

PROGRAMA MINERAÇÃO SEGURA E SUSTENTÁVEL
GEOLOGIA PARA MINERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
MAPEAMENTO GEOLÓGICO BÁSICO

MAPEAMENTO GEOLÓGICO SISTEMÁTICO

FOLHAS
CARTOGRÁFICAS
ESCALA 1:25.000

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DAS FOLHAS FLORÁLIA E SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO ESTADO DE MINAS GERAIS

PROJETO ESTRATIGRAFIA, ARQUITETURA CRUSTAL
E RECURSOS MINERAIS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

BELO HORIZONTE - 2025

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretária Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente, interino

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretora de Infraestrutura Geocientífica, interina

Alice Silva de Castilho

Diretora de Administração e Finanças, interina

Alice Silva de Castilho

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Geologia

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Patrick Araujo dos Santos

Chefe do Departamento de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Iago Sousa Lima Costa

Chefe da Divisão de Geologia Marinha

Valter Rodrigues Santos Sobrinho

Chefe do Departamento de Bacias Sedimentares

Cleide Regina Moura da Silva

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Maisa Bastos Abram

Chefe da Divisão de Geologia Econômica

Guilherme Ferreira da Silva

Chefe do Departamento de Informações Institucionais, interino

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Jéssica dos Santos Gonçalves

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Andrea Sander

Chefe do Núcleo de Comunicação

Michelle de Aquino Araújo

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Hemilton Moraes Cunha

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Superintendente Regional de Belo Horizonte

Marlon Marques Coutinho

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Júlio César Lombello

Responsável Técnico do Projeto

Márcio Antônio da Silva

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA NACIONAL DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
I PROGRAMA MINERAÇÃO SEGURA E SUSTENTÁVEL I

GEOLOGIA PARA MINERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
Mapeamento Geológico Básico

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DAS FOLHAS
FLORÁLIA E SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO

Estado de Minas Gerais

Escala 1:25.000

PROJETO ESTRATIGRAFIA, ARQUITETURA CRUSTAL E RECURSOS
MINERAIS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

ORGANIZADORES

Raianny Carolini Ramos Ferreira

Marcus Paulo Sotero

Joana Reis Magalhães

Nota Explicativa



Belo Horizonte
2025

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Belo Horizonte
Gerência de Geologia e Recursos Minerais
Divisão de Geologia Básica

COORDENAÇÃO REGIONAL

Júlio César Lombello
Joanna Chaves Souto Araújo
Joana Reis Magalhães
Márcio Antônio da Silva (Chefe de Projeto)

TEXTO EXPLICATIVO

1. Introdução

Raianny Carolini Ramos Ferreira
Marcus Paulo Sotero

2. Contexto Geológico Regional

Raianny Carolini Ramos Ferreira
Marcus Paulo Sotero

3. Unidades Litoestratigráficas

Raianny Carolini Ramos Ferreira
Marcus Paulo Sotero
Joana Reis Magalhães

4. Geologia Estrutural e Tectônica

Raianny Carolini Ramos Ferreira
Marcus Paulo Sotero

5. Recursos Minerais

Raianny Carolini Ramos Ferreira
Marcus Paulo Sotero

6. Conclusões e Recomendações

Raianny Carolini Ramos Ferreira
Marcus Paulo Sotero
Joana Reis Magalhães

Referências

SIG GEOLÓGICO

(<http://geosgb.sgb.gov.br>)

APOIO TÉCNICO

Cartografia

Joana Reis Magalhães
Marco Aurélio Piacentini Pinheiro
Joanna Chaves Souto Araújo
Camila Franco Basto
Aurélio da Silva de Sousa
Antônio Carlos de Senna Penna

Geofísica

Diego Guilherme da Costa Gomes

Geoquímica Prospectiva

Eduardo Duarte Marques

Geocronologia

Joana Reis Magalhães

PROJETO GRÁFICO/EDITORIAÇÃO

Capa (DIMARK)

Luiz Fernando do Valle Silvestre

Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (GERINF-BH)

Patrícia Silva Araújo Dias

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Maria Madalena Costa Ferreira

REVISÃO FINAL

José Alberto Rodrigues do Vale
Joana Reis Magalhães
Joanna Chaves Souto Araújo

REVISÃO DE TEXTO

Irinéia Barbosa da Silva

FOTO DA CAPA

Paisagem composta por colinas e vales cobertos por vegetação predominantemente verde. Em primeiro plano, afloram cristas de quartzito da Formação Furquim (Grupo Itacolomi), recobertas por gramíneas e árvores esparsas. Sobre uma das rochas, à direita, uma geóloga em pé observa o horizonte. Ao fundo, destacam-se formações rochosas do tipo “pão de açúcar”, pertencentes à Suíte Borrachudos (corpo ígneo Peti), além de mares de morros típicos das rochas granito-gnáissicas do embasamento do Complexo Basal de Guanhães, revestidos por florestas e pastagens. Localização: região de São Gonçalo do Rio Abaixo, Minas Gerais, Brasil.

Autor: Marcus Paulo Sotero

Serviço Geológico do Brasil – SGB

www.sgb.gov.br
seus@sgb.gov.br

G343 Geologia e recursos minerais das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo, estado de Minas Gerais : nota explicativa / Organizadores Raianny Carolini Ramos Ferreira, Marcus Paulo Sotero, Joana Reis Magalhães. – Belo Horizonte : CPRM, 2025.
1 recurso eletrônico : PDF

Geologia para mineração e desenvolvimento sustentável.
Mapeamento geológico básico.
ISBN 978-65-5664-681-7

1.Geologia econômica. 2.Recursos minerais. I. Ferreira, Raianny Carolini Ramos (org.). II. Sotero, Marcus Paulo (org.). III. Magalhães, Joana Reis (org.). IV. Título.

CDD 553

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB 7 / 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – SGB

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) desenvolve, em âmbito nacional, a Ação **Pesquisa Mineral – Novo PAC**, que integra o **Programa Mineração Segura e Sustentável**, vinculado ao Plano Plurianual 2024-2027 do governo federal. Essa ação engloba um conjunto de projetos voltados para o avanço do conhecimento geológico do país, ao desenvolvimento das Geociências e ao fomento à pesquisa e à produção mineral brasileira. Seu objetivo é atender à demanda por matérias-primas essenciais à indústria, à transição energética mundial e à segurança alimentar da população, promovendo o desenvolvimento econômico e social do Brasil de forma sustentável.

Como parte dessa iniciativa, destaca-se a linha de atuação Mapeamento Geológico Básico, que viabiliza projetos voltados ao aprimoramento do conhecimento geológico em todas as regiões do país, incluindo províncias minerais, distritos mineiros e novas fronteiras do conhecimento geológico.

Nesse contexto, o Ministério de Minas e Energia e a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, por meio do Serviço Geológico do Brasil (SGB), têm a satisfação de disponibilizar à comunidade técnico-científica, ao setor mineral e à sociedade em geral os resultados alcançados pelo Projeto Estratigrafia, Arquitetura Crustal e Recursos Minerais do Quadrilátero Ferrífero. Esse projeto foi executado pela Gerência de Geologia e Recursos Minerais da Superintendência Regional de Belo Horizonte (GEREMI/SUREG-BH), com a supervisão da Divisão de Geologia Básica (DIGEOB) e coordenação-geral do Departamento de Geologia (DEGEO), ambos vinculados à Diretoria de Geologia e Recursos Minerais (DGM).

Este relatório apresenta os resultados do mapeamento geológico de detalhe, na escala 1:25.000, das folhas Florália (SE.23-Z-D-IV-3-SE) e São Gonçalo do Rio Abaixo (SE.23-Z-D-IV-3-NE). Essas áreas estão localizadas na porção limítrofe entre o Quadrilátero Ferrífero e o Bloco Guanhães, abrangendo os municípios de Santa Bárbara, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira, na região central de Minas Gerais.

O produto inclui duas cartas geológicas e um conjunto de bases de dados geocientíficos, disponíveis no Repositório Institucional de Geociências (RIGeo) (<https://rigeo.sgb.gov.br>) e no GeoSGB (<http://geosgb.sgb.gov.br>). Com mais este lançamento, o Serviço Geológico do Brasil (SGB) reafirma sua principal missão institucional, de “gerar e disseminar conhecimento geocientífico com excelência, contribuindo para melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento sustentável do Brasil”.

Francisco Valdir Silveira

Diretor-Presidente (interino)

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

O mapeamento geológico das folhas Florália (SE.23-Z-D-IV-3-SE) e São Gonçalo do Rio Abaixo (SE.23-Z-D-IV-3-NE), na escala 1:25.000, foi executado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), entre os anos de 2020 e 2024. Essa iniciativa integra o Projeto Estratigrafia, Arquitetura Crustal e Recursos Minerais do Quadrilátero Ferrífero, no âmbito da Gerência de Geologia e Recursos Minerais da Superintendência de Belo Horizonte (GEREMI-BH). A área está localizada na porção limítrofe do Cráton São Francisco e da Faixa Araçuaí, abrangendo setores do Quadrilátero Ferrífero e do Bloco Guanhães, na região central do estado de Minas Gerais. A integração de dados de campo e laboratoriais permitiu a descrição e a cartografia das seguintes unidades estratigráficas: rochas arqueanas do embasamento, inseridas nos complexos (1) Santa Bárbara e (2) Basal de Guanhães; (3) rochas metavulcanossedimentares arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas; (4) rochas metassedimentares arqueanas-paleoproterozoicas do Supergrupo Minas; (5) rochas metassedimentares riacianas do Grupo Itacolomi; (6) granitos anorogênicos estaterianos da Suíte Borrachudos (corpos Peti e Caruru); (7) rochas máficas e ultramáficas estaterianas da Unidade Alto Rio Guanhães; (8) rochas metassedimentares estaterianas da Formação Serra Negra de Guanhães (Grupo Guanhães); (9) rochas metassedimentares estaterianas da Formação Cambotas (Supergrupo Espinhaço); (10) diques de gabro de idade incerta; e (11) coberturas cenozoicas. O arcabouço estrutural da região inclui diversas estruturas geológicas, registrando quatro fases distintas, da mais antiga para a mais recente: F1, F2, F3 e F4. Essas fases caracterizam-se pelo predomínio de um regime tectônico compressional dúctil, com exceção da fase F4, que apresenta um comportamento dúctil-rúptil, resultando em estruturas locais e regionais que moldam a geologia da área. Devido à arquitetura multifacetada da região, o território foi dividido em cinco domínios estruturais, cada um com características específicas: Martins (D1), São Gonçalo do Rio Abaixo (D2), Brucutu (D3), Florália (D4) e Mutuca (D5), os quais apresentam variações nos estilos de arranjos e deformações. Historicamente, a região de Florália foi um importante polo de exploração de ouro no século XVIII, destacando-se a antiga Mina do Pari e em seus arredores. Nas últimas décadas, o aumento da demanda pelo minério de ferro e por materiais para construção civil impulsionou a abertura de novas minas na região e a diversificação de seu cenário econômico local. Entre as minas ativas, destacam-se: Mina de Brucutu (ferro, Vale S.A.); Pedreira São Gonçalo (granito/gnaiss, Belmont Agregados); Pedreira Santa Bárbara (granito/gnaiss, Pedreira Um Valemix); Weber Saint-Gobain - Unidade São Gonçalo do Rio Abaixo (areia, Saint Gobain Brasil). Além disso, a partir da análise dos requerimentos minerários junto à Agência Nacional de Mineração (ANM), identificam-se outras substâncias de interesse na região, como quartzo, esteatito, berílio, alumínio, manganês e caulim.

ABSTRACT

The geological mapping of the Florália (SE.23-Z-D-IV-3-SE) and São Gonçalo do Rio Abaixo (SE.23-Z-D-IV-3-NE) sheets, at a 1:25,000 scale, was carried out by the Geological Survey of Brazil (SGB) between 2020 and 2024. This initiative is part of the project ‘Stratigraphy, Crustal Architecture, and Mineral Resources of the Quadrilátero Ferrífero’, within the Geology and Mineral Resources Management Unit of the Belo Horizonte Superintendence (GEREMI-BH). The area is located in the boundary zone between the São Francisco Craton and the Araçuaí Belt, encompassing sectors of the Quadrilátero Ferrífero and the Guanhães Block, in the central region of the state of Minas Gerais. The integration of field and laboratory data enabled the description and mapping of the following stratigraphic units: Archean basement rocks belonging to the (1) Santa Bárbara Complex and (2) Guanhães Basal Complex; (3) Archean metavolcanosedimentary rocks of the Rio das Velhas Supergroup; (4) Archean–Paleoproterozoic metasedimentary rocks of the Minas Supergroup; (5) Rhyacian metasedimentary rocks of the Itacolomi Group; (6) Statherian anorogenic granites of the Borrachudos Suite (Peti and Caruru bodies); (7) Statherian mafic and ultramafic rocks of the Alto Rio Guanhães Unit; (8) Statherian metasedimentary rocks of the Serra Negra de Guanhães Formation (Guanhães Group); (9) Statherian metasedimentary rocks of the Cambotas Formation (Espinhaço Supergroup); (10) gabbro dikes of uncertain age; and (11) Cenozoic cover deposits. The structural framework of the region includes several geological structures, recording four distinct deformation phases, from oldest to youngest: F1, F2, F3, and F4. These phases are characterized predominantly by a ductile compressional tectonic regime, except for phase F4, which exhibits a ductile–brittle behavior, resulting in local and regional structures that shape the geology of the area. Due to the region’s multifaceted architecture, the territory was subdivided into five structural domains, each with specific characteristics: Martins (D1), São Gonçalo do Rio Abaixo (D2), Brucutu (D3), Florália (D4), and Mutuca (D5), which display variations in structural styles and deformation patterns. Historically, the Florália region was an important gold-mining center in the eighteenth century, notably at the former Pari Mine and its surroundings. In recent decades, increased demand for iron ore and construction materials has driven the opening of new mines in the region and diversified its local economic landscape. Among the active mines, the following stand out: Brucutu Mine (iron ore, Vale S.A.); São Gonçalo Quarry (granite/gneiss, Belmont Agregados); Santa Bárbara Quarry (granite/gneiss, Pedreira Um Valemix); Weber Saint-Gobain – São Gonçalo do Rio Abaixo Unit (sand, Saint-Gobain Brasil). Furthermore, analysis of mineral rights applications submitted to the National Mining Agency (ANM) reveals additional substances of interest in the region, including quartz, talc, beryllium, aluminum, manganese, and kaolin.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	10
3. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	13
3.1. COMPLEXO SANTA BÁRBARA.....	14
3.2. CORPO COSTA LACERDA.....	14
3.3. COMPLEXO BASAL DE GUANHÃES	15
3.4. SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS	19
3.4.1. Grupo Quebra Osso	19
3.4.2. Grupo Nova Lima.....	20
3.4.2.1. Formação Córrego do Sítio.....	23
3.5. SUPERGRUPO MINAS.....	23
3.5.1. Grupo Caraça.....	25
3.5.2. Grupo Itabira	25
3.5.3. Grupo Piracicaba	27
3.6. GRUPO ITACOLOMI	27
3.6.1. Formação Furquim.....	27
3.7. SUÍTE BORRACHUDOS.....	29
3.7.1. Corpo Peti	29
3.7.2. Corpo Caruru.....	30
3.8. UNIDADE ALTO RIO GUANHÃES.....	31
3.9. GRUPO GUANHÃES	32
3.9.1. Formação Serra Negra de Guanhães (Grupo Guanhães).....	32
3.10. SUPERGRUPO ESPINHAÇO.....	35
3.10.1. Formação Cambotas.....	35
3.11. DIABÁSIOS E GABROS QUADRILÁTERO FERRÍFERO	36
3.12. COBERTURAS CENOZÓICAS.....	36
4. GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA	37
4.1. DOMÍNIOS TECTONOESTRUTURAIS	37
4.2. ACERVO ESTRUTURAL.....	38
4.2.1. Estruturas sedimentares	38
4.2.2. Estruturas dúcteis.....	38
4.2.3. Estruturas rúpteis	39
4.3. ESTRUTURAÇÃO REGIONAL	39
4.3.1. Domínio Estrutural de Martins (D1)	40
4.3.2. Domínio Estrutural de São Gonçalo do Rio Abaixo (D2).....	41
4.3.3. Domínio Estrutural de Brucutu (D3).....	41
4.3.4. Domínio Estrutural de Florália (D4).....	41
4.3.5. Domínio Estrutural de Mutuca (D5)	43
4.4. FASES DEFORMACIONAIS.....	43
4.4.1. Fase F1	45
4.4.2. Fase F2.....	45

4.4.3. Fase F3.....	46
4.4.4. Fase F4.....	47
5. RECURSOS MINERAIS	48
5.1. OURO	48
5.2. GRANITO E GNAISSE	50
5.3. AREIA	50
5.4. FERRO	50
5.5. CASCALHO	51
5.6. ESTEATITO.....	51
5.7. QUARTZO.....	51
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	53
6.1. CONCLUSÕES GERAIS	53
6.2. UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	53
6.3. GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA	54
6.4. RECURSOS MINERAIS.....	54
6.5. RECOMENDAÇÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento geológico das folhas Florália (SE.23-Z-D-IV-3-SE) e São Gonçalo do Rio Abaixo (SE.23-Z-D-IV-3-NE) foi executado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM-SGB), entre os anos de 2020 e 2024, no âmbito do Projeto Estratigrafia, Arquitetura Crustal e Recursos Minerais do Quadrilátero Ferrífero. As quadrículas estão localizadas entre os paralelos $-19^{\circ}45'00''$ e $-20^{\circ}00'00''$ e meridianos $-43^{\circ}15'00''$ e $-43^{\circ}22'30''$, abrangendo uma área de aproximadamente 380 km², incluindo parte dos municípios de Santa Bárbara, São Gonçalo do Rio Abaixo e Itabira, na região central do estado de Minas Gerais (Figura 1.1).

Durante os trabalhos de campo, as cidades de Santa Bárbara e Itabira foram utilizadas como pontos de apoio, localizadas, respectivamente, a oeste e a norte da área de estudo, com populações estimadas de 30.466 e 113.343 pessoas (IBGE, [202-]).

A partir da capital Belo Horizonte, o acesso à área é feito pela BR-381 até a MG-436, em direção ao município

de Santa Bárbara (MG), e pela MG-129, em direção à Itabira (MG). Na porção sul da área de estudo, os distritos mais importantes são Florália, São José, Borges e Mutuca. Ao norte, destacam-se a cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo (MG) e seus distritos: Machado, Vargem da Lua, Mãe D'Água e Martins, cujos acessos se dão pelas rodovias BR-381, MG-129 e estradas vicinais.

O mapeamento geológico foi realizado na escala 1:25.000, e suas etapas iniciais envolveram a interpretação de imagens de satélite e mapas geofísicos, com o objetivo de elaborar um mapa preliminar e definir os lineamentos estruturais. A base cartográfica foi construída a partir da compilação e interpretação de diversos mapas geológicos regionais (Dorr, 1969; Padilha; Vieira; Heineck, 2000; Pinto; Silva, 2014; Cavalcanti *et al.*, 2016; Endo *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020a; Silva *et al.*, 2020b) e em escala de detalhe (Baltazar; Silva, 1996; Schorscher *et al.*, 1997; Schorscher; Alves; Davies, 1997) (Figura 1.2).

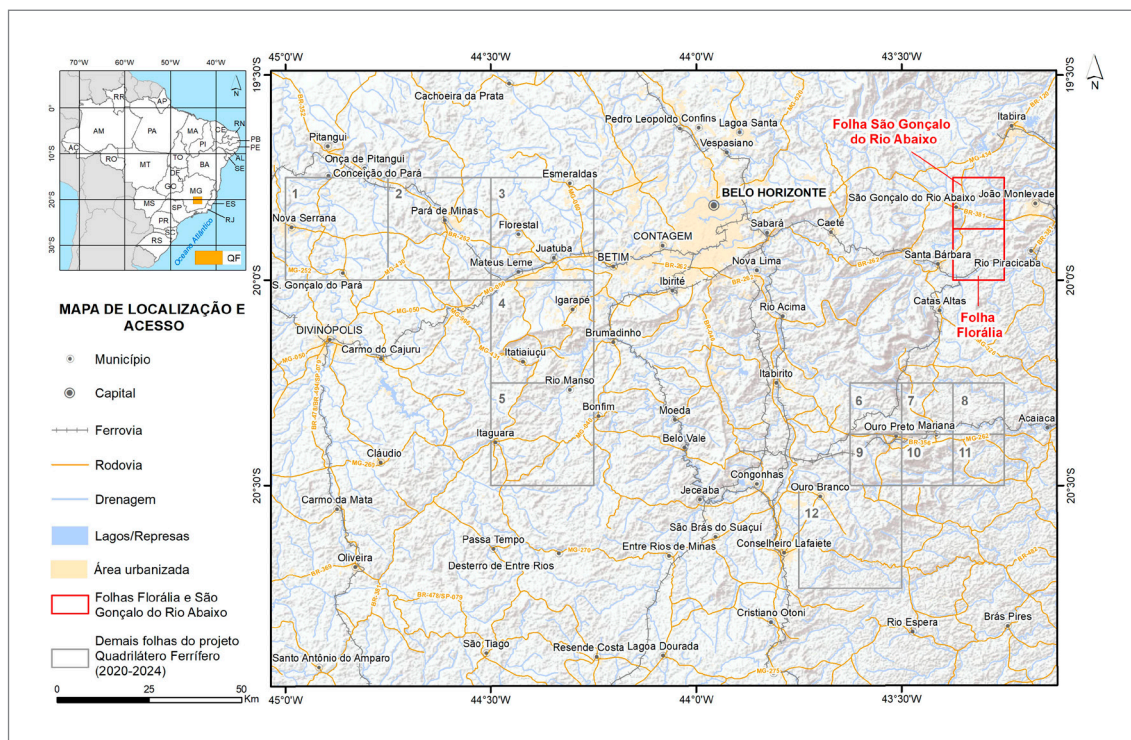


Figura 1.1 - Mapa de localização e acesso das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo (escala 1:25.000; polígonos em vermelho), inseridas no Projeto Estratigrafia, Arquitetura Crustal e Recursos Minerais do Quadrilátero Ferrífero - executado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM-SGB), entre os anos de 2020 e 2024. As demais folhas mapeadas neste projeto estão destacadas em cinza: 1) Nova Serrana; 2) Pará de Minas; 3) Esmeraldas; 4) Igarapé; 5) Itaguara; 6) São Bartolomeu; 7) Antônio Pereira; 8) SF.23-X-B-I-3-NE; 9) Ouro Preto; 10) Mariana; 11) SF.23-X-B-I-3-SE; 12) Ouro Branco. Fonte: Elaborado pelos autores.

