2	11,9	6,5	96,9	4,8	10,1	5,2	29,9
Ce	ppm	Ce	IMS95A	57,8	18,1	33,4	89,7	24	15,3	12,4	19,3	96,9	25,3	75	89,5	57,2	87,7	16,4	13,9	206,4	7,9	16,3	10,5	56,2
Pr	ppm	Pr	IMS95A	5,77	1,1	3,24	10,32	2,24	1,93	1,27	2,3	10,72	2,47	8,36	9,83	5,8	8,3	1,88	1,84	19,51	0,67	1,48	1,24	5,87
Nd	ppm	Nd	IMS95A	19,9	3,8	11,3	39,7	7,7	9,3	5,1	10,7	38,6	9,4	30,7	36,7	22	28,1	6,7	9,3	68,5	2,7	5,6	6,2	20,7
Sm	ppm	Sm	IMS95A	3,1	1	1,8	11,4	1,1	3	1	2,9	8	1,9	7,1	8,8	4,5	5,4	1	2,7	10,9	0,4	0,9	1,9	3,6
Eu	ppm	Eu	IMS95A	0,95	0,49	0,54	0,17	0,36	0,96	0,43	0,94	0,75	0,34	0,51	0,53	0,7	0,53	0,87	0,93	2,61	0,36	0,41	0,69	0,86
Gd	ppm	Gd	IMS95A	2,34	1,71	1,45	13,54	0,88	3,54	1,26	3,81	8,06	2,68	7,29	9,54	4,71	3,85	0,97	3,77	6,7	0,54	0,96	2,62	3,36
Tb	ppm	Tb	IMS95A	0,25	0,35	0,18	2,91	0,1	0,67	0,21	0,65	1,24	0,53	1,23	1,78	0,81	0,65	0,12	0,64	0,83	0,08	0,14	0,46	0,5
Dy	ppm	Dy	IMS95A	1,17	2,16	1,05	21,85	0,54	3,86	1,19	4,35	7,04	3,97	7,79	11,57	5,23	4,56	0,67	4,25	3,97	0,49	0,86	3,46	2,71
Ho	ppm	Ho	IMS95A	0,2	0,51	0,19	5,18	0,1	0,94	0,27	0,9	1,4	0,95	1,54	2,43	1,13	0,83	0,12	0,92	0,64	0,1	0,17	0,73	0,49
Er	ppm	Er	IMS95A	0,54	1,55	0,55	18,04	0,27	2,48	0,79	2,56	4,05	3,17	4,53	7,25	3,4	2,55	0,42	2,71	1,62	0,3	0,49	2,2	1,33
Tm	ppm	Tm	IMS95A	0,07	0,23	0,07	3,02	<0,05	0,42	0,09	0,39	0,55	0,51	0,62	1,05	0,52	0,38	<0,05	0,4	0,23	<0,05	0,05	0,35	0,18
Yb	ppm	Yb	IMS95A	0,4	1,2	0,4	20,9	0,2	2,5	0,6	2,5	3,4	3,3	3,9	6,7	3,5	2,7	0,3	2,6	1,3	0,2	0,4	2,2	1,1
Lu	ppm	Lu	IMS95A	0,07	0,17	0,06	3	<0,05	0,46	0,09	0,38	0,47	0,52	0,57	0,99	0,53	0,39	<0,05	0,39	0,18	<0,05	0,06	0,31	0,19
Hf	ppm	Hf	IMS95A	3,59	0,36	1,99	8,13	2,62	2,02	1,9	2,43	5,17	1,76	5,08	5,79	3,18	4,56	1,87	2,15	9	0,76	2,33	1,32	3,89
Ta	ppm	Ta	IMS95A	0,25	1,22	0,84	3,74	0,4	1,66	0,21	0,42	0,64	0,87	0,77	0,29	2,08	2,7	0,38	0,27	1,03	0,08	0,16	0,21	1,14
W	ppm	W	IMS95A	1,2	2,2	1,6	3,2	1,3	1,6	1	1,6	2	1,1	1,6	5,3	8,3	1,2	1,8	1,3	1,6	1,1	14,5	0,9	3,2
		Pb																						
		Bi																						
Th	ppm	Th	IMS95A	12,9	3,5	6,6	47,9	5,1	2,4	2,9	2,8	33,4	11,7	26,1	31,5	11,7	41,8	4,7	1,5	48,8	2,2	4,6	1,3	7,5
U	ppm	U	IMS95A	0,8	1,24	3,85	20,67	1,26	0,52	1,18	0,43	5,89	8,75	7,44	31,32	4,02	11,77	1,11	0,32	6,98	1,13	2,29	1,01	1,63
		K																						
		P																						
		F																						
		Ti																						
Tl	ppm	Tl	IMS95A	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

	Legenda:
	Complexo Santa Bárbara
	Complexo Mantiqueira
	Suite Borrachudos