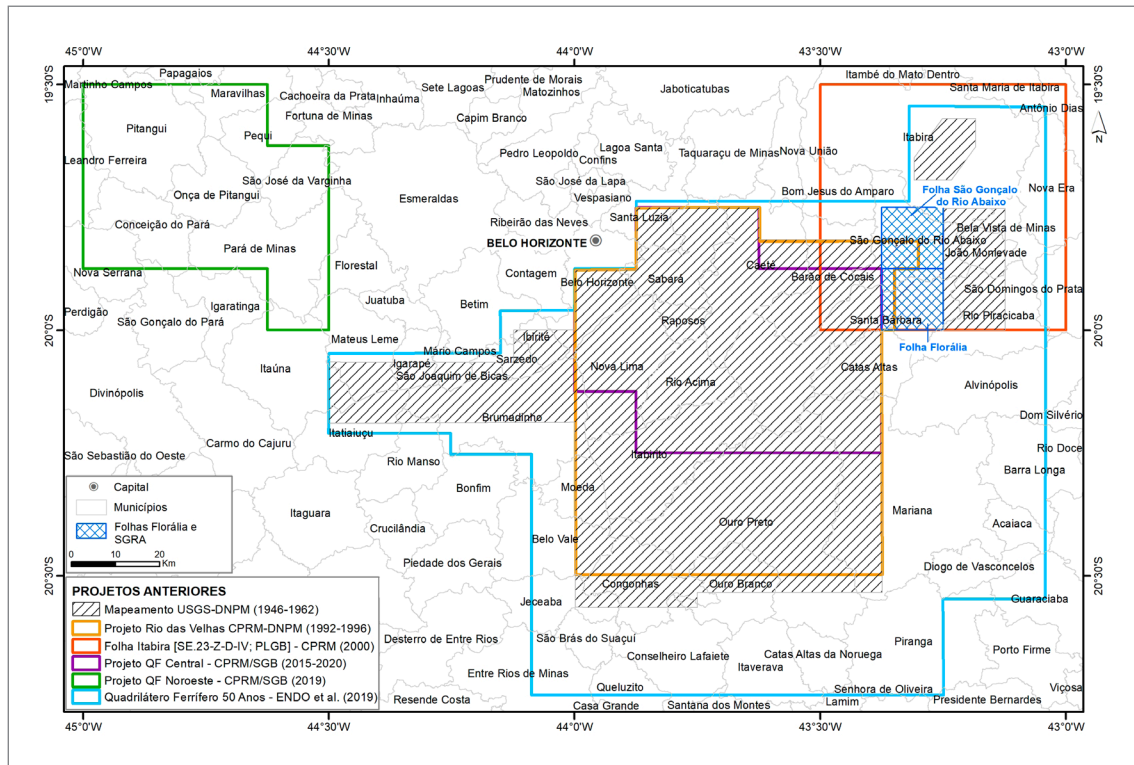


Figura 1.2 - Mapa índice ressaltando os principais projetos de mapeamento geológico do Quadrilátero Ferrífero (QF), disponíveis no entorno das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram realizadas oito etapas de campo, entre os anos de 2021 a 2024, nas quais foram cadastradas 980 estações de campo e 31 pontos de recursos minerais (apresentados em detalhe no Capítulo 5). A partir das amostras coletadas, foram realizados estudos petrográficos, litoquímicos (análises de elementos maiores, menores e traços por *ICP-OES* e *ouro por Fire Assay*) e geocronológicos (U-Pb LA-ICP-MS em zircão). Os dados de produção estão sumarizados na Tabela 1.1.

Os produtos gerados neste projeto incluem:

1. Dois mapas geológicos em escala 1:25.000 (Folhas Florália - SE.23-Z-D-IV-3-SE e São Gonçalo do Rio Abaixo - SE.23-Z-D-IV-3-NE);
2. Base de dados vetoriais georreferenciados do projeto;
3. Bases de dados de afloramentos (Aflora) e de recursos minerais (RecMin), disponíveis no Portal GeoSGB (<https://geosgb.sgb.gov.br/geosgb/>);
4. Nota explicativa.

Todas as abreviaturas presentes no mapa e na nota explicativa, especialmente aquelas presentes nas legendas das fotomicrografias, seguem as normativas propostas pelo SGB-CPRM (Medeiros; Rosa-Costa, 2020).

Tabela 1.1 - Dados de produção das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo (escala 1:25.000), no âmbito do Programa Quadrilátero Ferrífero.

DADOS DE PRODUÇÃO	FOLHA FLORÁLIA	FOLHA SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO
Afloramentos descritos	578	402
Amostras coletadas	83	54
Pontos de recursos minerais	29	2
Lâminas delgadas descritas	61	36
Análises litoquímicas	26	17
Análises geocronológicas	4	2

Fonte: Elaborado pelos autores.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

As folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo (SGRA) estão localizadas na porção limítrofe entre o sudeste do Cráton São Francisco e a Faixa Araçuaí (Almeida *et al.*, 1981; Teixeira *et al.*, 2017). A área de estudo abrange as unidades geológicas associadas ao setor nordeste da província mineral do Quadrilátero Ferrífero (QF) (Alkmim; Teixeira, 2017) e sul do Bloco Guanhães (BG) (Alkmim *et al.*, 2006, 2017; Noce *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2016).

Em ambas as regiões, ocorrem rochas dos embasamentos arqueanos granito-gnáissicos e associações

supracrustais metavulcanossedimentares arqueanas e paleoproterozoicas, além de corpos intrusivos ácidos, máficos e ultramáficos com diferentes naturezas e períodos (Endo *et al.*, 2020; Magalhães, 2019, e referências nele contidas) (Figura 2.1).

De modo geral, o embasamento arqueano do Quadrilátero Ferrífero (QF) engloba os complexos Bação, Belo Horizonte, Bonfim e Santa Bárbara (Machado; Carneiro, 1992; Machado *et al.*, 1992; Noce; Machado; Teixeira, 1998; Lana *et al.*, 2013; Farina; Albert; Lana, 2015; Farina *et al.*, 2016),

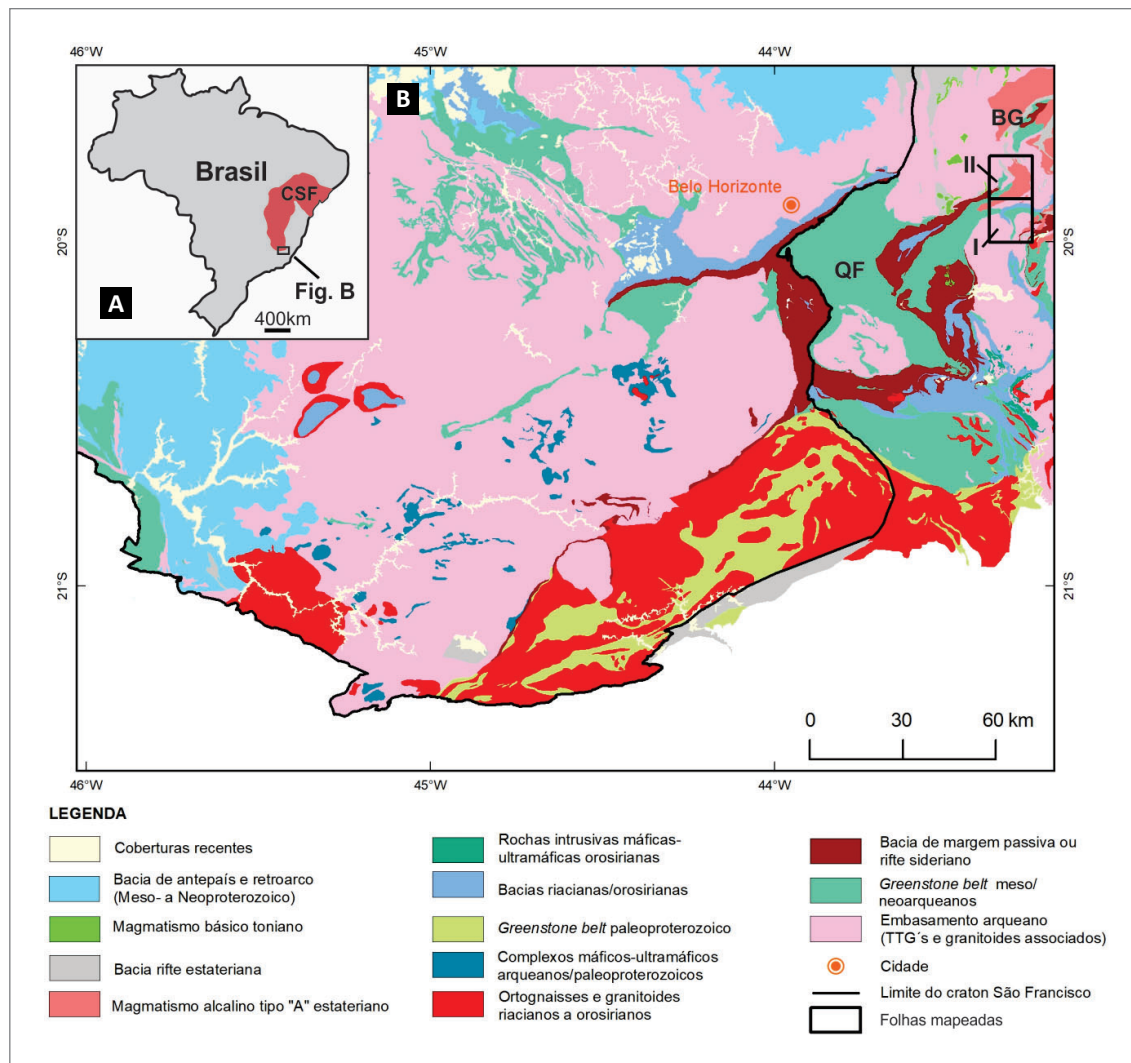


Figura 2.1 - A) Localização da região sob o contexto do limite do Cráton São Francisco (CSF). Fonte: Alkmim e Teixeira (2017); B) Mapa tectônico simplificado do limite do Cráton São Francisco, com destaque para o Quadrilátero Ferrífero (QF) e a porção sudoeste do Bloco Guanhães (BG), e localização das folhas Florália (I) e São Gonçalo do Rio Abaixo (II). Fonte: Elaborado pelos autores.

os quais são recobertos pelos supergrupos Rio das Velhas, Minas e Estrada Real (Dorr, 1969; Alkmim; Marshak, 1998; Baltazar; Zucchetti, 2007; Endo *et al.*, 2020, e referências nele contidas).

O Supergrupo Rio das Velhas (SGRV) é constituído por rochas metavulcanossedimentares arqueanas do tipo *greenstone belt*, formadas em diferentes ambientes tectônicos, incluindo rochas geradas durante a fase extensional em uma bacia oceânica, bem como aquelas associadas aos ciclos de colisão-subducção e à sedimentação não marinha (Zucchetti; Baltazar; Raposo, 2000; Baltazar; Zucchetti, 2007; Araújo *et al.*, 2020).

O Supergrupo Minas é constituído por rochas metassedimentares de idades arqueanas e paleoproterozóicas, depositadas em ambiente de rifte continental que evoluiu para uma margem passiva, e que jazem discordantemente sobre o SGRV (Dorr, 1969; Alkmim; Marshak, 1998; Alkmim; Martins-Neto, 2012; Endo *et al.*, 2020). Após um hiato de cerca de 300 Ma, foram depositadas as rochas metassedimentares e metavulcânicas do Supergrupo Estrada Real, associadas às bacias sin- e pós-orogênicas dos grupos Sabará e Itacolomi, respectivamente, formadas após a inversão da Bacia Minas durante o Riachão (Dorr, 1969; Alkmim; Marshak, 1998; Endo *et al.*, 2020).

O Bloco Guanhães (BG), por sua vez, compreende o Complexo Basal de Guanhães e sequências supracrustais paleoproterozoicas de rifte continental, abrangendo rochas metavulcanossedimentares e metassedimentares do Grupo Guanhães (Grossi-Sad; Magalhães; Carelos, 1989), da Unidade Alto Rio Guanhães (Danderfer; Meireles, 1987; Magalhães *et al.*, 2018), da Sequência Serra do Morro Escuro (Silveira-Braga, 2012; Carvalho, 2013; Silveira-Braga *et al.*, 2015), da Formação Cambotas (Freitas; Cocco-Rodrigues; Rosière, 1992) e da Unidade Quartzítica Serra da Pedra Branca (Carvalho *et al.*, 2014), além de rochas metaígneas anorogênicas da província ígnea siliciclástica do Espinhaço (Magalhães *et al.*, 2018). Associados a esta última, encontram-se granitos anorogênicos da Suíte Borrachudos (Grossi-Sad *et al.*, 1990; Magalhães *et al.*, 2018, e referências contidas).

A área de estudo está inserida em diversos mapas de integração regional (Dorr, 1969; Pinto; Silva, 2014; Cavalcanti *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2020a; Silva *et al.*, 2020b; Endo *et al.*, 2019), assim como no mapa geológico da Folha Itabira (SE.23-Z-D-IV), em escala 1:100.000 (Padilha; Vieira; Heineck, 2000) (Figura 1.2). Os primeiros mapas de detalhe das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo foram produzidos por Schorscher *et al.* (1997) e Schorscher, Alves e Davies (1997), respectivamente, com base em numerosos trabalhos de mapeamento preliminar (Schorscher *et al.*, 1997a, e referências nele contidas).

Durante o Projeto Rio das Velhas, realizado por meio da parceria DNPM/CPRM (entre os anos de 1992-1996),

apenas a porção noroeste da Folha Florália e a sudoeste da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo foram mapeadas, com ênfase nas exposições do *greenstone belt* Rio das Velhas (Baltazar; Silva, 1996).

Os mapas disponíveis para a área de estudo apresentam interpretações divergentes quanto ao posicionamento estratigráfico das rochas aflorantes, bem como à definição do limite entre o QF e o BG. Dessa forma, este estudo propõe uma atualização cartográfica e um avanço no entendimento da evolução geológica da área. A partir de novos dados de campo, geofísicos e geocronológicos, sugere-se a reclassificação e redefinição da geometria de parte das rochas do embasamento e das sequências supracrustais.

Em estudos anteriores, os segmentos crustais arqueanos aflorantes nas folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo foram associados aos complexos Santa Bárbara e Belo Horizonte, respectivamente (Padilha; Vieira; Heineck, 2000; Pinto; Silva, 2014; Silva *et al.*, 2020b; Endo *et al.*, 2019). Entretanto, com base no mapeamento geológico de detalhe e novos dados geocronológicos, o presente trabalho propõe a redução da área de ocorrência desses complexos, associando parte dos terrenos granito-gnáissicos ao Complexo Basal de Guanhães (Figura 2.2). Dessa forma, o Complexo Santa Bárbara passa a ser reconhecido apenas no setor oeste da Folha Florália (no entorno do município homônimo), enquanto parte das rochas anteriormente atribuídas a esse complexo foi reclassificada como um corpo intrusivo, denominado Costa Lacerda.

Já o Complexo Basal de Guanhães passa a ocupar uma área mais extensa, aflorando no setor leste da Folha Florália e no entorno do distrito de São José. Na Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, o Complexo Belo Horizonte foi inteiramente reclassificado como Complexo Basal de Guanhães, o qual está exposto tanto a leste quanto a oeste do Corpo Peti (parte da Suíte Borrachudos). Em ambas quadrículas, as rochas metamáficas e metaultramáficas, tectonicamente intercaladas ao Complexo Basal de Guanhães, foram atribuídas à Unidade Alto Rio Guanhães (Danderfer; Meireles, 1987; Magalhães *et al.*, 2018).

Em relação às sequências supracrustais, as unidades metavulcanossedimentares da porção central da Folha Florália foram previamente classificadas como pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas (Schorscher *et al.*, 1997a; Padilha; Vieira; Heineck, 2000; Pinto; Silva, 2014) ou como Grupo Sabará, integrante ao Supergrupo Estrada Real (Endo *et al.*, 2019, 2020). Neste estudo, manteve-se a classificação dessas rochas como parte do Supergrupo Rio das Velhas. Ele é composto pelos grupos Quebra Osso e Nova Lima Indiviso, cujo elevado grau de intemperismo e deformação impossibilitou sua subdivisão em formações. Este último grupo também aflora no

entorno da Represa do Peti (na interseção entre as duas quadrículas), sendo representado pela Formação Córrego do Sítio.

Já os quartzitos e quartzitos conglomeráticos que recobrem essas seqüências foram previamente interpretados como pertencentes à Formação Cambotas (Supergrupo Espinhaço, Schorscher *et al.*, 1997a), à Formação Serra Negra de Guanhões (Pinto; Silva, 2014), ou à Formação Florália (Supergrupo Estrada Real; Endo *et al.*, 2019). No presente estudo, as idades obtidas para

essas rochas são coerentes com as da Formação Furquim, inserida no Grupo Itacolomi, como será detalhado no capítulo a seguir.

Por fim, na Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, afloram ainda rochas da Formação Serra Negra de Guanhões, associada à porção superior do Grupo Guanhões (Grossi-Sad; Magalhães; Carelos, 1989), e da Formação Cambotas, pertencente ao Supergrupo Espinhaço (Marshak; Alkmim, 1989; Freitas; Crocco-Rodrigues; Rosière, 1992).

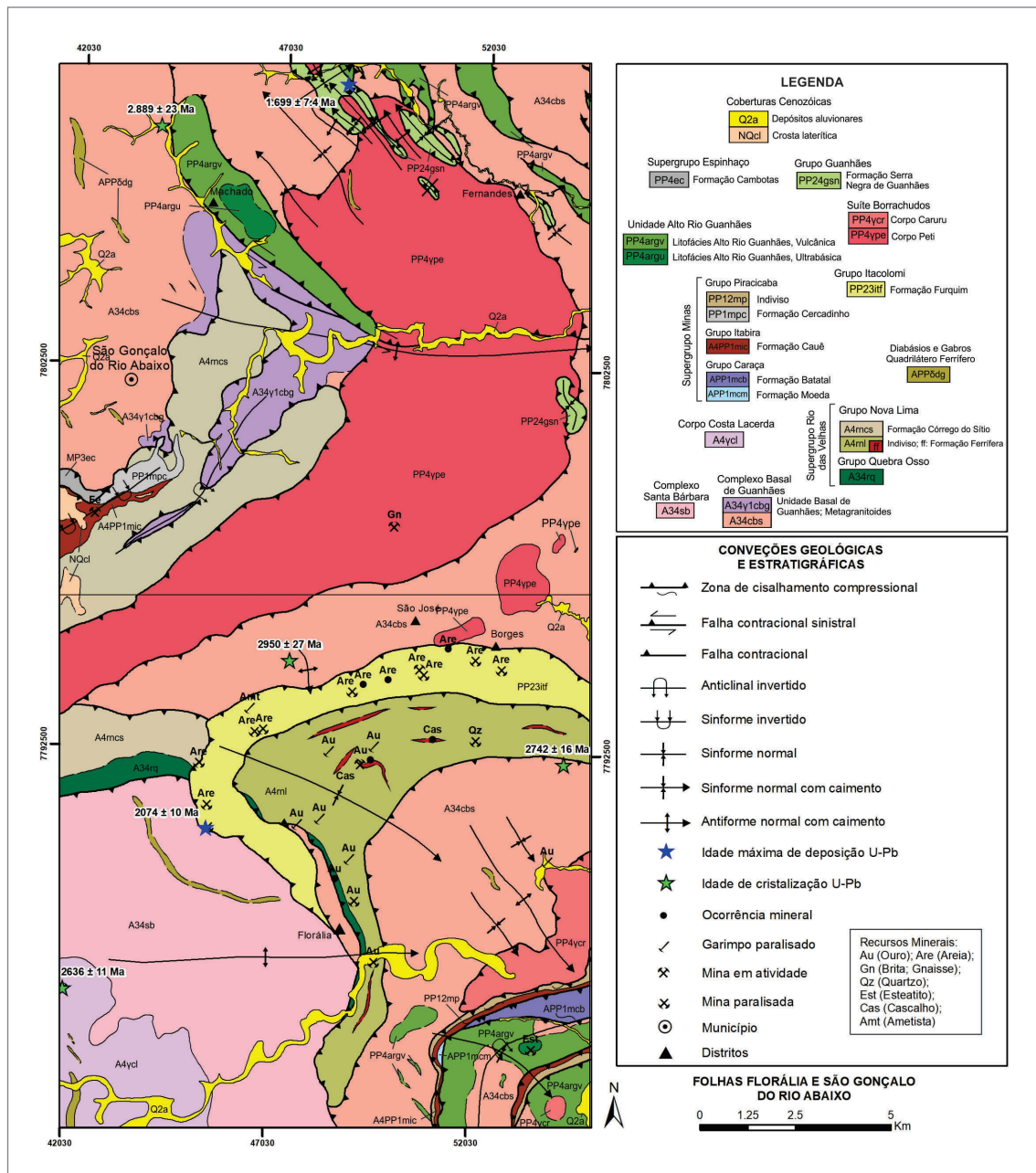


Figura 2.2 - Mapa geológico simplificado unificado das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo. Fonte: Elaborado pelos autores.

3. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

A partir do mapeamento geológico das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo, foi possível distinguir as seguintes unidades geológicas: rochas arqueanas do embasamento TTG, inseridas nos complexos (1) Santa Bárbara e (2) Basal de Guanhães; (3) Corpo Costa Lacerda, intrusivo no Complexo Santa Bárbara; (4) associações metavulcanossedimentares arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas; (5) rochas metassedimentares arqueanas a paleoproterozoicas do Supergrupo Minas; (6) rochas metassedimentares paleoproterozoicas

do Grupo Itacolomi; (7) granitos anorogênicos estaterianos da Suíte Borrachudos (corpos Peti e Caruru); (8) rochas máficas e ultramáficas estaterianas da Unidade Alto Rio Guanhães; (9) rochas metassedimentares estaterianas da Formação Serra Negra de Guanhães (Grupo Guanhães); (10) rochas metassedimentares estaterianas da Formação Cambotas (Supergrupo Espinhaço); (11) diques de gabro de idade incerta; e (12) coberturas cenozoicas. O quadro de relações tectonoestratigráficas é apresentado na Figura 3.1.

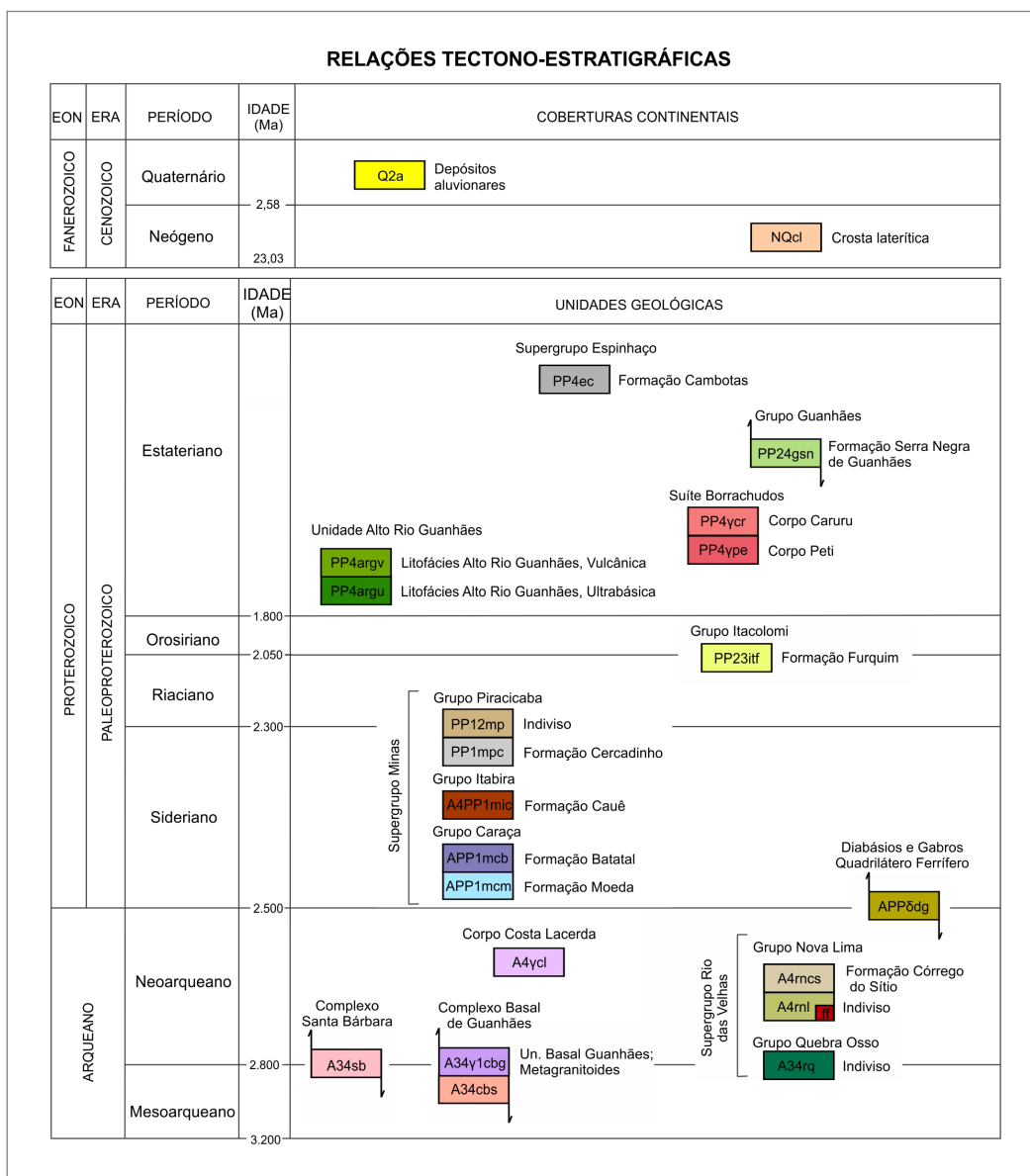


Figura 3.1 - Quadro unificado de relações tectonoestratigráficas das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1. COMPLEXO SANTA BÁRBARA

O Complexo Santa Bárbara (A34sb) compreende associações granito-gnáissicas arqueanas do tipo TTG (tonalito-trondhjemitó-granodiorito), polimetamórficas, que afloram nas porções leste e nordeste do Quadrilátero Ferrífero (QF; Sichel; Valença, 1983; Baltazar; Raposo, 1993; Schorsch *et al.*, 1997a; Padilha; Vieira; Heineck, 2000; Lana *et al.*, 2013; Farina; Albert; Lana, 2015; Farina *et al.*, 2016; Albert *et al.*, 2016). Esse segmento crustal possui estrutura dômica, alongada na direção N-S, com afloramentos que se estendem desde o distrito de Monsenhor Horta (Mariana/MG) até as proximidades do município de Santa Bárbara/MG (Baltazar; Raposo, 1993).

Segundo Lana *et al.* (2013), o complexo representa o fragmento cratônico mais antigo do QF, com idades de cristalização de até 3,2 Ga (U-Pb em zircão; LA-ICP-MS), que fundamentaram a definição de um evento tectonotermal homônimo. Entretanto, estudos posteriores reportam idades neoarqueanas em diferentes porções do Complexo Santa Bárbara (Milagres, 2013; Fonseca, 2017; Rodrigues, 2023; Pinheiro; Magalhães; Ganade, 2024), indicando processos de retrabalhamento crustal e geração de corpos granitoides até cerca de 2,6 Ga.

Na área de estudo, o Complexo Santa Bárbara aflora na porção oeste da Folha Florália, com importantes exposições ao longo da Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM). No mapa de gamaespectrometria, é caracterizado por altos teores de urânio. Nessa região, o complexo abrange diferentes gerações de ortognaisses, comumente migmatizados, de composição granodiorítica a tonalítica (Figura 3.2A–B). Essas rochas podem exibir estruturas nebulíticas e estromáticas, sendo cortadas por granitoides leucocráticos (Figura 3.2C) e veios aplíticos. Subordinadamente, ocorrem lentes de xistos máficos e ultramáficos associados, bastante intemperizados, concordantes ao bandamento gnáissico.

Os gnaisses e granitoides apresentam composição granodiorítica a tonalítica, compostos por proporções variáveis de plagioclásio, quartzo, feldspato potássico (geralmente microclina), biotita e mica-branca, além de quantidades subordinadas de magnetita, epidoto, sericita, zircão, apatita e granada (Figura 3.2D). Comumente, os cristais de feldspatos exibem películas de alteração, como sericitização, saussuritização e argilização, além de exsoluções do tipo pertita e/ou antipertita.

No diagrama normativo An-Ab-Or (O'Connor, 1965), as amostras do Complexo Santa Bárbara posicionam-se no campo dos granitos e granodioritos (Figura 3.3A). Possuem composição alcalino-cálcica a calcioalcalina (Frost *et al.*, 2001, Figura 3.3B) e são majoritariamente

classificadas como granitos dos tipo I e S, segundo os diagramas de Whalen, Currie e Chappell (1987) (não apresentado). Os padrões de elementos terras-raras (ETR), normalizados ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995; Figura 3.3C), indicam enriquecimento moderado dos ETR leves (ETRL) em relação aos pesados (ETRP), com razões $(La/Sm)_N = 3,18-4,22$ e $(La/Yb)_N = 6,91-8,85$, além de anomalias negativas de Eu bem marcadas ($Eu/Eu^* = 0,30-0,68$).

Quando normalizadas ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995), os elementos-traços das amostras apresentam anomalias negativas pronunciadas de P e Ti, e uma anomalia positiva expressiva de Pb (Figura 3.3D).

3.2. CORPO COSTA LACERDA

O Corpo Costa Lacerda (A4ycl) foi definido no entorno da estação ferroviária homônima. Suas principais exposições ocorrem na Pedreira Santa Bárbara (pertencente à Pedreira Um Valemix, em Santa Bárbara/MG), onde são extraídos materiais destinados à construção civil (descritos em detalhe no item 5.2). Originalmente, esse litotipo era cartografado como parte do Complexo Santa Bárbara, mas a integração de dados geofísicos e geocronológicos permitiu sua individualização como um corpo intrusivo no embasamento.

No mapa de gamaespectrometria, a assinatura desse corpo se diferencia dos gnaisses do embasamento aflorantes em seu entorno, sendo caracterizada por valores elevados de urânio e tório. Trata-se de um corpo ígneo composto por metatonalitos cinza, de granulação média a grossa, geralmente não foliados ou com foliação discreta (Figura 3.2E). A mineralogia predominante inclui quartzo, plagioclásio, microclina, biotita, sericita e epidoto (Figura 3.2F).

Os dados geoquímicos de uma amostra representativa dessa unidade são apresentados em conjunto com os dos gnaisses do Complexo Santa Bárbara e mostram comportamento similar (Figura 3.3A–D).

A datação geocronológica da mesma amostra forneceu uma idade de cristalização U-Pb em zircão de 2.636 ± 11 Ma (Figura 3.4A). Essa idade é significativamente mais nova do que aquelas propostas por Lana *et al.* (2013) para o Complexo Santa Bárbara, o que sugere que o Corpo Costa Lacerda seja intrusivo nos gnaisses mais antigos do embasamento.

Adicionalmente, essa idade é coerente com dados geocronológicos obtidos em outros setores do Complexo Santa Bárbara (Milagres, 2013; Rodrigues, 2023; Pinheiro; Magalhães; Ganade, 2024), os quais indicam um aumento na prevalência de idades neoarqueanas nesse segmento crustal. Dessa forma, é possível que a preservação da crosta paleoarqueana (Lana *et al.*, 2013) tenha sido limitada devido à atuação de processos de

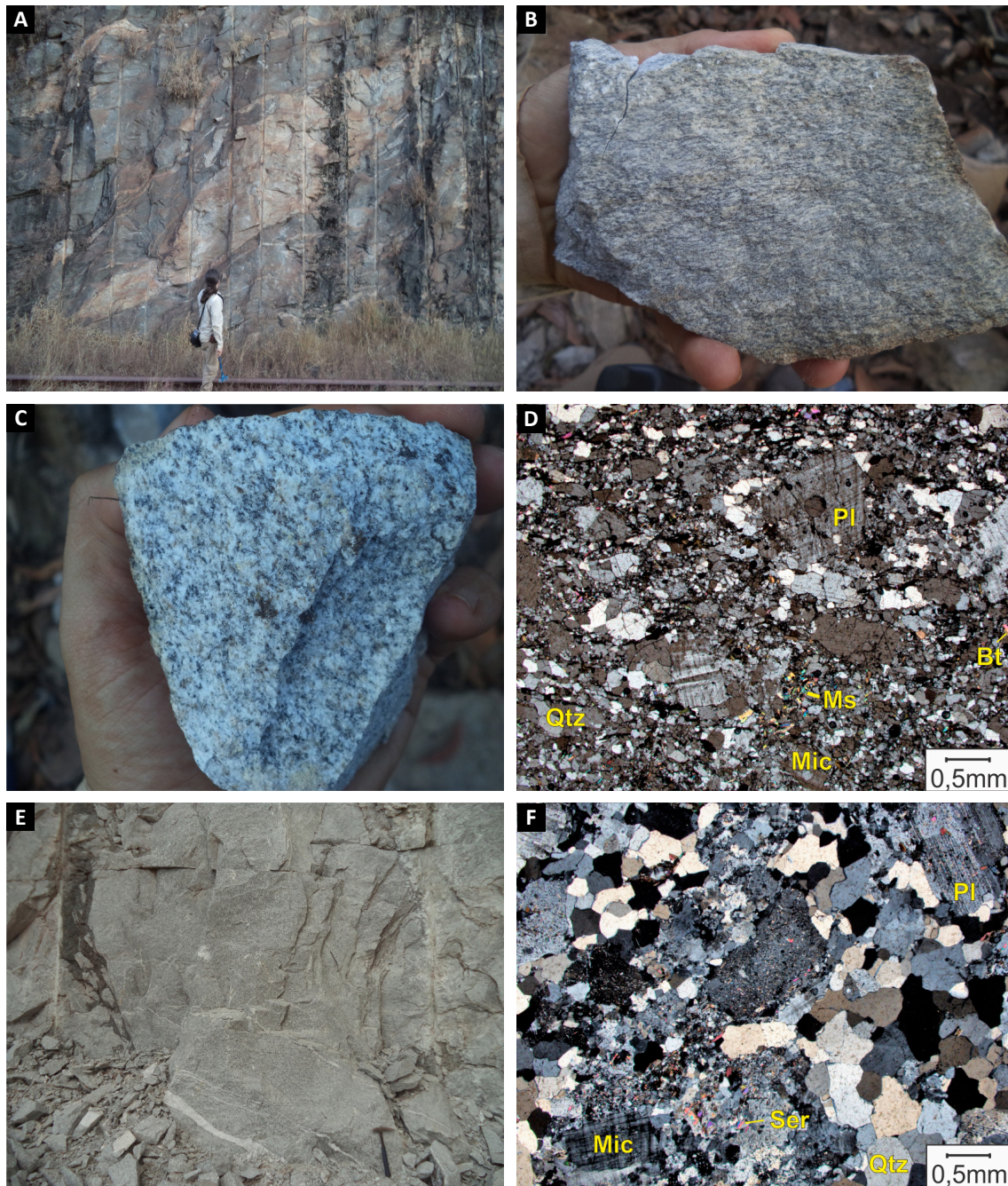


Figura 3.2 - Complexo Santa Bárbara: A) Afloramento de gnaiss migmatítico ao longo da Estrada de Ferro Vitória-Minas (afloramento MS-012); B e C) Diferentes amostras de mão do afloramento MS-007, incluindo: B) Gnaiss finamente bandado de composição granodiorítica (MS-007A) e C) Metagranitoide pouco a moderadamente foliado de composição tonalítica (MS-007B); e D) Fotomicrografia da amostra MS-007A, sob nicóis cruzados, com destaque para fenocristais de feldspatos. Corpo Costa Lacerda: E) Afloramento de metatonalito na Pedreira Florália (MS-120); F) Textura granoblástica em metatonalito, observada sob nicóis cruzados. Abreviaturas dos minerais - Bt: biotita; Mic: microclina; Ms: muscovita; Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo; Ser: sericita. Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

retrabalhamento crustal e à geração de rochas neoarqueanas, amplamente conhecidos na região do Quadrilátero Ferrífero (e.g. Farina *et al.*, 2016).

Na mesma amostra, também foi obtida uma idade de intercepto inferior de 552 ± 24 Ma, associada ao metamorfismo relacionado ao evento Brasiliano, vinculado à formação do Gondwana Ocidental (Alkmim; Teixeira, 2017, e referências nele contidas).

3.3. COMPLEXO BASAL DE GUANHÃES

Durante a década de 1970, trabalhos de mapeamento realizados pela CPRM agruparam as rochas gnáissicas do embasamento da borda leste da Serra do Espinhaço sob a denominação de Complexo Gnáissico-Migmatítico (Fontes *et al.*, 1978). Posteriormente, no Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, publicado em 1994,

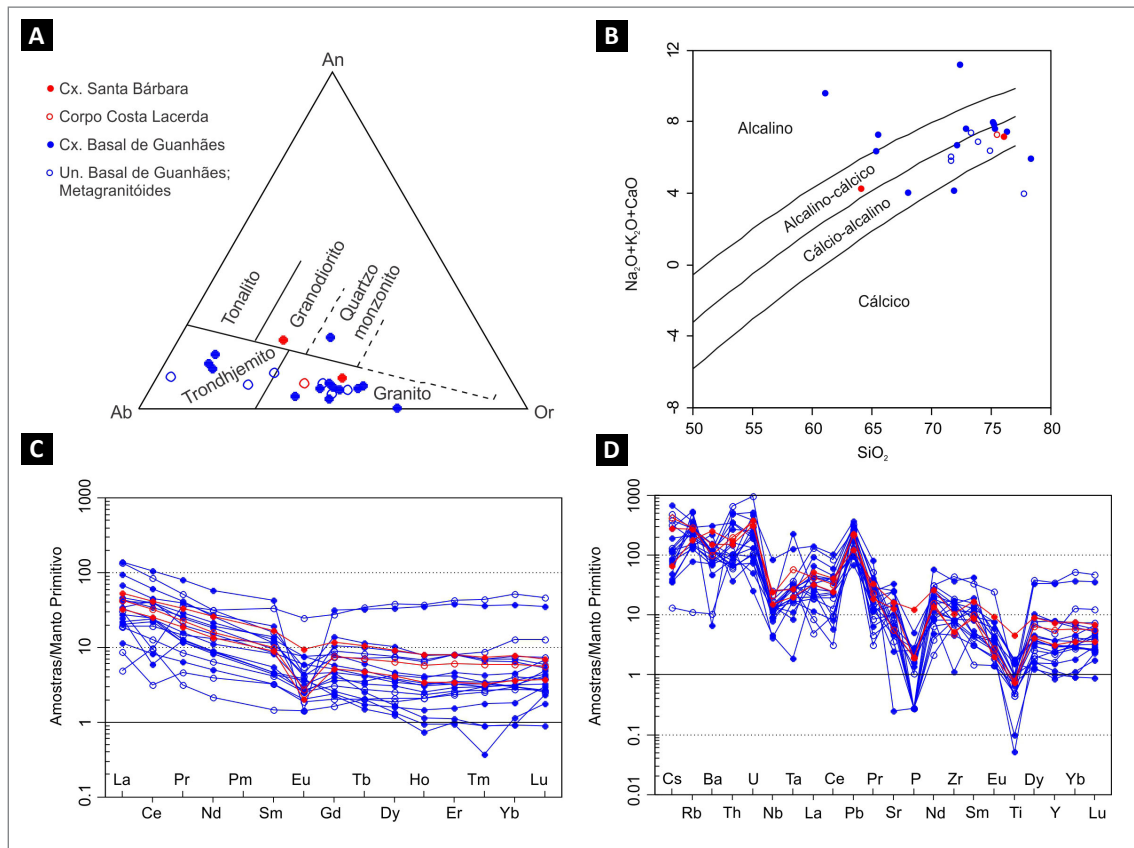


Figura 3.3 - Diagramas de classificação geoquímica das rochas dos complexos Santa Bárbara e Basal de Guanhões: A) Diagrama normativo An-Ab-Or (O'Connor, 1965); B) Diagrama de séries graníticas (Frost *et al.*, 2001). Padrões de distribuição de: C) Elementos terras-raras (ETR) e D) Multielementares, normalizados ao manto primitivo de McDonough e Sun (1995). Os círculos preenchidos em vermelho representam as rochas do Complexo (Cx.) Santa Bárbara, enquanto os círculos preenchidos em azul estão associados ao Complexo (Cx.) Basal de Guanhões. Os círculos vazados referem-se aos granitoides intrusivos no embasamento: os vermelhos correspondem ao Corpo Costa Lacerda e, os azuis, à Unidade (Un.) Basal de Guanhões. Fonte: Elaborado pelos autores com base em O'Connor (1965); Frost *et al.* (2001); McDonough e Sun (1995).

Pedrosa-Soares *et al.* (1994) renomearam essas rochas gnáissicas-migmatíticas do Bloco Guanhões como Complexo Guanhões. Ainda na mesma década, durante o Projeto Espinhaço, Grossi-Sad (1997) passou a agrupá-las sob a designação de Complexo Basal. Mais recentemente, no Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais em 2020, Silva *et al.* (2020b) redefiniram essas unidades como Complexo Basal de Guanhões, terminologia adotada neste projeto.

O Complexo Basal de Guanhões (A34cbs) representa parte do embasamento arqueano do Cráton São Francisco. Esse complexo abrange gnaisses leucocráticos, migmatizados ou não, com composição variando de trondhjemitos a granitos, com predomínio aparente de granodioritos (Knauer; Grossi-Sad, 1997). Também ocorrem intercalações de rochas metabásicas (anfibolito e metagabro), metapiroxenito e pegmatitos, geralmente concordantes com o bandamento gnáissico (Grossi-Sad, 1997).

Análises U-Pb por SHRIMP em zircões, realizadas em gnaisses e granitoides desse complexo, forneceram idades entre 3.150 e 2.710 Ma (Silva *et al.*, 2002; Peixoto *et al.*, 2015; Barrote, 2016).

Na área de estudo, o Complexo Basal de Guanhões aflora a leste do distrito de Florália e no entorno do Corpo Peti (Figura 2.2). Nas folhas mapeadas, parte dessas rochas havia sido previamente atribuída aos complexos Santa Bárbara ou Belo Horizonte (Padi-lha; Vieira; Heineck, 2000; Endo *et al.*, 2019), mas a integração dos dados de campo e geofísicos – especialmente gamaespectrometria – permitiu distinguir essas unidades.

Em comparação com outros segmentos do embasamento, o Complexo Basal de Guanhões apresenta assinaturas gamaespectrométricas bastante heterogêneas, com valores mais elevados de potássio e tório em relação ao Complexo Santa Bárbara.

Sendo assim, nas quadrículas mapeadas, esse complexo é constituído por gnaisses de composição granodiorítica a tonalítica, de cor cinza a cinza-esbranquiçado e granulação fina a grossa, cortados por diferentes gerações de granitoides, além de veios pegmatíticos e/ou aplíticos (Figura 3.5A). Os gnaisses apresentam bandamento composicional com espessuras milimétricas a

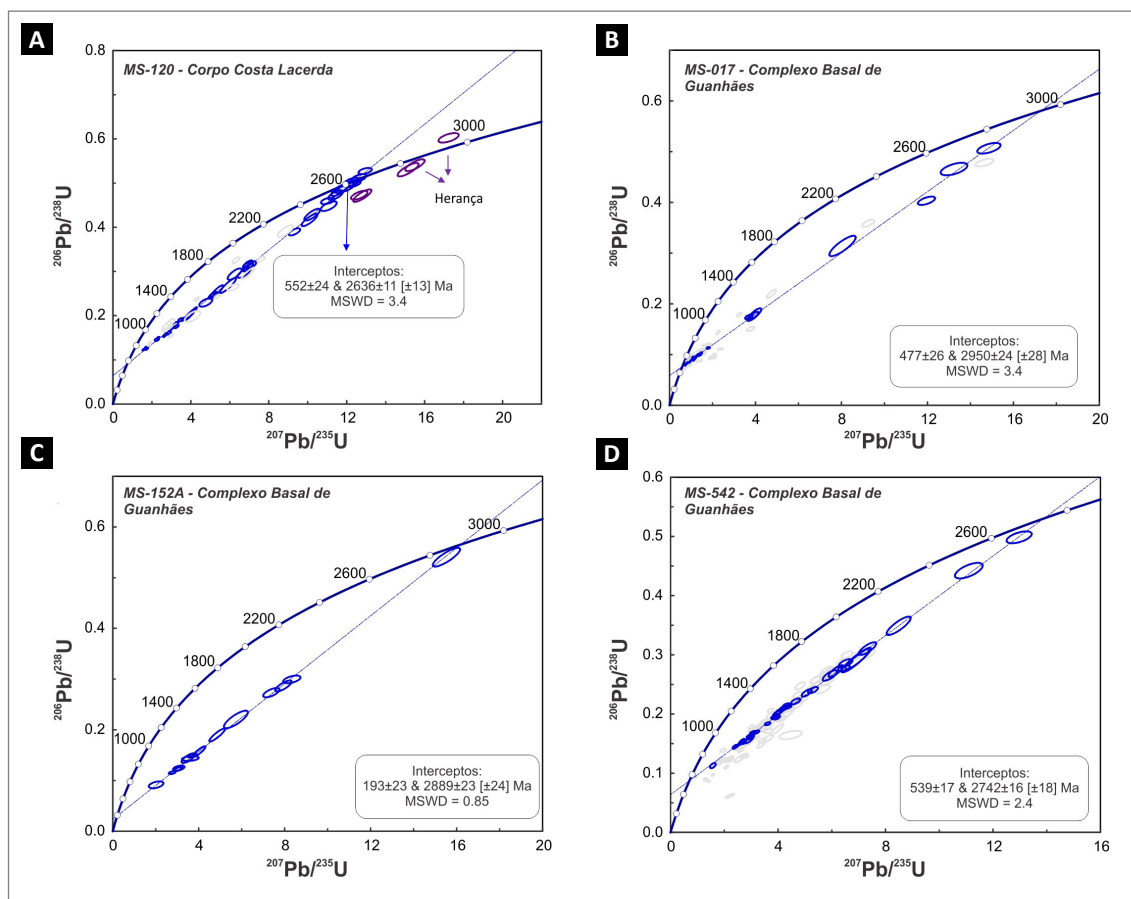


Figura 3.4 - Diagramas de concórdia de Wetherill para as análises de U-Pb em zircão (LA-ICP-MS). A) Metatonalito do Corpo Costa Lacerda (afloramento MS-120). Três amostras do Complexo Basal de Guanhões, incluindo: B) Metagranodiorito (MS-017); C) Metasienogranito (MS-152A); D) Gnaiss TTG milonítico (MS-542). As elipses estão representadas em 2 σ . Fonte: Elaborado pelos autores.

centimétricas (Figura 3.5B), sendo intensamente foliados, milonitizados (Figura 3.5C) e, localmente, dobrados (Figura 3.5D).

Em algumas localidades, essas rochas gnáissicas estão intercaladas com xistos máficos e/ou ultramáficos (Figura 3.5E), especialmente na porção sudeste da Folha Florália, onde o Complexo Basal de Guanhões se encontra tectonicamente imbricado com as rochas da Unidade Alto Rio Guanhões (descrita em detalhe no item 3.7).

Em lâmina delgada, o bandamento dos gnaisses é caracterizado pela intercalação entre bandas ricas em minerais félsicos (quartzo, plagioclásio e microclina) com bandas enriquecidas em biotita e muscovita, cuja orientação define a foliação da rocha (Figura 3.5F). Como minerais acessórios, podem estar presentes epidoto, magnetita, monazita e apatita.

Na Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, os corpos de granitoides mais jovens, intrusivos nos gnaisses (Figura 3.5G), foram individualizados na “Unidade Basal de Guanhões–Metagranitoides” (A34y1cbg). Em lâmina delgada, essas rochas apresentam foliação fraca a moderada e granulação média a grossa (Figura. 3.5H). Sua

mineralogia é composta por microclina, plagioclásio, quartzo, biotita e, subordinadamente, epidoto, apatita e alanita.

A partir dos dados geoquímicos de rocha total do Complexo Basal de Guanhões, os gnaisses são, majoritariamente, classificados como trondhjemitos a granitos, conforme o diagrama de O'Connor (1965) (Figura 3.3A), apresentando composições alcalinas e cálcicas, de acordo com a classificação de Frost *et al.* (2001) (Figura 3.3B). No diagrama de Whalen, Currie e Chappell (1987 – não apresentado), essas rochas se posicionam nos campos típicos de granitos dos tipos I e S.

Os padrões de ETR (Figura 3.3C), normalizados ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995), indicam enriquecimento baixo a moderado em ETRL em relação aos ETRP [(La/Sm)_N = 0,94-8,38; (La/Yb)_N = 0,60-104,64].

No diagrama multielementar (Figura 3.3D), as amostras apresentam anomalias negativas expressivas de P e Ti, além de anomalias positivas de Pb.

Foram obtidos dados de geocronologia U-Pb em zircão (LA-ICP-MS) de três amostras representativas do Complexo Basal de Guanhões, coletadas em diferentes localidades.

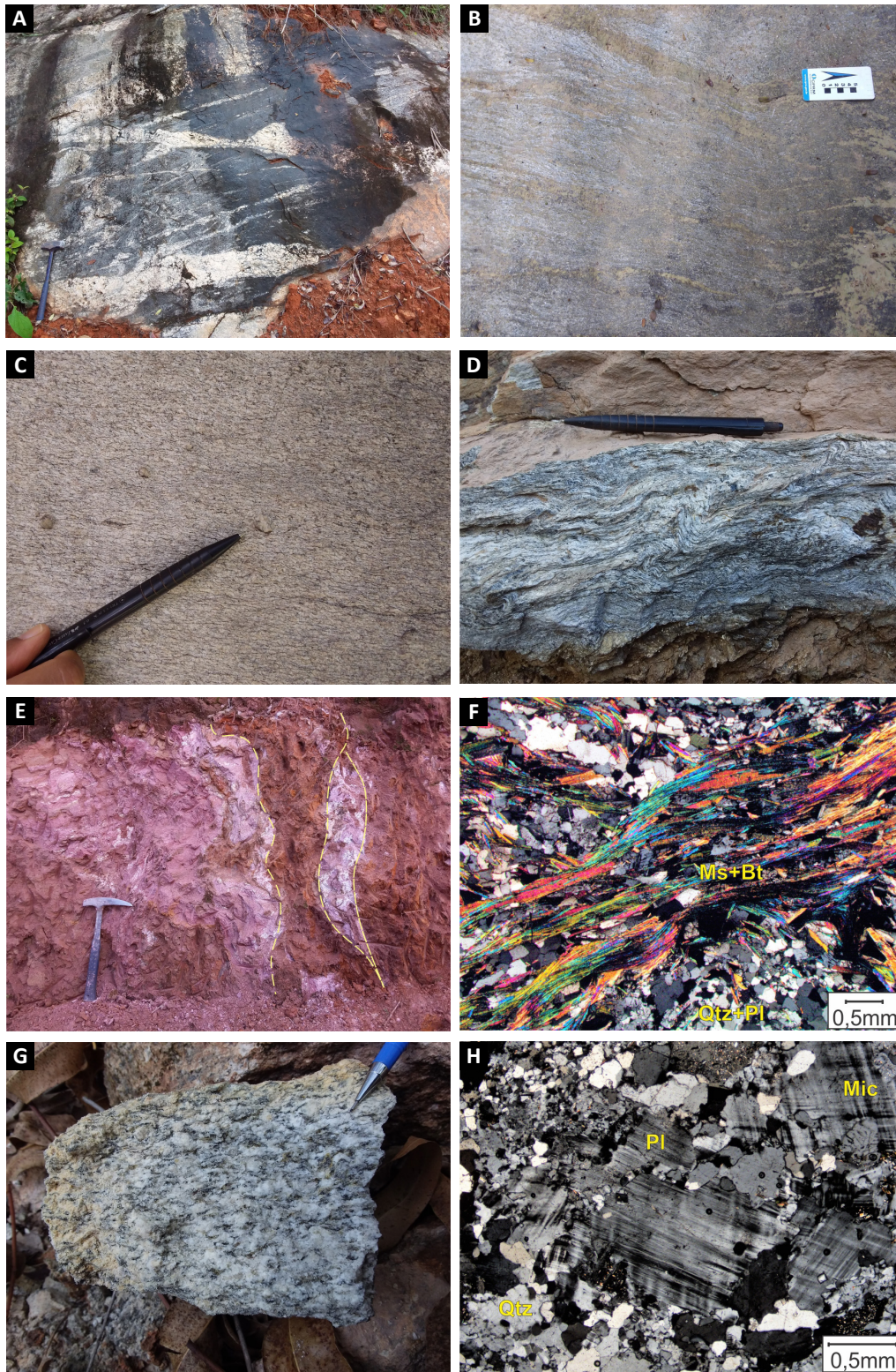


Figura 3.5 - Complexo Basal de Guanhães. A) Grandes exposições de gnaisses cortados por veios pegmatíticos e/ou aplíticos (afloramento RC-269); B) Bandamento composicional em (hornblenda)-biotita gnaiss (afloramento RC-067); C) Foliação milonítica e fenocristais de feldspatos estirados (afloramento MS-152); D) Dobras assimétricas em gnaiss milonítico (afloramento RC-117); E) Saprolito de rochas gnáissicas (coloração rósea) com intercalações de xistos anfibolíticos (cor ocre) (afloramento RC-122); F) Fotomicrografia da amostra RC-117, sob nicóis cruzados, evidenciando texturas lepidoblástica e granoblástica; G) Metagranitoide intrusivofoliado da “Unidade Basal de Guanhães - Metagranitoides” (afloramento MS-402); H) Textura granoblástica e fenocristais de plagioclásio e microclina em metagranitoide intrusivo (afloramento MS-017). Abreviaturas dos minerais - Bt: biotita; Mic: microclina; Ms: muscovita; Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo. Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

Na porção norte da Folha Florália, próximo à Represa Peti, um metagranodiorito forneceu uma idade de cristalização de 2.950 ± 24 Ma (amostra MS-017; Figura 3.4B). A norte da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, um meta-sienogranito apresentou uma idade de cristalização de 2.889 ± 23 Ma (amostra MS-152A; Figura 3.4C).

Por fim, na porção central da Folha Florália, nas proximidades do distrito de Refórgio, um gnaiss TTG milonítico registrou uma idade de cristalização de 2.742 ± 16 Ma, além de uma idade de metamorfismo de 539 ± 17 Ma (amostra MS-542; Figura 3.4D).

Esses novos dados U–Pb revelam idades mesoarqueanas inéditas na porção sul do Bloco Guanhães, indicando uma complexa história evolutiva para a área de estudo, com diferentes períodos de geração crustal.

3.4. SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS

O Supergrupo Rio das Velhas (SGRV), também conhecido como *Greenstone Belt* Rio das Velhas, engloba rochas metamáficas a metaultramáficas, metavulcânicas e metavulcanoclásticas ácidas a intermediárias e associações metassedimentares clasto-químicas, inseridas nos grupos Quebra Osso, Nova Lima e Maquiné (Zucchetti; Baltazar; Raposo, 2000; Baltazar; Zucchetti, 2007; Araújo *et al.*, 2020). Essas rochas são reconhecidas como as principais hospedeiras das mineralizações de ouro orogênico do Quadrilátero Ferrífero (QF) (Lobato *et al.*, 2001a; Lobato *et al.*, 2001b).

Estão distribuídas em três blocos tectonoestratigráficos – Nova Lima-Caeté, Santa Bárbara e São Bartolomeu – que foram justapostos por amalgamação tectônica e apresentam sequências estratigráficas distintas (Baltazar; Zucchetti, 2007; Araújo *et al.*, 2020).

Nas folhas São Gonçalo do Rio Abaixo e Florália, as exposições do SGRV estão associadas ao contexto geológico do Bloco Santa Bárbara, seguindo a compartimentação proposta por Araújo *et al.* (2020). Nessa região, afloram rochas metaultramáficas do Grupo Quebra Osso e metassedimentares da Formação Córrego do Sítio (Grupo Nova Lima), conforme descrito anteriormente por Silva (1996). Além disso, na porção central da Folha Florália, ocorrem exposições do Grupo Nova Lima Indiviso, o qual não pôde ser subdividido em formações devido ao elevado grau de deformação e cisalhamento.

3.4.1. Grupo Quebra Osso

O Grupo Quebra Osso (A34rq) é composto por derrames komatiíticos subaquáticos (serpentinóis e xistos ultramáficos), além de raras lentes de rochas sedimentares clasto-químicas (formações ferríferas

bandadas ou FFB, metachertes, filitos carbonosos, fuchcita-quartzo xistos) e rochas piroclásticas (Ferreira *et al.*, 2020, e referências contidas). Sua área-tipo localiza-se ao longo do Rio Quebra Ossos e em pedreiras inativas da Pedreira Um Valemix, no município de Catas Altas (MG), a sudoeste dos limites da Folha Florália.

Apesar de submetidas a metamorfismo em condições de fácies xisto-verde a anfibolito, alguns afloramentos preservam feições ígneas, como texturas *spinifex*, cumuláticas, *pillow lavas* e hialoclastitos (Schorscher, 1992; Schrank *et al.*, 1984; Schrank; Souza Filho; Roig, 1990; Santos, 2011; Ferreira *et al.*, 2020, 2022).

Na área de estudo, o Grupo Quebra Osso é representado por xistos ultramáficos intensamente cisalhados e intemperizados, sem texturas primárias preservadas, além de lentes subordinadas de FFB. Sua assinatura gamaespectrométrica é caracterizada por baixos valores de elementos radioativos (eU, eTh e K).

Nos arredores da Represa do Peti, esse grupo encontra-se em contato tectônico com o Complexo Santa Bárbara, ao sul, e com a Formação Córrego do Sítio, ao norte, em posição estrutural invertida. Já na porção central da Folha Florália, apresenta contato tectônico com os gnaisses do embasamento, a oeste (Figura 3.6A), e contato gradacional a tectônico com os litotipos do Grupo Nova Lima, a leste.

Macroscopicamente, os xistos ultramáficos apresentam coloração verde-clara a amarelada, granulação muito fina e brilho perolado (Figura 3.6B). São classificados como talco xistos, talco-clorita xistos, clorita-anfibólio xistos e serpentinitos sem estruturas ígneas preservadas. Alguns litotipos exibem porções ricas em cristais milimétricos de magnetita euédrica e/ou *textura boxwork* (Figura 3.6C).

Ao microscópio, exibem texturas lepidoblástica, nematoblástica e/ou decussada (Figura 3.6D). A mineralogia é composta por talco, clorita, tremolita, serpentina e minerais opacos, sendo a foliação marcada pela orientação dos filossilicatos e anfibólios. A magnetita ocorre sob a forma de porfiroblastos tardios, sobrepostos à orientação principal da rocha, podendo exibir sombras de pressão preenchidas por clorita.

No interior da mina histórica do Pari (atualmente inativada e com acesso interditado), Abreu (2005) registrou a ocorrência de um horizonte de sulfetos maciços (pirrotita e calcopirita) intercalado às rochas do Grupo Quebra Osso. Segundo o autor, esses sulfetos apresentam teores anômalos de níquel e ouro, indicando potencial econômico como hospedeiros de mineralizações auríferas (ver item 5.1).

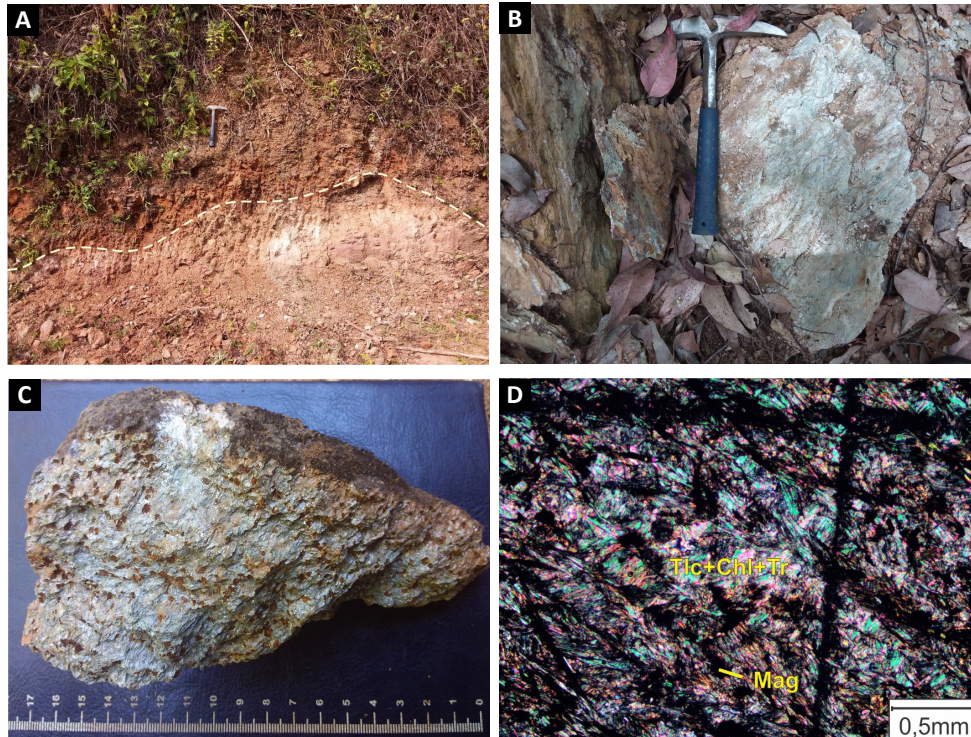


Figura 3.6 - Grupo Quebra Osso: A) Xistos ultramáficos em contato com as rochas do Complexo Santa Bárbara (evidenciado pela linha tracejada), na porção central da Folha Florália (afloramento RC-196); B) Amostra de mão de talco xisto (afloramento RC-044); C) Detalhe para a textura *boxwork* em amostra de talco xisto (afloramento RC-188); D) Fotomicrografia de clorita-tremolita-talco xisto (afloramento RC-196), sob nicóis cruzados. Abreviaturas dos minerais - Chl: clorita; Mag: magnetita; Tlc: talco; Tr: Tremolita. Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

3.4.2. Grupo Nova Lima

O Grupo Nova Lima Indiviso (A4rnl) aflora na porção central da Folha Florália, com exposições significativas no entorno do distrito homônimo (Figura 2.2). É constituído majoritariamente por anfibolitos, com lentes subordinadas de formações ferríferas bandadas do tipo Algoma, metapelitos e metagrauvas.

Os anfibolitos apresentam coloração cinza-esverdeado e granulação fina, ocorrendo como blocos maciços (Figura 3.7A,B) a dobrados, por vezes cortados por veios de quartzo (Figura 3.7C). Em lâmina delgada, exibem texturas nematoblástica e lepidoblástica (Figura 3.7D), sendo compostos por hornblenda e/ou actinolita, plagioclásio e quartzo, além de epidoto, magnetita, ilmenita e titanita em menor quantidade. A foliação da rocha é evidenciada pela orientação dos prismas de anfibólio.

Os anfibolitos do Grupo Nova Lima Indiviso são classificados como basaltos toleíticos (Figura 3.8A-B; Jensen, 1976; Irvine; Baragar, 1971).

Quanto aos padrões de elementos-traço incompatíveis, normalizados ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995), observam-se anomalias negativas de Ta e Zr, e anomalias positivas de Th e U (Figura 3.8C). Os padrões de ETR (Figura 3.8D) são relativamente planos

$[(La/Sm)_N = 1,32-1,98; (La/Yb)_N = 1,62-2,55]$. Nos dois diagramas, os padrões de E-MORB e N-MORB foram plotados para comparação (Sun; McDonough, 1989).

As lentes de formações ferríferas bandadas (A4rnlff) apresentam espessuras centimétricas a métricas, intercaladas à sequência metavulcanossedimentar (Figura 3.7E). Essas lentes são caracterizadas pela alternância de bandamentos milimétricos, ora ricos em óxido de ferro, ora ricos em sílica (Figura 3.7F).

Ao microscópio (Figura 3.7G), os bandamentos silicosos são compostas por agregados poligonais de quartzo, com contatos retilíneos a côncavo-convexos. Já as porções ricas em óxido de ferro são compostas por cristais euédricos a subédricos de magnetita, parcial ou totalmente alteradas para hematita e goetita (Figura 3.7H). Localmente, são observadas pequenas quantidades de minerais micáceos e material oxidado.

O padrão de ETR, normalizado ao PAAS (McLennan, 1989, Figura 3.9A), assemelha-se aos observados para as FFB do Complexo Córrego do Sítio (Araújo; Lobato, 2019). Esse padrão inclui:

- Baixas concentrações totais de ETR ($\Sigma ETR = 5-29$ ppm);
- Enriquecimento de ETR pesados em relação aos leves (Pr/Yb_{PAAS} entre 0,07 e 0,37);
- Anomalias positivas de Eu e negativas de Ce ($Eu/Eu^*_{PAAS} = 1,3-1,4$, $Ce/Ce^*_{PAAS} = 0,19-1,22$).

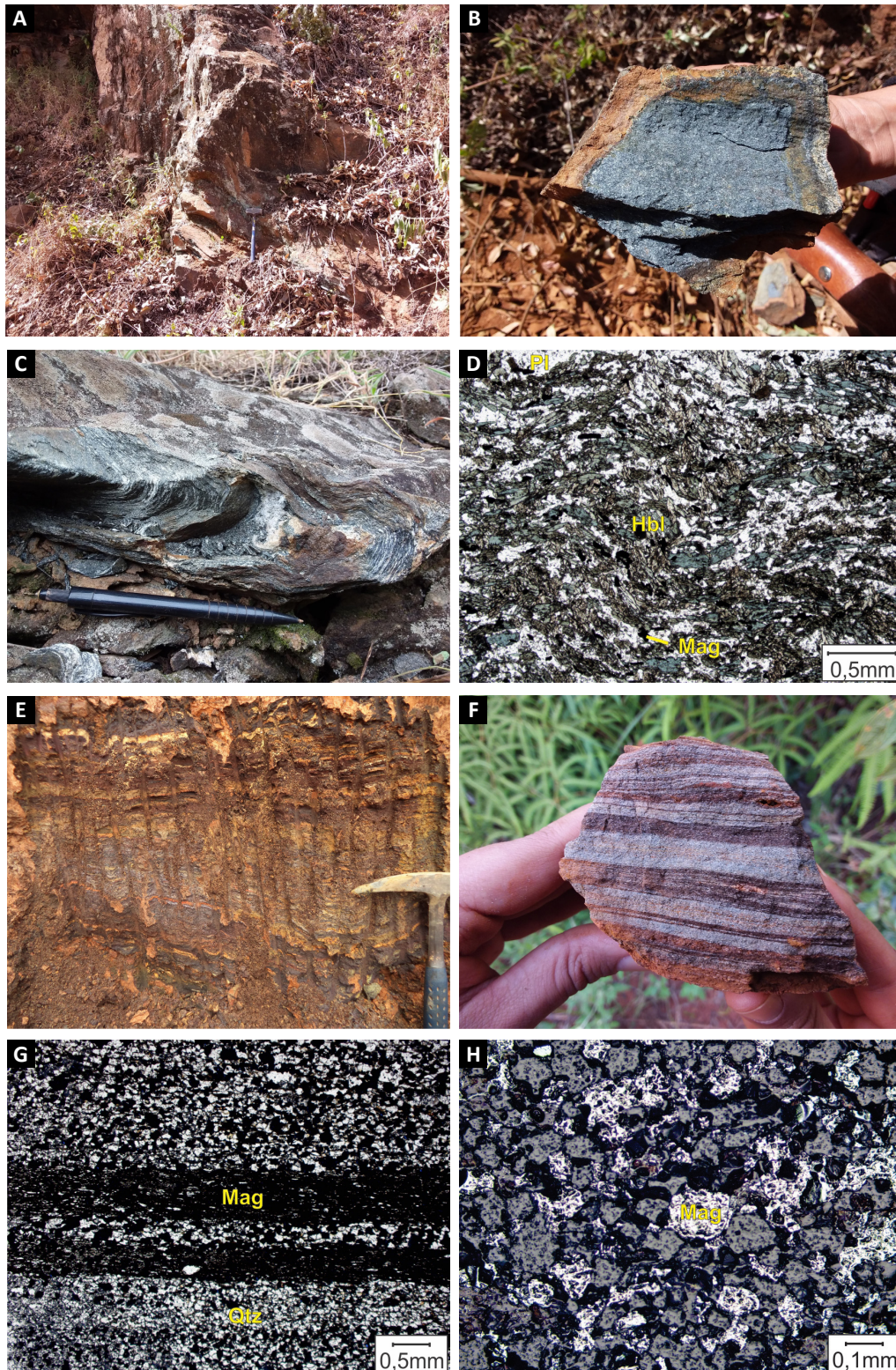


Figura 3.7 - Grupo Nova Lima Indiviso: A) Afloramento de anfibolito maciço (RC-231); B) Amostra de mão de anfibolito cinza-esverdeado com granulação fina; C) Anfibolito dobrado e silicificado (RC-231); D) Fotomicrografia de anfibolito com textura nematoblástica, exibindo foliação anastomosada (RC-072); E) Camada de formação ferrífera bandada (MS-114); F) Amostra de mão de formação ferrífera bandada (RC-037); G) Fotomicrografia de FFB, evidenciando bandamento composicional (RC-037); H) Cristais de óxido de ferro (magnetita e hematita) sob luz refletida. Abreviaturas dos minerais - Hbl: hornblenda; Mag: magnetita; Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo. Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

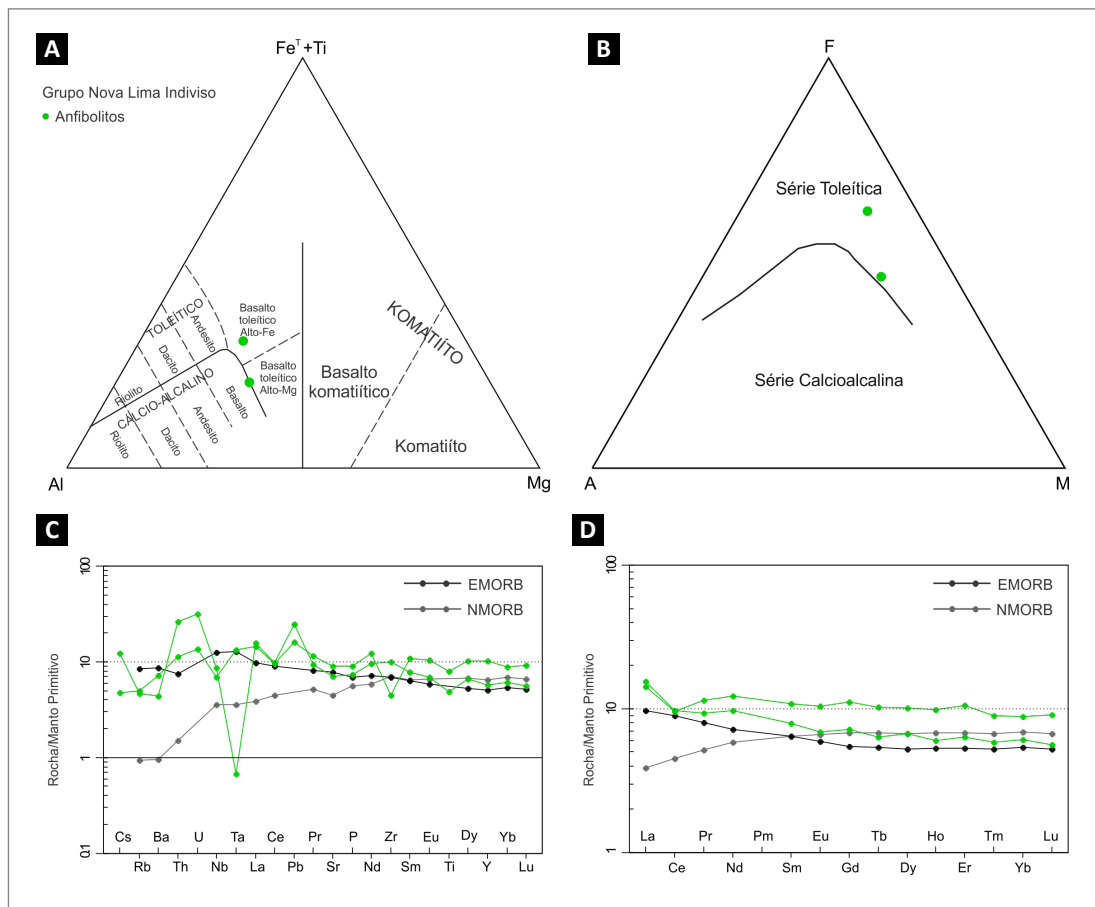


Figura 3.8 - Geoquímica dos anfibolitos do Grupo Nova Lima Indiviso: A) Diagrama de classificação de Jensen (1976); B) Diagrama ternário AFM (álcalis-FeO_T-MgO) de Irvine e Baragar (1971); C) Padrões de distribuição de elementos traços incompatíveis; e D) Elementos terras-raras, ambos normalizados em relação ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995). Padrões N-MORB (cinza) e E-MORB (preto) inseridos para referência (Sun; McDonough, 1989). Fonte: Elaborado pelos autores com base em Jensen (1976); Irvine e Baragar (1971); McDonough e Sun (1995); Sun e McDonough (1989).

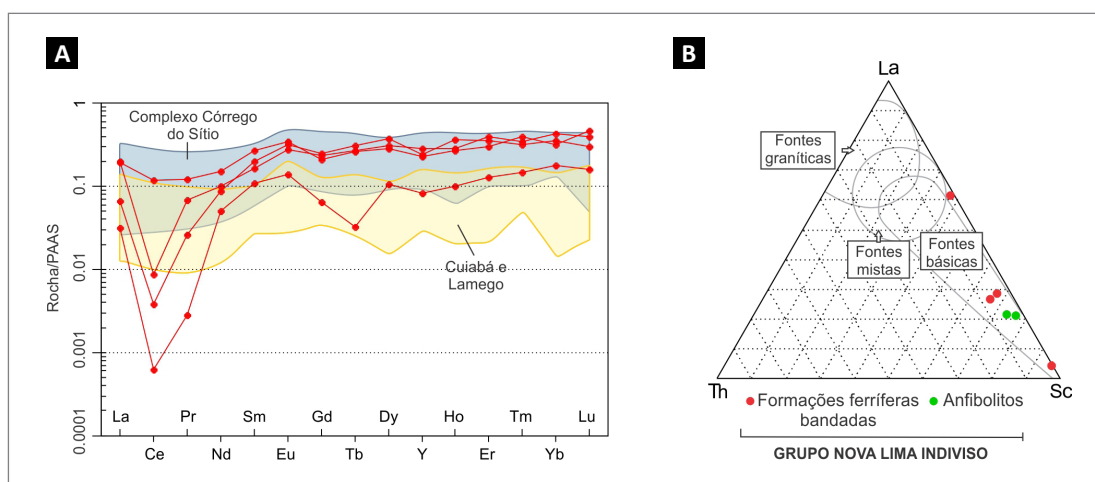


Figura 3.9 - Geoquímica das formações ferríferas bandadas (FFB) do Grupo Nova Lima Indiviso. A) Padrões de distribuição de elementos terras-raras, normalizado ao PAAS (McLennan, 1989). Ao fundo, tem-se os padrões para as FFB obtidas por Araújo e Lobato (2019) para as minas de Cuiabá e Lamego (amarelo) e do Complexo Córrego do Sítio (cinza); B) Diagrama ternário La-Th-Sc para investigação de proveniência de contaminação detrítica (modificado de Bhatia; Crook, 1986, com inserção de campos de composição média de rochas ácidas a máficas do Supergrupo Rio das Velhas conforme Araújo; Lobato, 2019). Fonte: Elaborado pelos autores com base em McLennan, 1989; Araújo e Lobato (2019); Bhatia e Crook (1986).

No diagrama ternário La-Th-Sc (modificado de Bhatia; Crook, 1986, com campos de composição média de rochas ácidas a máficas do SGRV conforme Araújo; Lobato, 2019), observa-se uma predominância de fontes máficas para os materiais detríticos presentes nas FFB analisadas (Figura 3.9B).

As demais rochas observadas em campo englobam xistos de composição e granulação variadas, frequentemente dobrados e intensamente intemperizados e/ou hidrotermalizados (Figura 3.10A). Foram descritos xistos anfibolíticos (Figura 3.10B), (plagioclásio)-mica-quartzo xistos (Figura 3.10C) e xistos granatíferos (Figura 3.10D). Essas rochas podem apresentar clivagem de crenulação, visível tanto em amostras de mão quanto em lâminas delgadas ao microscópio (Figura 3.10E-H).

3.4.2.1. Formação Córrego do Sítio

A Formação Córrego do Sítio (A4rncs) é constituída por metapelitos bandados com lentes subordinadas de metapsamitos, interpretadas como sequências turbidíticas, além de delgados níveis de xisto carbonoso e formação ferrífera pobre em ferro (Zucchetti; Baltazar; Raposo, 2000; Baltazar; Zucchetti, 2007; Roncato Júnior *et al.*, 2015; Araújo *et al.*, 2020; Sepulveda; Novo; Roncato, 2021).

Sua área-tipo foi definida a nordeste da Folha Conceição do Rio Acima, na Mina de ouro de Córrego do Sítio, no alto curso do rio homônimo, no município de Santa Bárbara (MG). Nessa região, diversas mineralizações auríferas estão hospedadas nessa unidade, como Cachorro Bravo, Carvoaria, Laranjeiras, Cristina, Rosalino e Grota Funda, associadas a veios de quartzo com ouro livre ou a sulfetos disseminados nas rochas encaixantes (Porto, 2008; Lima, 2012; Roncato Júnior *et al.*, 2015).

Na área de estudo, localizada no extremo nordeste do Bloco Santa Bárbara (Araújo *et al.*, 2020), a noroeste da Folha Florália, o Grupo Nova Lima é representado pela Formação Córrego do Sítio. Os litotipos dessa unidade compreendem mica-quartzo xistos e (carbonato) (plagioclásio)-quartzo-mica xistos (Figura 3.11A-B), de granulação fina a média, com intercalações de xistos carbonoso e FFB.

A unidade apresenta preservação de acamadamento primário de espessura milimétrica a decimétrica, com granodecrescência ascendente (Figura 3.11C), previamente interpretado como ciclos de Bouma incompletos (Zucchetti; Baltazar; Raposo, 2000; Baltazar; Zucchetti, 2007; Roncato Júnior *et al.*, 2015).

Essas rochas são intensamente foliadas e dobradas (Figura 3.11D), comumente exibem veios de quartzo e/ou carbonato, indicativos de alteração hidrotermal. Em lâmina delgada, são compostas por mica (sericita e clorita), quartzo, plagioclásio, minerais opacos e matéria carbonosa.

3.5. SUPERGRUPO MINAS

O Supergrupo Minas é constituído por rochas metassedimentares clásticas e químicas, com idades variando do Arqueano ao Paleoproterozoico, pertencentes aos grupos Caraça, Itabira e Piracicaba (Dorr, 1969; Alkmim; Marshak, 1998; Alkmim; Martins-Neto, 2012; Endo *et al.*, 2020).

O Grupo Caraça engloba metapsamitos, metaconglomerados e metapelitos continentais a marinhos, sendo subdividido nas formações Moeda e Batatal (Dorr, 1969; Renger *et al.*, 1995; Alkmim; Marshak, 1998; Nunes, 2016). As idades máximas da Formação Moeda, obtidas por meio de idades U-Pb em zircões detríticos, foram estimadas em torno de 2.550 Ma (Machado *et al.*, 1996; Hartmann *et al.*, 2006; Koglin *et al.*, 2014; Cassino, 2014; Nunes, 2016).

O Grupo Itabira é constituído por metassedimentos químicos assinalando a continuidade do processo de transgressão marinha. A Formação Cauê contém itabiritos do tipo Lago Superior (silicosos, dolomíticos, anfibolíticos e manganésíferos), além de mármore dolomíticos, hospedeiros das mineralizações de ferro de alto teor do QF (Rosière *et al.*, 2008; Spier; Oliveira; Rosière, 2003; Spier *et al.*, 2007; Amorim; Alkmim, 2011).

Inicialmente, a idade máxima desta formação foi estimada entre 2.580 e 2.420 Ma (Hartmann *et al.*, 2006; Cassino, 2014). No entanto, Cabral *et al.* (2012) sugeriram que sua deposição ocorreu por volta de 2.650 Ma, com base em datação U-Pb (LA-ICP-MS) de zircões provenientes de rocha vulcânica intercalada aos itabiritos. A Formação Gandarela representa uma sequência carbonática, composta por mármore e itabiritos dolomíticos subordinados, com idade isocrônica Pb-Pb de 2.420 ± 19 Ma (Babinski; Chemale Jr.; Van Schmus, 1995).

O Grupo Piracicaba é separado das unidades subjacentes por uma discordância erosiva e é composto, em sua base, por metaconglomerados e quartzitos, que gradam para pelitos e pelitos carbonosos no topo. Fazem parte desse grupo as formações Cercadinho (idade máxima U-Pb LA-ICP-MS de 2.680 ± 24 Ma, Mendes *et al.*, 2014), Fecho do Funil, Taboões e Barreiro.

Na área de estudo, o Supergrupo Minas é representado pelos grupos Caraça (formações Moeda e Batatal), Itabira (Formação Cauê) e Piracicaba (Formação Cercadinho e indiviso). Essas unidades afloram em duas regiões distintas, uma no sudoeste da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, no término no Sinclinal Gandarela, nos arredores da Mina de Brucutu; e outra, na porção sudeste na Folha Florália, na região do distrito de Mutuca, onde compõem estreitas faixas dispostas em uma estrutura de anticlinal recumbente (Figura 2.2; 4.8).

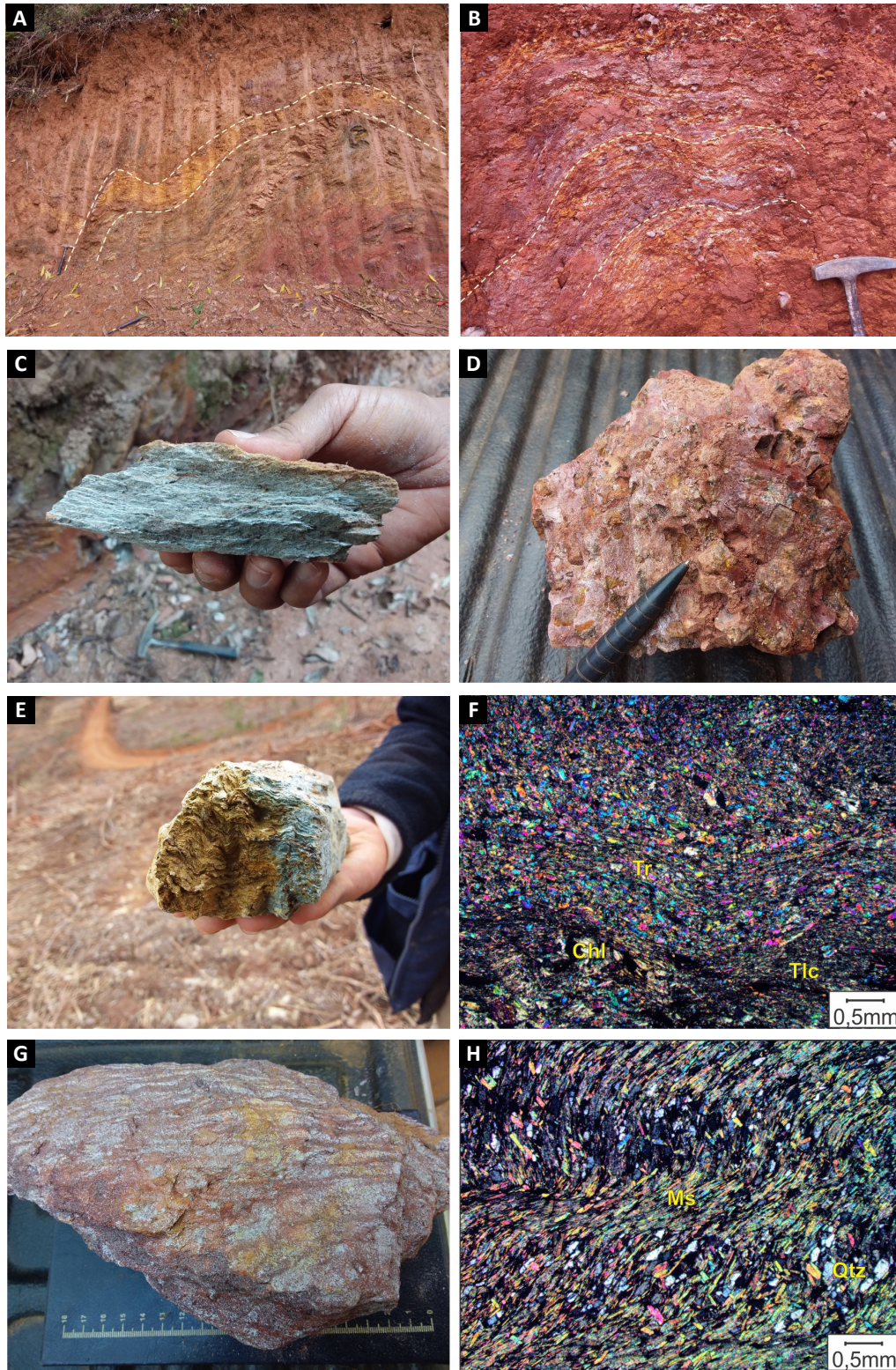


Figura 3.10 - Grupo Nova Lima Indiviso: A) Unidades metavulcanossedimentares, englobando pacotes dobrados de xistos de composições diversas (afloramento MS-464); B) Xisto máfico com foliação anastomosada, comumente associado à porção metavulcânica do *greenstone belt* (afloramento MS-541); C) Mica-quartzo xisto de coloração esverdeada (afloramento RC-226); D) Granada xisto hidrotermalizado, com porfiroblastos de granada de até 5 cm (RC-112); E) Xisto máfico crenulado (afloramento RC-110), com coloração variando entre verde-claro (rocha fresca) a amarelo-ocre (intemperizado); F) Fotomicrografia de talco-clorita-tremolita xisto, sob nicóis cruzados, composto por finos agregados prismáticos a fibrosos de minerais máficos orientados e crenulados (afloramento RC-110); G) Quartzo-mica xisto com cor arroxeada, associado à porção metassedimentar do *greenstone belt* (afloramento RC-224); H) Fotomicrografia de quartzo-muscovita xisto, sob nicóis cruzados, com foliação anastomosada (afloramento RC-224). Abreviaturas dos minerais - Chl: clorita; Ms: muscovita; Qtz: quartzo; Tlc: talco; Tr: tremolita. Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

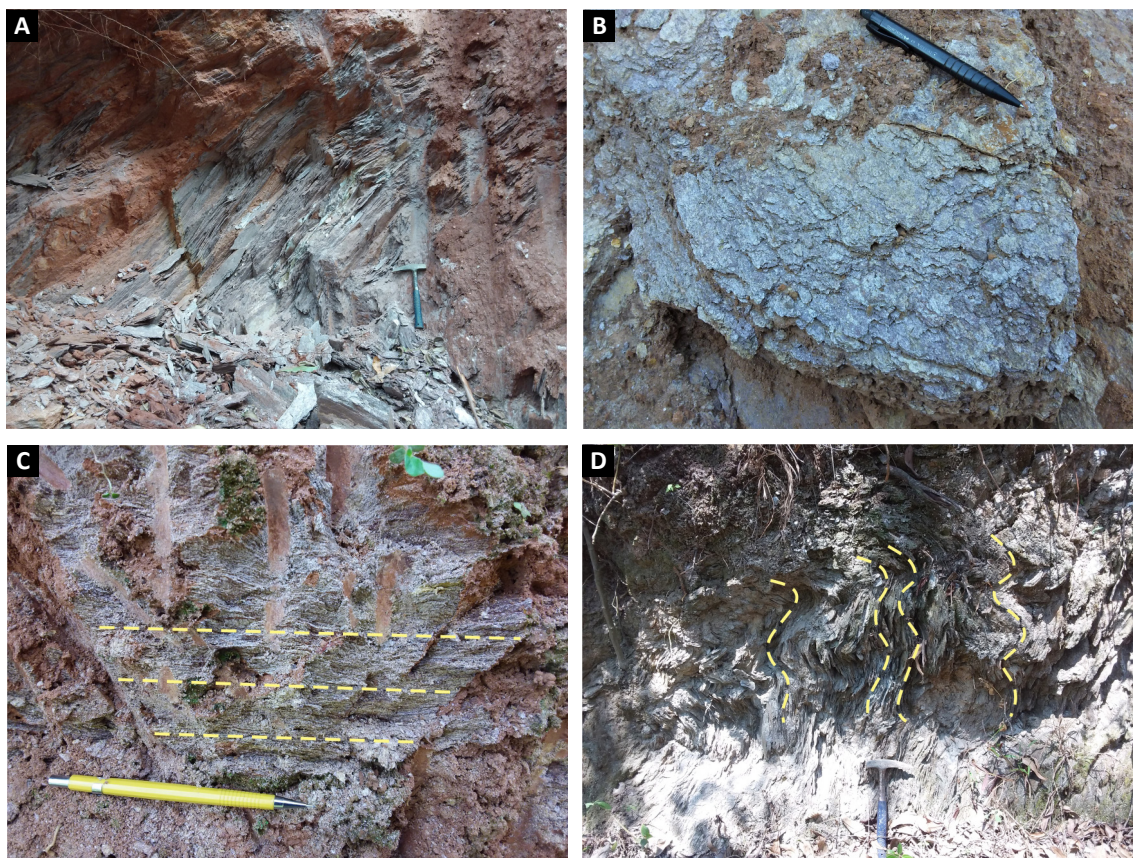


Figura 3.11 - Formação Córrego do Sítio: A) Pacote de mica-quartzo xisto foliado (afloramento RC-298); B) Amostra de mão de mica-quartzo xisto, com brilho perolado (afloramento RC-051); C) Detalhe para o acamadamento preservado presente em mica-quartzo xistos (acamadamento assinalado pelas linhas tracejadas), caracterizado pela alternância de camadas ora mais quartzosas, ora mais micáceas (afloramento MS-678); D) Afloramento com dobras fechadas (linhas tracejadas), assimétricas e com eixo inclinado (afloramento RC-293). Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

3.5.1. Grupo Caraça

A Formação Moeda (A4PP1mcm) é composta por quartzitos (metarenitos) e metaconglomerados, com camadas subordinadas de filito sericítico. Os quartzitos e quartzitos micáceos apresentam coloração branca a esverdeada, granulação fina a média, sendo localmente laminados (Figura 3.12A). Sua mineralogia é composta por quartzo e sericita, podendo conter cristais esparsos de magnetita euédrica (Figura 3.12B).

A Formação Batatal (A4PP1mcb), por sua vez, é constituída por filitos e xistos sericíticos, localmente grafitosos, podendo conter granada e/ou estauroлита (Figura 3.12C-D). Em lâmina delgada, essas rochas apresentam texturas lepidoblástica e granoblástica, compostas por quartzo, plagioclásio, muscovita/sericita, biotita, clorita e granada.

3.5.2. Grupo Itabira

Na área de estudo, o Grupo Itabira é representado principalmente pelas rochas da Formação Cauê (A4PP-1mic), reconhecida como uma importante unidade

litoestratigráfica hospedeira de minério de ferro (ver item 5.4). Essa formação é composta essencialmente por itabiritos, além de camadas subordinadas de dolomitos, filitos, margas e horizontes manganíferos.

As camadas de itabirito apresentam espessuras variáveis, desde poucos centímetros até dezenas de metros. Macroscopicamente, essas rochas apresentam coloração cinza a cinza-azulado, marcada pela alternância de bandas claras, ricas em quartzo, e bandas escuras, magnéticas, compostas por óxidos de ferro (Figura 3.12E). Em algumas porções, as bandas escuras apresentam sobrecrecimento de cristais euédricos de magnetita, com até 0,5 mm.

Os itabiritos encontram-se pouco a moderadamente intemperizados e deformados, podendo apresentar dobras intrafoliais. Cristais de especularita ocorrem localmente, preenchendo planos de fratura. Evidências de alteração hidrotermal incluem a presença de veios milimétricos de quartzo e/ou carbonato, bem como ocorrência de textura *boxwork*.

Ao microscópio, essas rochas apresentam textura grano-blástica, com bandamento composicional irregular, de dimensões milimétricas, variando entre 0,1 e 0,5 mm (Figura 3.12F).

As camadas silicosas são compostas por agregados poligonais de quartzo, enquanto as camadas ricas em minerais opacos contêm cristais euédricos a subédricos de magnetita e/ou hematita. Em algumas lâminas, esses cristais apresentam zonamento composicional, com núcleos de magnetita (coloração cinza-rosado) e bordas de hematita (tonalidade cinza-esbranquiçado). Plagioclásio e mica-branca podem ocorrer como fases acessórias.

3.5.3. Grupo Piracicaba

Na área de estudo, o Grupo Piracicaba (PP12mp) é composto por quartzitos, quartzitos micáceos, metaconglomerados, metapelitos, filitos e quartzo-micaxistos.

Na Folha Florália, esse grupo foi mapeado como Grupo Piracicaba Indiviso, devido ao elevado grau de intemperismo e deformação, que dificulta sua caracterização. Na Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, o grupo está representado pela Formação Cercadinho (PP1mpc), composta por intercalações métricas de quartzito, quartzito sericítico e filito.

Os quartzitos e quartzitos micáceos possuem coloração branco-amarelada a levemente esverdeada, granulação fina a média, podendo exibir bandamento (Figura 3.12G). Sua mineralogia é composta essencialmente por quartzo e mica-branca, além de cristais euédricos de magnetita.

Os metaconglomerados são clasto-suportados, caracterizados pela predominância de seixos angulosos de quartzito em matriz argilosa.

Por fim, os filitos e xistos encontram-se intensamente intemperizados, apresentam coloração variável (cinza-esverdeado, marrom, roxo) e granulação fina (Figura 3.12H).

3.6. GRUPO ITACOLOMI

O Grupo Itacolomi é uma associação de rochas metassedimentares clásticas do Quadrilátero Ferrífero, cuja área-tipo está localizada na Serra e no Pico do Itacolomi, entre os municípios de Ouro Preto e Mariana (MG). Esse grupo foi inicialmente estudado por Harder e Chamberlin (1915) e formalmente descrito por Dorr (1969).

Inicialmente, o Grupo Itacolomi era considerado uma unidade litoestratigráfica sem subdivisões formais, composta por metarenitos e metaconglomerados contendo clastos de metagranitoides, além de fragmentos de rochas metassedimentares típicas do Supergrupo Minas e outros litotipos, como filitos, quartzitos e turmalinitos (Alkmim, 1987; Duque, 2018, e referências neles contidas).

Essa unidade foi depositada em sistema deltaico associado a leques aluviais, caracterizado por rios entrelaçados

e planície de maré, inserida em uma bacia intermontana pós-colisional relacionada à orogenia riaciana. Sua deposição sobre as unidades do Supergrupo Minas e do Grupo Sabará ocorreu em discordância angular (Dorr, 1969; Alkmim, 1987; Duque, 2018).

Entretanto, interdigitações entre os quartzitos do Grupo Itacolomi e os filitos subjacentes do Grupo Sabará foram descritas por Endo *et al.* (2020), na região do Pico do Itacolomi, e anteriormente por Barbosa (1968), em Congonhas (MG). Mais recentemente, Endo *et al.* (2020) propuseram a aglutinação dos grupos Sabará e Itacolomi em uma unidade superior, o Supergrupo Estrada Real.

Neste estudo, adota-se a concepção consolidada durante o projeto de mapeamento geológico na região de Ouro Preto, desenvolvido concomitantemente aos levantamentos das Folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo. A análise integrada dos dados geocronológicos, das relações de campo, dos arranjos estruturais e dos tipos de contato entre os grupos Itacolomi e Sabará reforça a interpretação de que ambas as unidades pertencem a uma mesma bacia sedimentar, na área das folhas mencionadas. Dessa forma, opta-se por considerá-las como integrantes de um único grupo, o Grupo Itacolomi (Basto, 2023).

O Grupo Itacolomi compreende metarenitos, metaconglomerados, xistos, filitos e raramente, formações ferríferas detríticas, com idades máximas de deposição de 2.059 ± 58 Ma (U-Pb LA-ICP-MS, Machado *et al.*, 1996).

Na porção central da Folha Florália, o extenso pacote metassedimentar em contato tectônico com as rochas do Supergrupo Rio das Velhas foi inserido no Grupo Itacolomi. Em trabalhos anteriores, os quartzitos dessa unidade foram atribuídos ao Grupo Maquiné (Pinto; Silva, 2014), ao Supergrupo Espinhaço (Schorsch *et al.*, 1997a), a uma unidade de posicionamento incerto (Padilha; Vieira; Heineck, 2000) e à Formação Florália (Grupo Itacolomi) (Endo *et al.*, 2019; 2020).

Entretanto, com os novos dados de campo e geocronológicos obtidos neste estudo, verificou-se que os metarenitos dessa unidade são correlatos aos quartzitos da Formação Furquim (Jordt-Evangelista; Alvarenga; Lana, 2015), pertencente ao Grupo Itacolomi, como será detalhado a seguir.

3.6.1. Formação Furquim

A Formação Furquim (PP23itf) foi definida e caracterizada na região entre a sede do município de Mariana (MG) e o distrito de Furquim (Mariana/MG), abrangendo os quartzitos que afloram em uma crista com cerca de 20 km de extensão e 1 a 6 km de largura. Esses quartzitos encontram-se sobrepostos discordantemente ao embasamento gnáissico e as rochas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas (Jordt-Evangelista; Alvarenga; Lana, 2015).

Nesse mesmo estudo, os autores obtiveram uma idade máxima de deposição de 2.087 ± 19 Ma (U-Pb LA-ICP-MS), correlacionando essa formação ao Grupo Itacolomi.

Na porção centro-norte da Folha Florália, a Formação Furquim apresenta contato tectônico com as rochas do Complexo Santa Bárbara, a oeste; com o Complexo Basal de Guanhões, ao norte; e com as rochas do Grupo Nova Lima Indiviso, a leste-sudeste. As principais exposições dessa unidade ocorrem no entorno do distrito de Florália (Figura 3.13A), além de estarem presentes em diversas lavras ativas e inativas de areia (vide item 5.3), utilizadas para a extração desse recurso destinado à construção civil.

Os litotipos dessa formação incluem quartzitos, metarenitos/quartzitos conglomeráticos e metaconglomerados, comumente ferruginosos. Essas rochas podem apresentar bandamento composicional e/ou variação granulométrica (Figura 3.13B) e, localmente, preservam estruturas primárias, como estratificações plano-paralelas e cruzadas (Figura 3.13C). Apresentam coloração creme a acinzentada, com granulação fina a média, compostas por grãos bem selecionados e bastante friáveis. As porções conglomeráticas exibem grânulos arredondados de quartzitos e quartzitos ferruginosos cinza-escuros, em matriz de areia fina a média (Figura 3.13D).

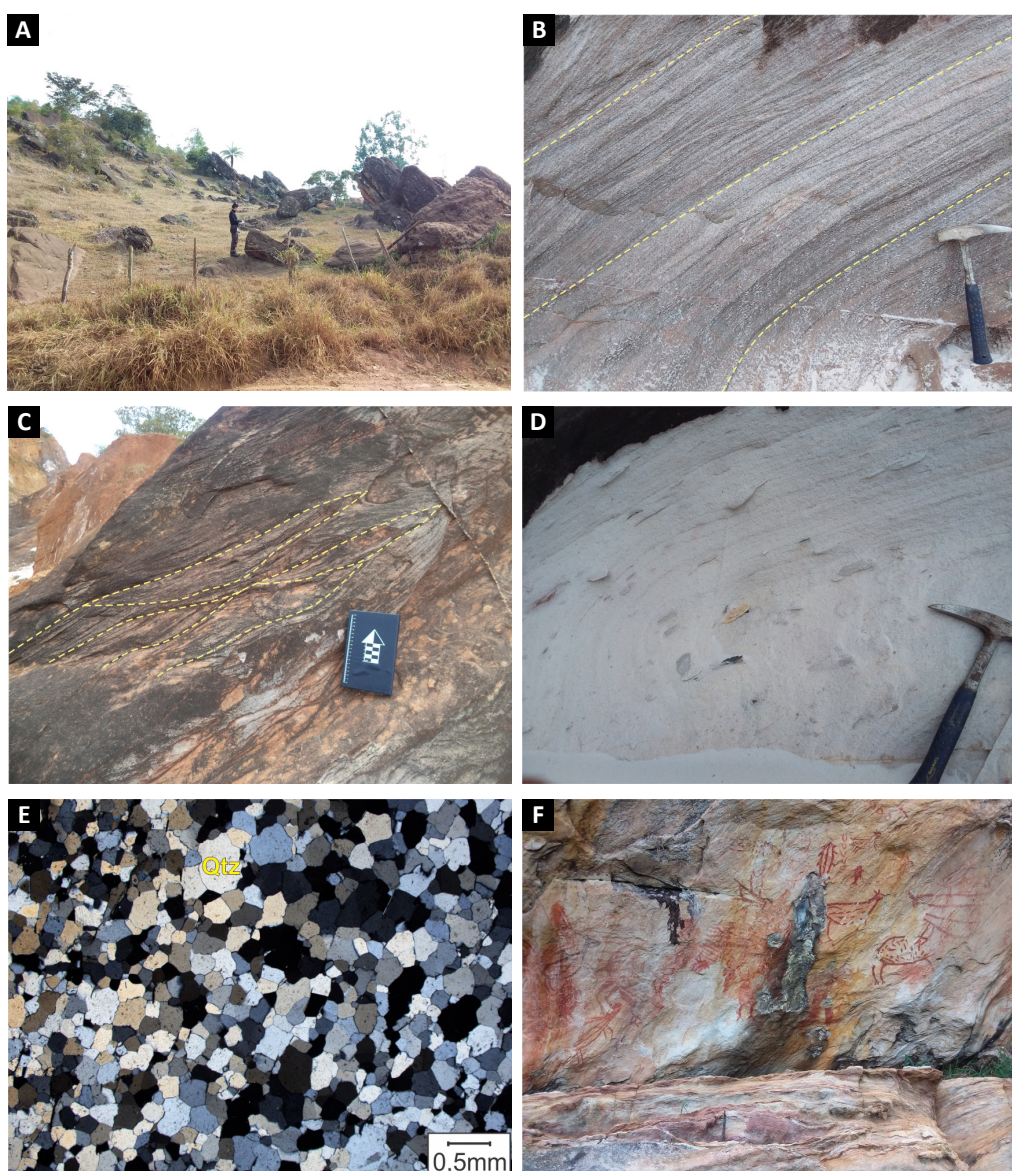


Figura 3.13 - Formação Furquim (Grupo Itacolomi): A) Grandes exposições de quartzitos (metarenitos) e metaconglomerados próximo à entrada do distrito de Florália (afloramento RC-237); B) Metarenito laminado (afloramento MS-001); C) Estratificações cruzadas acanaladas preservadas em metarenito (afloramento MS-002); D) Clastos de quartzito e quartzito ferruginoso estirados em quartzitos conglomeráticos (afloramento MS-001); E) Fotomicrografia de quartzito, caracterizado pela presença de agregados poligonais de quartzo (afloramento RC-076); F) Patrimônio histórico da Folha Florália: pinturas rupestres preservadas no Sítio Arqueológico Barro Branco (afloramento MS-649). Abreviaturas dos minerais - Qtz: quartzo. Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

Em lâmina delgada, os quartzitos apresentam textura granoblástica e mineralogia composta principalmente por quartzo, com quantidade menores de sericita e magnetita/hematita (Figura 3.13E).

Uma amostra de metarenito (MS-001), obtida em uma lavra de areia no entorno do distrito de Florália, forneceu idade máxima de deposição de 2.074 ± 10 Ma (U-Pb LA-ICP-MS), com espectro de fontes que se estende do Riáciano até o Mesoarqueano (Figura 3.14). As idades riácianas são compatíveis com os dados obtidos para a Formação Furquim (Grupo Itacolomi) (Jordt-Evangelista; Alvarenga; Lana, 2015) e, juntamente com os dados de campo, corroboram a correlação com essa unidade.

Por fim, os quartzitos dessa unidade possuem valor histórico, tendo em vista a presença de pinturas rupestres localizadas ao norte do distrito de Florália. O local é denominado “Conjunto Natural, Paisagístico e Arqueológico do Barro Branco” (Santa Bárbara, 2017), e os desenhos incluem representações de animais de caça, como veados e peixes (Figura 3.13F).

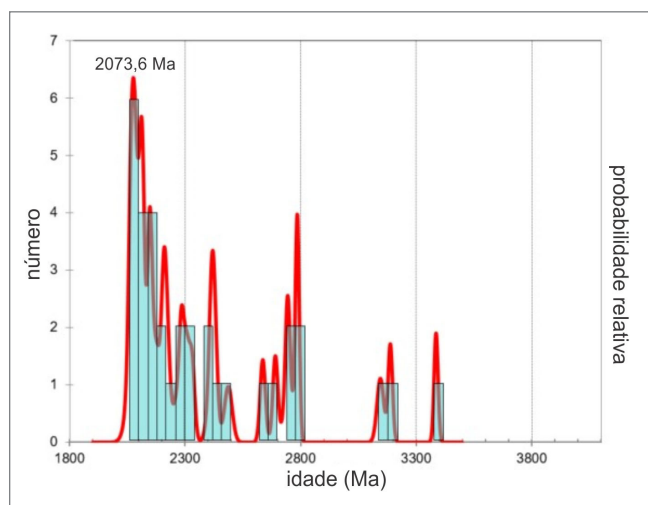


Figura 3.14 - Histograma de frequência e curvas de densidade de probabilidade para as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ dos zircões detríticos da amostra MS-001, um quartzito sericítico da Formação Furquim (dados com concordância de 90 a 100%). Fonte: Elaborado pelos autores.

3.7. SUÍTE BORRACHUDOS

A Suíte Borrachudos engloba diversos corpos de granitos anorogênicos, aflorantes na porção central do estado de Minas Gerais, relacionados à abertura do rifte Espinhaço no Estateriano (Chemale Jr., 1987; Dussin; Dussin; Macambira, 2000). O nome “Borrachudos” foi originalmente utilizado por Dorr e Barbosa (1963) para designar as rochas graníticas aflorantes no vale do Córrego Borrachudos, na região de Itabira (MG). Posteriormente, a utilização do termo foi expandido por Grossi-Sad *et al.* (1990) para abranger outros corpos

plutônicos com características químicas e petrológicas semelhantes, como os de Itabira, Peti, Açucena, Morro do Urubú, Senhora do Porto e São Félix.

Dentre esses corpos, destaca-se o Corpo Peti, presente na área mapeada, com idade de cristalização de 1.665 ± 5 Ma (U-Pb ID-TIMS em zircão, Fernandes *et al.*, 2001). Além dele, o presente trabalho delimitou outro corpo pertencente à mesma suíte, localizado no vértice sudeste da área de estudo, denominado Corpo Caruru (Figura 2.2). Ambos compartilham características de campo bastante semelhantes e apresentam assinaturas idênticas no mapa gamaespectrométrico, evidenciando altos teores de elementos radioativos (eU, eTh e K).

3.7.1. Corpo Peti

O Corpo Peti (PP4ype) aflora nos arredores da represa homônima e constitui um corpo intrusivo alongado, com direção NNE-SSW, formando morros arredondados (Figura 3.15A), típicos de relevo tipo “pão de açúcar”. Nessa região, observa-se um manto de intemperismo espesso, com predomínio de solo argiloso de coloração rosada e presença de grandes blocos rolados com película de alteração escura. Frequentemente, essas áreas são destinadas ao plantio de eucalipto.

Essa unidade abrange ortognaisses leucocráticos, de coloração cinza a rosada, granulação média a grossa e pouco a moderadamente foliados (Figura 3.15B), podendo exibir textura *augen*. A foliação é evidenciada pela presença de filmes descontínuos de muscovita, biotita e/ou anfibólio, os quais bordejam as porções ricas em minerais félsicos (Figura 3.15C).

As rochas são comumente cortadas por fraturas e veios de pegmatito ou quartzo, com espessuras variadas, geralmente subverticais e de pouca continuidade lateral – podendo ser observados o início e fim em escala de afloramento. Os veios de quartzo são mais frequentes, geralmente compostos por quartzo cristalino, transparente e fraturado. Já os veios de pegmatito são mais raros, descritos apenas em rochas intemperizadas, e compostos por saprolito branco, rico em caulinita e quartzo.

Em lâmina delgada (Figura 3.15D), essas rochas apresentam composição granítica a monzogranítica, e sua mineralogia engloba microclina, quartzo, plagioclásio, biotita, muscovita/sericita e anfibólio. Como fases acessórias, tem-se titanita, zircão, apatita, clorita, epidoto, magnetita e pirita. Os cristais de feldspato definem a textura porfiroclástica, enquanto os agregados de quartzo e filmes orientados de mica caracterizam as texturas granoblástica e lepidoblástica, respectivamente. Trabalhos anteriores destacam ainda a presença de granada, fluorita e allanita nessas rochas (Padilha; Vieira; Heineck, 2000; Fernandes *et al.*, 2001), mas estas fases minerais não foram observadas nas lâminas estudadas.

Os dados geoquímicos de rocha total reforçam as interpretações existentes na literatura, classificando-as como de composição granítica (Figura 3.16A, O'Connor, 1965), afinidade alcalina-cálcica a cálcio-alcalina (Figura 3.16B, Frost et al., 2001) e do tipo A. Os padrões de ETR, normalizados ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995), exibem enriquecimento de ETRL [(La/Sm)N= 3,42-5,28; (La/Yb)N= 9,23-11,78], e anomalias negativas de Eu (Eu/Eu* = 0,16-0,27). Essas rochas contêm entre 159-540 ppm de ETR total (Figura 3.16D). Os elementos traços incompatíveis exibem pronunciadas anomalias negativas de Ba, Sr, P e Ti, e discretas anomalias negativas de Nb e Ta (Figura 3.16D).

3.7.2. Corpo Caruru

O Corpo Caruru (PP4ycr) aflora na porção sudeste da Folha Florália, a leste do distrito de Florália, nos domínios da antiga Fazenda Caruru. De maneira semelhante ao Corpo Peti, as rochas dessa unidade têm caráter intrusivo e exibem contatos tectônicos com as encaixantes. Seus litotipos incluem ortognaisses, *augengnaisses* graníticos e metamonzogranitos com biotita e muscovita (Figura 3.15E).

Em lâmina delgada, essas rochas exibem textura porfirítica e são compostas por plagioclásio, quartzo, microclina, biotita, muscovita, além de quantidades

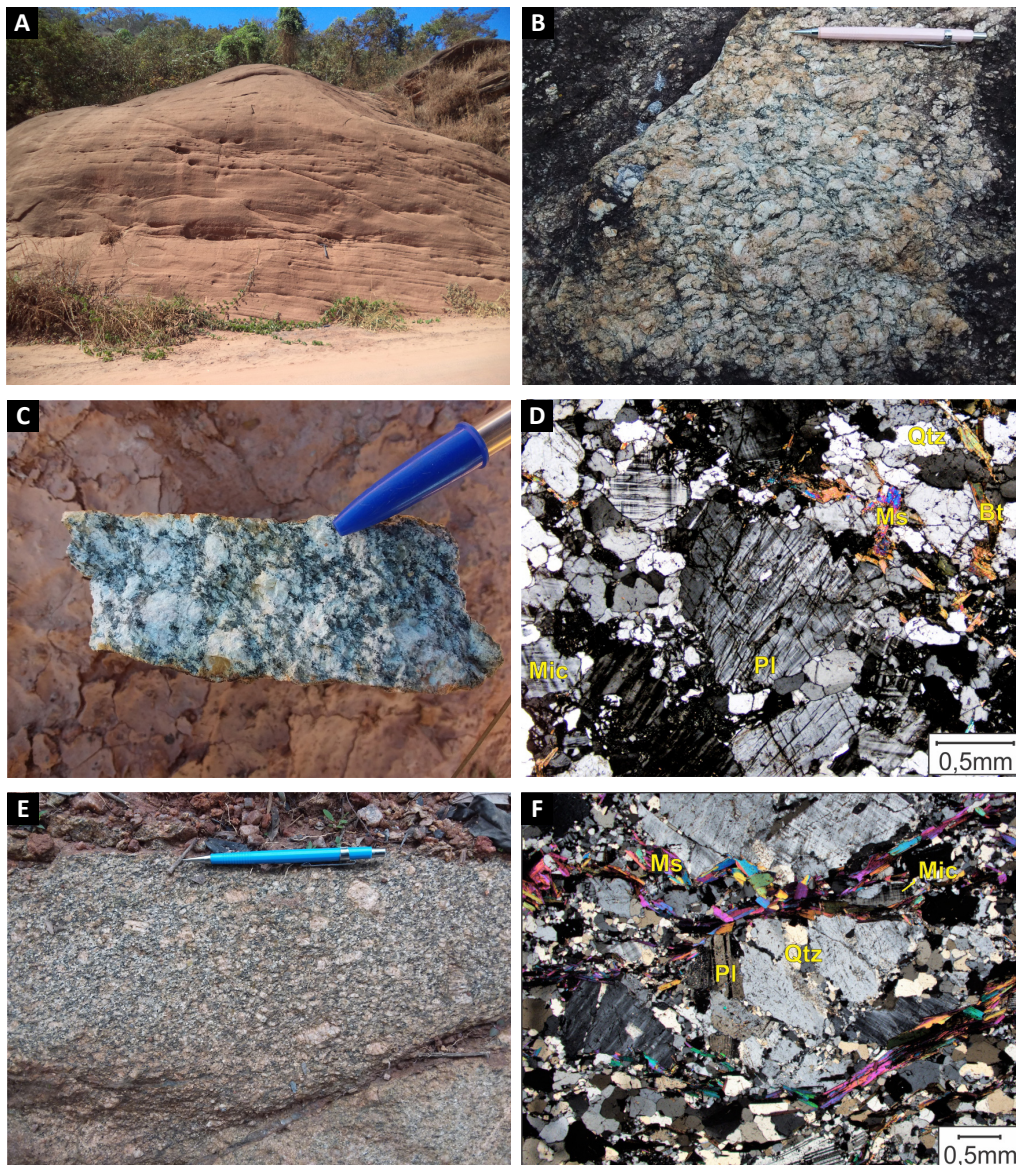


Figura 3.15 - Suíte Borrachudos. Corpo Peti: A) Afloramento de gnaiss com relevo arredondado característico (afloramento MS-026); B) *Augen* gnaiss com textura porfirítica (afloramento RC-031); C) Filmes de biotita bordejando os porfiroclastos de feldspato (afloramento RC-129); D) Textura granoblástica em metasienogranito, sob nicóis cruzados (afloramento RC-129). Corpo Caruru: E) Afloramento de metamonzogranito, com granulação média a grossa (afloramento MS-023); e F) Detalhe para filmes de muscovita bordejando fenocristais de plagioclásio e feldspato potássico (afloramento MS-025; nicóis cruzados). Abreviaturas dos minerais - Bt: biotita; Mic: microclina; Ms: muscovita; Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo. Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

menores de epidoto e titanita. Comumente, os feldspatos são bordejados por filmes de mica, podendo estar rotacionados ou estirados segundo a direção da foliação da rocha (Figura 3.15F).

Os dados geoquímicos de rocha total de uma amostra do Corpo Caruru indicam composição granítica e afinidade alcalino-cálcica (Figura 3.16A-B; O'Connor, 1965; Frost *et al.*, 2001). Os padrões de ETR e multielementares (Figura 3.16C-D) são semelhantes àqueles observados no Corpo Peti e, por isso, são apresentados em conjunto na Figura 3.16.

3.8. UNIDADE ALTO RIO GUANHÃES

A Unidade Alto Rio Guanhães (PP4arg) abrange rochas metavulcanossedimentares que afloram em faixas descontínuas tectonicamente imbricadas no embasamento do Complexo Basal de Guanhães (Magalhães, 2019). Essa sequência foi redefinida na região do Alto Rio Guanhães, situada a leste da cidade de Guanhães (MG), sendo interpretada como um possível vestígio de uma zona de sutura (Danderfer; Meireles, 1987). As rochas dessa

unidade remetem à parte da Sequência Rio Guanhães descrita por Borges *et al.* (1979), em seu estudo pioneiro estratigráfico no Bloco Guanhães, e também a segmentos anteriormente atribuídos ao Grupo Guanhães, conforme proposto por Grossi-Sad (1997).

Em sua área-tipo, os litotipos presentes incluem metariolitos e rochas metamáficas, como xistos máficos e ortoanfibolitos, intercalados com quartzitos, quartzitos ferruginosos, xistos pelíticos, rochas calcissilicáticas e formações ferríferas (Magalhães *et al.*, 2018). Amostras de um metamafito e um metariolito, analisadas pelos mesmos autores, forneceram idades U-Pb (LA-ICP-MS) em zircão de 1.725 ± 4 Ma e 1.748 ± 3 Ma, respectivamente, coerentes com os eventos magmáticos relacionadas à abertura da Bacia do Espinhaço.

Na área estudada, a Unidade Alto Rio Guanhães engloba as seguintes litofácies:

I. Vulcânica (PP4argv): abrangendo anfibolitos intrusivos (Figura 3.17A), intercalados e deformados juntamente com metagranitoides e gnaisses do Complexo Basal de Guanhães;

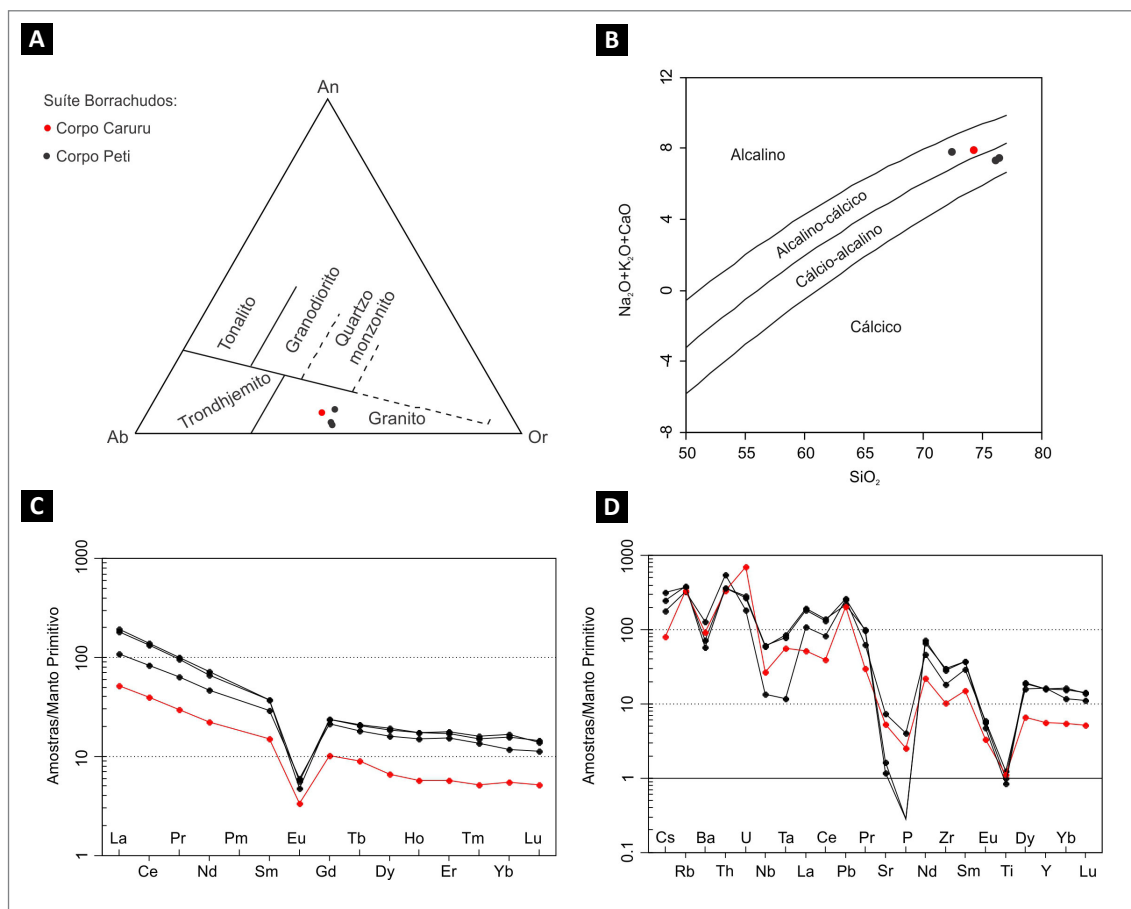


Figura 3.16 - Diagramas de classificação geoquímica da Suíte Borrachudos: A) Diagrama normativo An-Ab-Or (O'Connor, 1965); B) Diagrama de séries graníticas (Frost *et al.*, 2001); padrões de distribuição de C) Elementos terras-raras (ETR) e D) Multielementares, normalizados ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995).
Fonte: Elaborado pelos autores com base em O'Connor (1965); Frost *et al.* (2001); McDonough e Sun (1995).

II. Ultrabásica (PP4argu): caracterizada pelo predomínio de xistos metaultramáficos (Figura 3.17B), talco xistos e esteatitos, com anfibolitos subordinados.

Essa unidade apresenta importantes exposições na porção sudeste da Folha Florália, no entorno do distrito de Mutuca, e na porção norte da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, nas regiões dos distritos Machado, Martins e Fernandes. Sua assinatura gamaespectrométrica é caracterizada por elevados teores de eTh.

Em lâmina delgada, os anfibolitos apresentam textura nematoblástica, granulação fina e mineralogia majoritariamente composta por hornblenda, plagioclásio e quartzo (Figura 3.17C). Os minerais acessórios incluem biotita, magnetita, epidoto, clorita, pirrotita, pirlita, ilmenita e titanita. Por sua vez, os xistos ultramáficos contêm clorita, talco, serpentina, carbonato, magnetita e ilmenita, podendo exibir textura *boxwork* (Figura 3.17D).

Os anfibolitos da litofácies vulcânica da Unidade Alto Rio Guanhães são classificados como basaltos toleíticos (Figura 3.18A-B; Jensen, 1976; Irvine; Baragar, 1971). Os padrões de distribuição de elementos-traços incompatíveis (Figura 3.18C), normalizados ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995), exibem anomalias negativas de Ta, Sr, P e Ti.

Os padrões para os ETRs (Figura 3.18D) indicam um enriquecimento variável dos ETRL $[(La/Sm)_N = 1,57-2,20; (La/Yb)_N = 0,85-5,30]$. Uma das amostras exibe anomalia de Ce bem marcada. Nos dois diagramas, os padrões de E-MORB e N-MORB foram plotados para fins de comparação (Sun; McDonough, 1989).

Por sua vez, a amostra de xisto metaultramáfico da litofácies ultrabásica plota no campo dos komatiitos (Jensen, 1976; Figura 3.18A) e da série calcioalcalina (Irvine; Baragar, 1971; Figura 3.18B). Os padrões de distribuição de elementos ETR e incompatíveis (Figura 3.18C-D) indicam anomalias negativas de Sr, P, Ti e Ce. Adicionalmente, observa-se enriquecimento de ETRL $[(La/Sm)_N = 3,14; (La/Yb)_N = 9,73]$.

3.9. GRUPO GUANHÃES

3.9.1. Formação Serra Negra de Guanhães (Grupo Guanhães)

A Formação Serra Negra de Guanhães (PP24gsn) abrange uma sequência de rochas supracrustais aflorantes na região da cidade de Guanhães, ocorrendo em faixas estreitas e descontínuas em contato tectônico com o Complexo Basal de Guanhães (Grossi-Sad; Magalhães; Carelos, 1989).

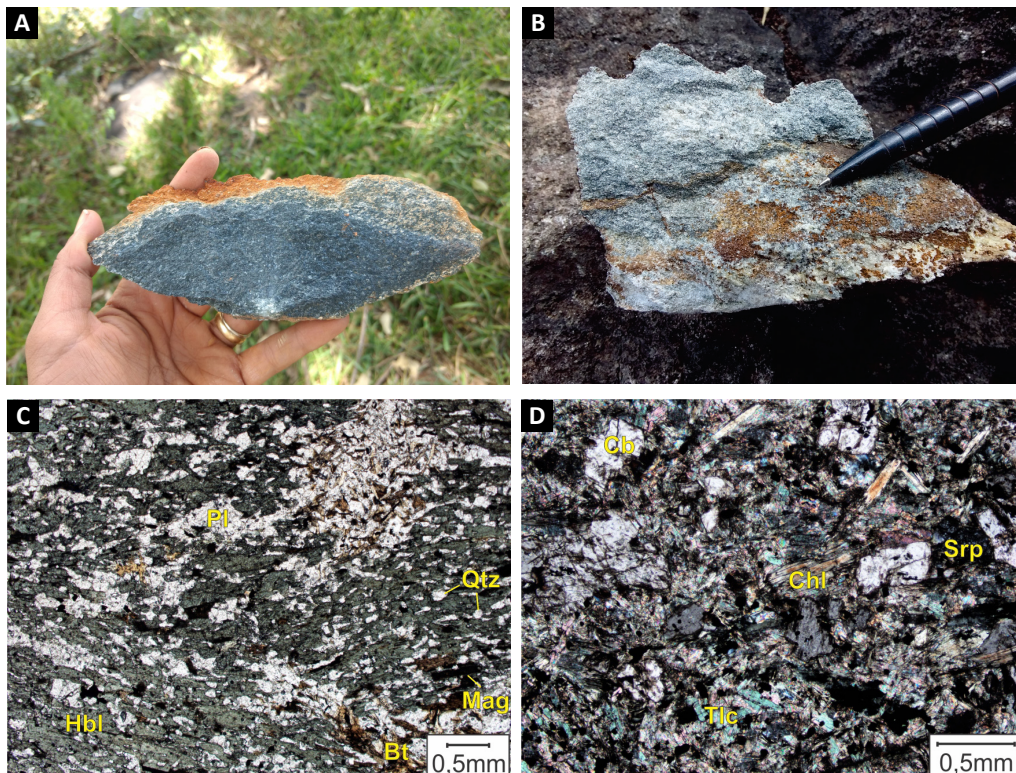


Figura 3.17 - Unidade Alto Rio Guanhães: amostras de mão de A) Anfibolito da litofácies vulcânica (afloramento RC-003); e B) Xisto metaultramáfico da litofácies ultrabásica (afloramento RC-144); C) Fotomicrografia de quartzo-plagioclásio hornblenda xisto (nicóis paralelos; afloramento RC-003); D) Fotomicrografia de serpentina-talco-clorita xisto (nicóis cruzados; afloramento RC-144). Abreviaturas dos minerais - Cb: carbonato; Chl: Clorita; Bt: biotita; Hbl: hornblenda; Mag: magnetita; Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo; Sr: serpentina; Tlc: talco. Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

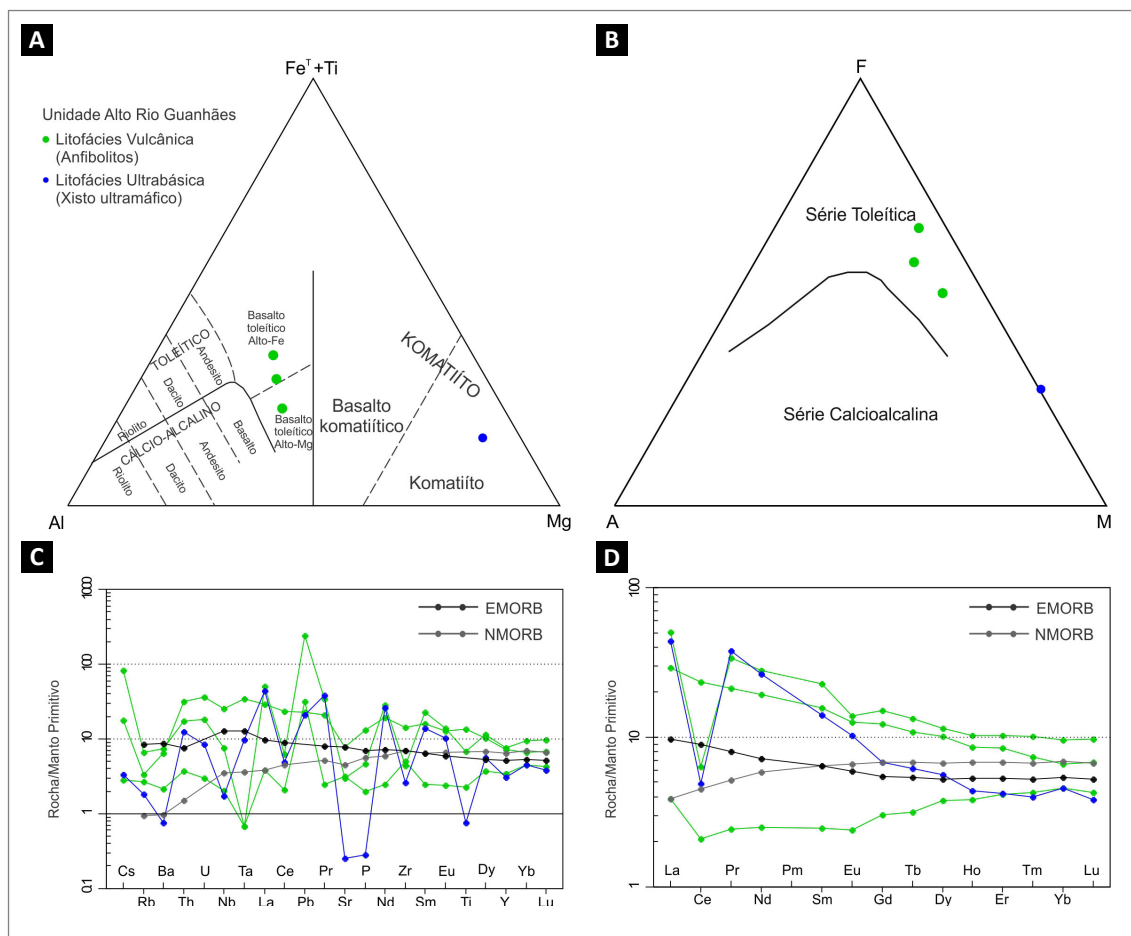


Figura 3.18 - Geoquímica das rochas máficas e ultramáficas da Unidade Alto Rio Guanhanes: A) Diagrama de classificação de Jensen (1976); B) Diagrama ternário AFM (álcalis-FeO₇-MgO) de Irvine e Baragar (1971). (C) Padrões de distribuição de elementos-traços incompatíveis; (D) Elementos terras-raras, normalizados em relação ao manto primitivo (McDonough; Sun, 1995). Padrões N-MORB (cinza) e E-MORB (preto) inseridos para referência (Sun; McDonough, 1989). Fonte: Elaborado pelos autores com base em Jensen (1976); Irvine e Baragar (1971); McDonough e Sun (1995); Sun e McDonough (1989).

Englobando parte da Sequência Rio Guanhanes, descrita por Borges *et al.* (1979), essas rochas foram inicialmente relacionadas a unidades do Quadrilátero Ferrífero (ex., Uhlein, 1981; Assis; Marini, 1983). No entanto, trabalhos posteriores indicam que a Formação Serra Negra de Guanhanes está no topo do Grupo Guanhanes, sendo também conhecida como Formação Superior (Grossi-Sad; Magalhães; Carelos, 1989). Na região da Serra Negra, foi inicialmente descrita como composta por paragneisses com intercalações anfibolíticas abundantes e, subordinadamente, por quartzitos, quartzo xistos e formações ferríferas. Sua distribuição areal foi parcialmente redefinida por Silva *et al.* (2020b).

Na região mapeada, a Formação Serra Negra de Guanhanes aflora na porção norte da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, em contato tectônico com as rochas do Complexo Basal de Guanhanes e do Corpo Peti, aflorando principalmente em calhas de anticlinais abertos. A assinatura gamaespectrométrica é quase indistinguível da do Corpo

Peti, apresentando, em ambos os casos, valores elevados, principalmente de eTh. Essa unidade é composta por sericita-quartzo xistos (Figura 3.19A), metagrauvacas, xistos-verdes e xistos pelíticos com lentes de quartzitos. Essas rochas são formadas, predominantemente, por diferentes proporções de quartzo + plagioclásio + sericita ± magnetita (Figura 3.19B).

Análises geocronológicas em zircões detríticos de uma amostra (MS-289) de sericita-quartzo xisto forneceram uma idade máxima de deposição de 1.699 ± 7 Ma (U-Pb LA-ICP-MS), com fontes principais estaterianas a orosirianas, além de um grão com idade riaciana (Figura 3.20). Essa idade estateriana, atribuída à Formação Serra Negra de Guanhanes, indica a presença de sequências sedimentares associadas a processos de rifteamento cratônico. Além disso, sugere que as rochas formadas durante o magmatismo estateriano, representadas na região pela Suíte Borrachudos, constituíram a principal área-fonte dos sedimentos dessa bacia.

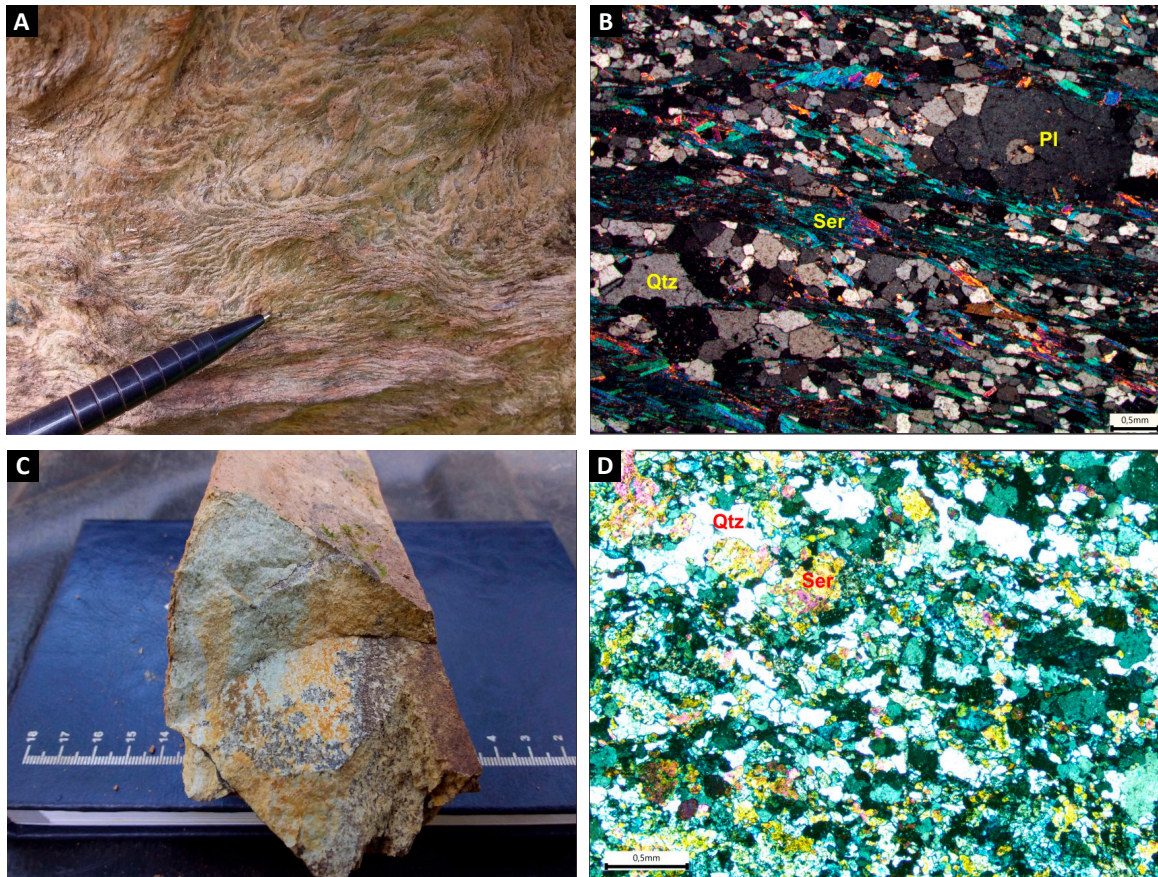


Figura 3.19 - Grupo Guanhões - Formação Serra Negra de Guanhões: A) Afloramento de sericita-quartzo xisto (afloramento MS-202); B) Fotomicrografia evidenciando a foliação marcada pela orientação dos cristais de sericita e pelos agregados de quartzo e plagioclásio (afloramento MS-202, nicóis cruzados). Supergrupo Espinhaço - Formação Cambotas - C) Amostra de mão de quartzito sericítico cinza-esbranquiçado, de granulação fina a média (afloramento MS-257); e D) Fotomicrografia do mesmo quartzito com textura granoblástica (nicóis cruzados). Abreviaturas dos minerais - Pl: plagioclásio; Qtz: quartzo; Ser: sericita. Fotos do arquivo do projeto.

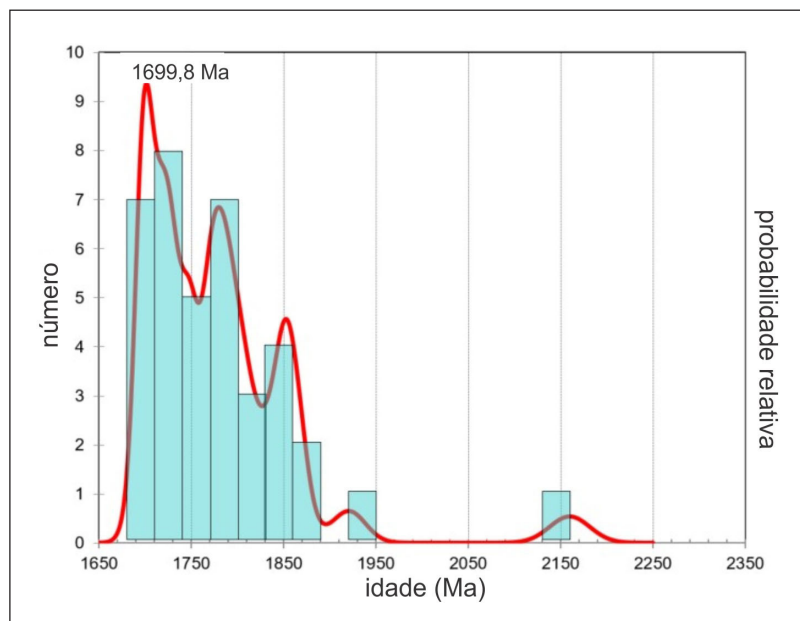


Figura 3.20 - Histograma de frequência e curvas de densidade de probabilidade para as idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de zircões detriticos da amostra MS-289, de sericita-quartzo xisto da Formação Serra Negra de Guanhões (dados com concordância entre 90 e 100%).
Fonte: Elaborado pelos autores

3.10. SUPERGRUPO ESPINHAÇO

3.10.1. Formação Cambotas

A Formação Cambotas (PP4ec) representa a terminação meridional do Supergrupo Espinhaço na região da Serra das Cambotas (Freitas; Crocco-Rodrigues; Rosière, 1992). Inicialmente, Simmons e Maxwell (1961) descreveram essas rochas como Quartzito Cambotas, aflorantes nas serras do Tamanduá, Cambotas e Geral, com estruturação N-S. Essa associação de rochas metassedimentares foi, posteriormente, formalizada como Grupo Tamanduá e correlacionada a unidades do domínio do Quadrilátero Ferrífero, como Supergrupo Minas e Itacolomi (e.g. Hirson, 1967; Dorr, 1969; Schöll, 1972). A partir do avanço do mapeamento e do conhecimento geológico da unidade, ela passou a integrar o Supergrupo Espinhaço (Marshak; Alkmim, 1989; Freitas; Crocco-Rodrigues; Rosière, 1992). Posteriormente, os quartzitos da Serra das Cambotas foram associados ao Grupo Conselheiro Mata, também pertencente ao Supergrupo Espinhaço (Lobato *et al.*, 2005).

Gomes (2017) inclui os quartzitos da Serra das Cambotas no Grupo Tamanduá, subdividindo-o nas formações Santo Antônio do Santos e Cambotas. A Formação Santo Antônio do Santos é composta por metaconglomerados polimíticos e quartzitos, e a Formação Cambotas, composta por metarcósios, quartzitos e filitos.

Contrapondo interpretações anteriores que sugerem a deposição dessa unidade no Mesoproterozoico, dados isotópicos de U-Pb em zircões detríticos indicam que a Formação Cambotas apresenta idade máxima de deposição estareriana (U-Pb LA-ICP-MS, 1.759 Ma, Daher; Costa; Novo, 2020; 1.740 Ma, Dutra *et al.*, 2020). Esses autores também reforçam o posicionamento do Grupo Tamanduá (e da Formação Cambotas) como integrante do Supergrupo Espinhaço.

Na área mapeada, essa unidade aflora exclusivamente no sudoeste da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, no topo da Serra do Gandarela. Possui como característica geomorfológica a composição de cristas de serras, enquanto sua assinatura gamaespectrométrica apresenta baixos



Figura 3.21 - A) Afloramento típico de gabro (afloramento MS-479), maciço e recoberto por película de alteração escura; B) Amostra de mão de gabro, composto por anfibólio e plagioclásio, com borda de alteração ocre (afloramento RC-099); C) Depósito aluvionar representado por banco de areia e cascalho inconsolidados à margem do Rio Santa Bárbara; D) Crosta laterítica (NQcl) com aproximadamente 2 m de espessura recobrendo formação ferrífera bandada da Formação Cauê (A4PP1mic; afloramento MS-365).

Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

valores de K, eTh e eU. O afloramento localiza-se dentro da propriedade da Mina de Brucutu (VALE S.A.), sendo de difícil acesso.

Foram identificados quartzitos sericíticos de granulação fina a média, bem a moderadamente selecionados, com grãos subangulosos (Figura 3.19C). A composição mineralógica é predominantemente quartzo (> 90%) e sericita (~5%), podendo conter titanita (Figura 3.19D). A sericita encontra-se concentrada ao longo dos planos de foliação.

3.11. DIABÁSIOS E GABROS QUADRILÁTERO FERRÍFERO

A unidade denominada Diabásios e Gabros Quadrilátero Ferrífero (APPδdg) engloba diversos corpos intrusivos presentes no Quadrilátero Ferrífero, cujo posicionamento estratigráfico e idade são indeterminados. Na área de estudo, é representada por diques de gabro que cortam, principalmente, as rochas do embasamento dos complexos Santa Bárbara e Basal de Guanhanes. As direções principais desses diques variam de NE-SW a NW-SE, com mergulhos de alto ângulo para SE e NE, respectivamente, podendo exibir espessuras métricas. No mapa de relevo sombreado, essas unidades são ressaltadas como cristais no relevo.

Em sua maioria, os afloramentos dos diques de gabro são compostos por blocos de rocha com aspecto maciço e indeformados, (Figura 3.21A), granulação média e coloração verde-escura a cinza-esverdeado, com pontuações brancas (Figura 3.21B). São compostos

majoritariamente por anfibólio e/ou piroxênio e plagioclásio (comumente alterado para caulinita), em diferentes proporções modais, além de quantidades subordinadas de clorita, epidoto, magnetita, ilmenita, titanita e calcopirita.

3.12. COBERTURAS CENOZÓICAS

As coberturas sedimentares do Quadrilátero Ferrífero foram depositadas entre o Paleógeno e o Quaternário, e incluem depósitos aluvionares, elúvio-coluvionares, lateríticos, além de sequências relacionadas a fluxos de detritos e ambientes fluviolacustres (Endo *et al.*, 2020, e referências nele contidas).

Nas folhas mapeadas, os depósitos aluvionares (Q2a) correspondem a sedimentos inconsolidados argiloarenosos e bancos de areia e cascalho (Figura 3.21C), depositados principalmente ao longo dos rios Santa Bárbara, Maquiné e Piracicaba, bem como em suas planícies de inundação e terraços adjacentes.

Outro tipo de cobertura sedimentar presente é a unidade crosta laterítica (NQcl), que recobre regiões localizadas sobre as formações ferríferas do Grupo Nova Lima Indiviso e da Formação Cauê (Figura 3.21D), principalmente na região da Mina de Brucutu, no término do Sinclinal Gandarela, na porção sudoeste da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo.

A canga possui cimento ferruginoso limonítico, e os materiais detríticos são compostos por fragmentos angulosos a subarredondados, com dimensões entre 1 a 10 cm, de itabirito, quartzo, filito e hematita (Padilha; Heineck, 2000).

4. GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA

4.1. DOMÍNIOS TECTONOESTRUTURAIS

As folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo (SGRA) estão inseridas na porção limítrofe entre o sul do Cráton São Francisco (CSF) e as zonas afetadas pela orogenia neoproterozoica (Almeida, 1977; Alkmim; Teixeira, 2017) (Figura 4.1A). Além disso, encontram-se sob o contexto estrutural regional da transição entre os domínios do Quadrilátero Ferrífero (QF), a oeste e sudoeste; Bloco Guanhães (BG), a leste e nordeste; e da Mantiqueira (MA), a sudeste.

Trata-se de domínios tectônico-estruturais de grande relevância no contexto geológico do estado de Minas Gerais, tanto pela presença de diversos depósitos minerais presentes quanto pela expressiva extensão territorial.

Dada a complexidade estrutural da região, o limite entre o bloco BG e o QF é impreciso, sendo inferido com base em critérios geofísicos, geológicos e geocronológicos (Figura 4.1B).

O QF possui seu arranjo geométrico tradicionalmente associado ao modelo de domos e quilhas (Alkmim; Marshak,

1998; Cutts *et al.*, 2019; Endo *et al.*, 2020). Nesse contexto, as rochas do embasamento arqueano correspondem aos domos, enquanto as quilhas englobam as sequências supracrustais arqueanas-paleoproterozoicas, representadas pelos supergrupos Rio das Velhas, Minas e pelo Grupo Itacolomi.

A região das folhas São Gonçalo do Rio Abaixo e Florália corresponde à porção do extremo nordeste do QF, onde afloram tanto o embasamento cristalino – representado pelo Complexo Santa Bárbara – quanto as sequências supracrustais do Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas), do Supergrupo Minas e do Grupo Itacolomi.

Por sua vez, o Bloco Guanhães ocorre ao noroeste, norte e leste da área de estudo. Os domínios oeste e leste do bloco são caracterizados por falhas reversas e de empurrão, com orientação N-S. Na porção oeste, o BG posiciona-se tectonicamente acima dos domínios mais jovens, de idade estateriana. Já na porção leste, é recoberto pelo Grupo Macaúbas (Peres; Alkmim; Jordt-Evangelista, 2004; Alkmim *et al.*, 2006; Magalhães, 2019).

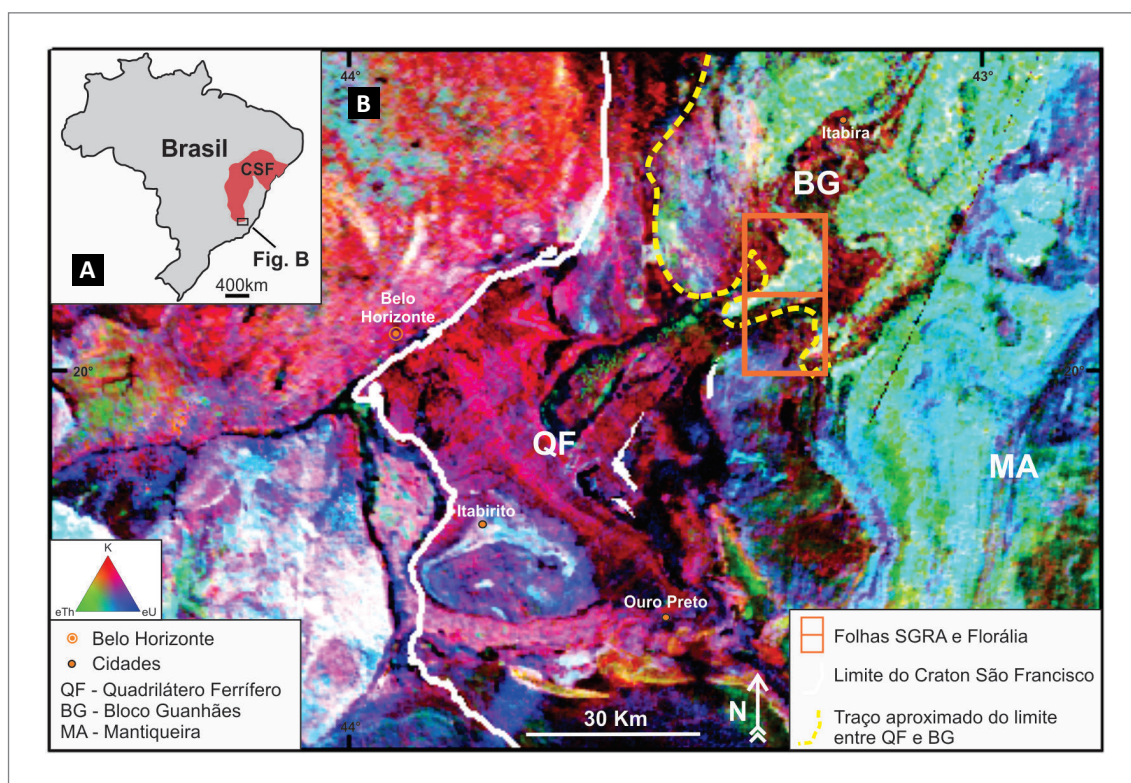


Figura 4.1 - Mapa geofísico regional. A) Localização da região sob o contexto do limite sul do Cráton São Francisco (CSF). Fonte: Alkmim e Teixeira, 2017; B) Principais domínios geológico-geofísicos na região do Quadrilátero Ferrífero e entorno. Abreviaturas: QF: Quadrilátero Ferrífero; BG: Bloco Guanhães; MA: Mantiqueira. Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2. ACERVO ESTRUTURAL

Ao longo do mapeamento, foram descritos diversos tipos de estruturas geológicas, incluindo: estruturas primárias ou sedimentares (acamadamento); estruturas dúcteis (bandamento gnáissico, xistosidade, foliação milonítica, clivagem e lineação de crenulação, lineações mineral e de estiramento, e eixos de dobra) e estruturas rúpteis (clivagens espaçadas e fraturas) (Tabela 4.1).

4.2.1. Estruturas sedimentares

As estruturas sedimentares reconhecidas nas áreas mapeadas incluem o acamadamento (S_0), além de estratificações planares e cruzadas. Na maioria dos afloramentos descritos das unidades metassedimentares, essas estruturas encontram-se pouco preservadas, sendo o acamadamento (S_0) a única estrutura primária com medidas representativas.

As medidas de S_0 foram registradas nas unidades geológicas do Grupo Nova Lima (incluindo a Formação Córrego do Sítio), Supergrupo Minas (Grupo Piracicaba, formações Cauê, Cercadinho, Batatal e Moeda), e formações Furquim e Serra Negra de Guanhães.

Nas rochas metassedimentares dos Supergrupos Rio das Velhas e Minas, o acamadamento é assinalado por variações granulométricas e/ou composicionais. Nos metaturbiditos da Formação Córrego do Sítio, por exemplo, a estrutura S_0 é assinalada pela alternância de bandas psamíticas e pelíticas. Nas formações ferríferas bandadas do Grupo Nova Lima (Figura 4.2A) e nos itabiritos da Formação Cauê, o acamadamento é evidenciado pela alternância de bandas ferruginosas e quartzosas.

Na Formação Furquim, o acamadamento (S_0) é evidenciado por variação granulométrica, marcada pela

alternância de lâminas ou camadas de quartzito compostas predominantemente por grãos de areia média a grossa, intercaladas com camadas de grãos mais grosseiros, quartzito conglomerático e metaconglomerado, além de lâminas de metassedimentos de granulação fina (filito) (Figura 4.2B). Também foram identificadas estratificações cruzadas acanaladas e tangenciais (Figura 4.2C).

Na Formação Serra Negra de Guanhães, o S_0 também é reconhecido por variação granulométrica, expressa na alternância de lâminas ou camadas de quartzito e filito. Essa estrutura primária é frequentemente deformada por dobras e clivagem de crenulação (S_4), podendo apresentar-se transposta (Figura 4.2D).

4.2.2. Estruturas dúcteis

A estrutura dúctil mais antiga registrada nos gnaisses dos complexos Santa Bárbara e Basal de Guanhães é o bandamento gnáissico (S_1). Essa estrutura caracteriza-se pela alternância de bandas centimétricas leucocráticas, compostas predominantemente por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita $\pm$ hornblenda, e bandas melanocráticas, com maior proporção de biotita e hornblenda (Figura 4.3A). Os gnaisses podem exibir porções fundidas e recrystalizadas, formando migmatitos. Devido ao elevado grau de intemperismo, são observadas apenas faixas de diferentes colorações do saprolito das rochas, com tonalidades predominantes branca, rósea, amarela, arroxeada e avermelhada (Figura 4.3B).

O bandamento e outras estruturas mais antigas encontram-se reiteradamente dobradas e rompidas. Tanto no embasamento quanto nos metassedimentos, observa-se uma foliação ou xistosidade oblíqua ao bandamento gnáissico e ao acamadamento sedimentar, respectivamente, interpretada como S_2 (Figura 4.3C).

Tabela 4.1 - Quadro-resumo das principais estruturas descritas nas folhas São Gonçalo do Rio Abaixo e Florália.

HIERARQUIA	ESTRUTURA	DESCRIÇÃO
S_0	Acamadamento	Acamadamento sedimentar preservado em rochas metassedimentares.
S_1	Bandamento gnáissico	Bandamento gnáissico nos complexos TTGs.
S_2	Foliação e xistosidade	Foliação plano axial e xistosidade, oblíqua às foliações pretéritas.
S_3	Foliação milonítica	Foliação milonítica associada a evento de compressão ou transpressão regional.
S_4	Clivagem de crenulação	Clivagem plano axial de dobras de crenulação.
S_5	Clivagens espaçadas e fraturas	Clivagens espaçadas associadas à dobras suaves e ondulações laterais, fraturas de distensão.
L_1	Lineação de interseção entre foliações ou clivagens e eixo de dobras	Lineação de interseção entre foliações ou clivagens e eixo de dobras apertadas a recumbentes.
L_2	Lineação mineral e lineação de estiramento	Lineação mineral ou de estiramento de minerais.
L_3	Lineação de crenulação	Eixo de dobras de crenulação.
L_4	Eixo de dobras suaves	Eixo de dobras suaves e ondulações laterais.

Fonte: Elaborado pelos autores.

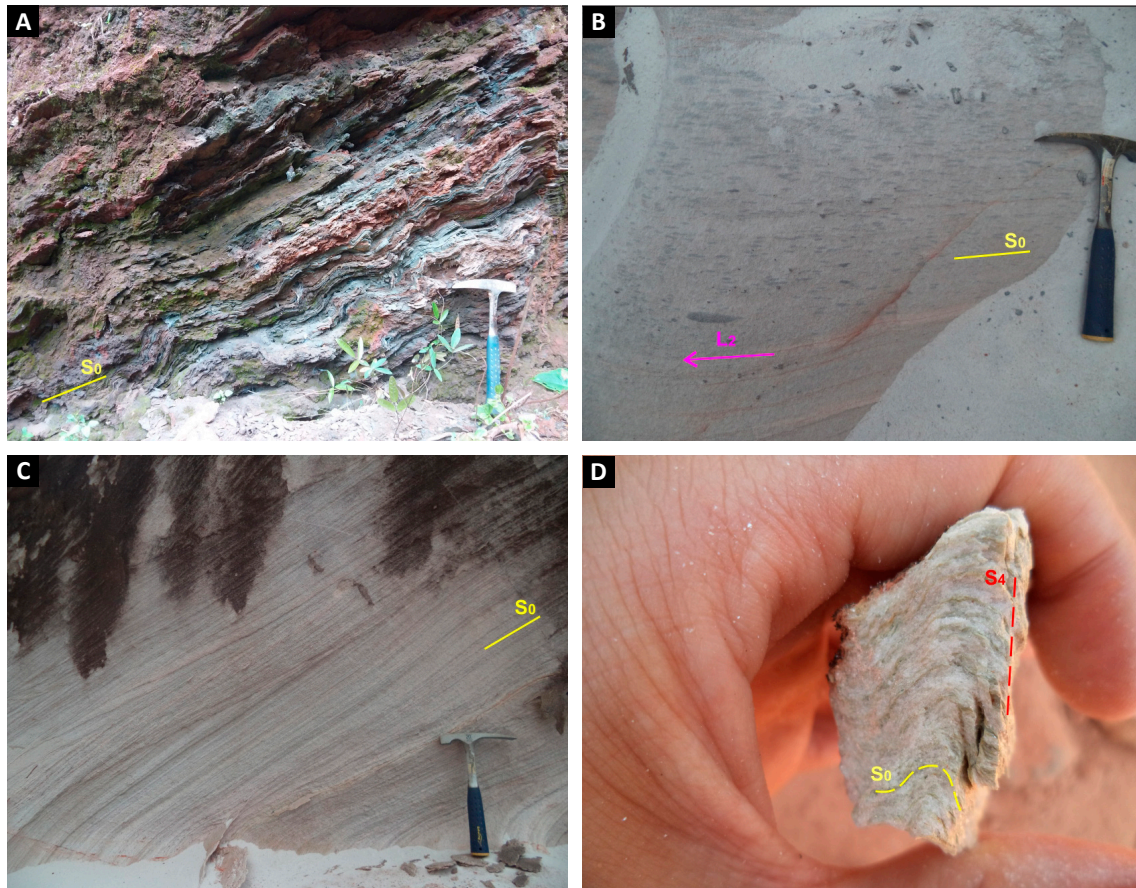


Figura 4.2 - A) Bandamento composicional em formação ferrífera bandada, com alternância de camadas ricas em óxido de ferro e sílica (S_0); B) Lâminas com variação granulométrica em metarenito, contendo fragmentos de quartzito e quartzito ferruginoso estirados, os quais assinalam uma lineação de estiramento (L_2); C) Estratificação cruzada tangencial preservada em metarenito (S_0); D) Amostra de mão de sericita-quartzito xisto, com destaque para o acamadamento (S_0) dobrado e clivagem de crenulação (S_4). Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

A lineação de interseção entre foliações ou clivagens, bem como os eixos de dobras apertadas a recumbentes, foi hierarquizada como L_1 .

A foliação milonítica (S_3) é a estrutura mais evidente na área (Figura 4.3D) e, frequentemente, oblitera as estruturas pretéritas. É marcada pela orientação e estiramento dos minerais, assim como a presença de dobras com vergência, que rompem as camadas anteriores. Essa orientação dos minerais define a lineação mineral (Figura 4.2B; 4.3E), enquanto o estiramento define a lineação de estiramento, ambas classificadas como L_2 . Essas estruturas estão associadas a eventos de empurrão e/ou transpressão e são perceptíveis em praticamente todas as unidades em todas as regiões da área.

Além disso, é comum a presença de dobras de crenulação, com eixo de dobra classificada como L_3 , afetando estruturas planares mais antigas, desenvolvidas em rochas com elevada concentração de minerais filos-silicatos, predominantemente sobre as estruturas S_0 , S_1 e S_3 . Elas geram uma foliação plano-axial denominada clivagem de crenulação (S_4) (Figura 4.2D; 4.3F), a qual comumente transpõe as estruturas pretéritas.

4.2.3. Estruturas rúpteis

As estruturas rúpteis presentes na região consistem em clivagens espaçadas e fraturas, agrupadas em uma mesma hierarquia (S_5). São estruturas planares espaçadas, que ocorrem com frequência em rochas mais maciças e menos competentes, como os quartzitos (Figura 4.4A). Essas estruturas representam fraturas de distensão e planos axiais de dobras suaves, além de ondulações laterais com eixos L_4 . São descontinuidades abruptas, geralmente subverticais e, muitas vezes, de pouca continuidade, podendo ou não estar preenchidas por quartzo (Figura 4.4B).

4.3. ESTRUTURAÇÃO REGIONAL

A área mapeada apresenta uma arquitetura estrutural multifacetada. Para facilitar a representação dos principais domínios estruturais das folhas, estas foram agrupadas em cinco domínios estruturais, cada um com feições características. Esses domínios, dispostos de norte para sul, abrangem as áreas de Martins (D1), São Gonçalo do Rio Abaixo (D2), Brucutu (D3), Florália (D4) e Mutuca (D5) (Figura 4.5A).

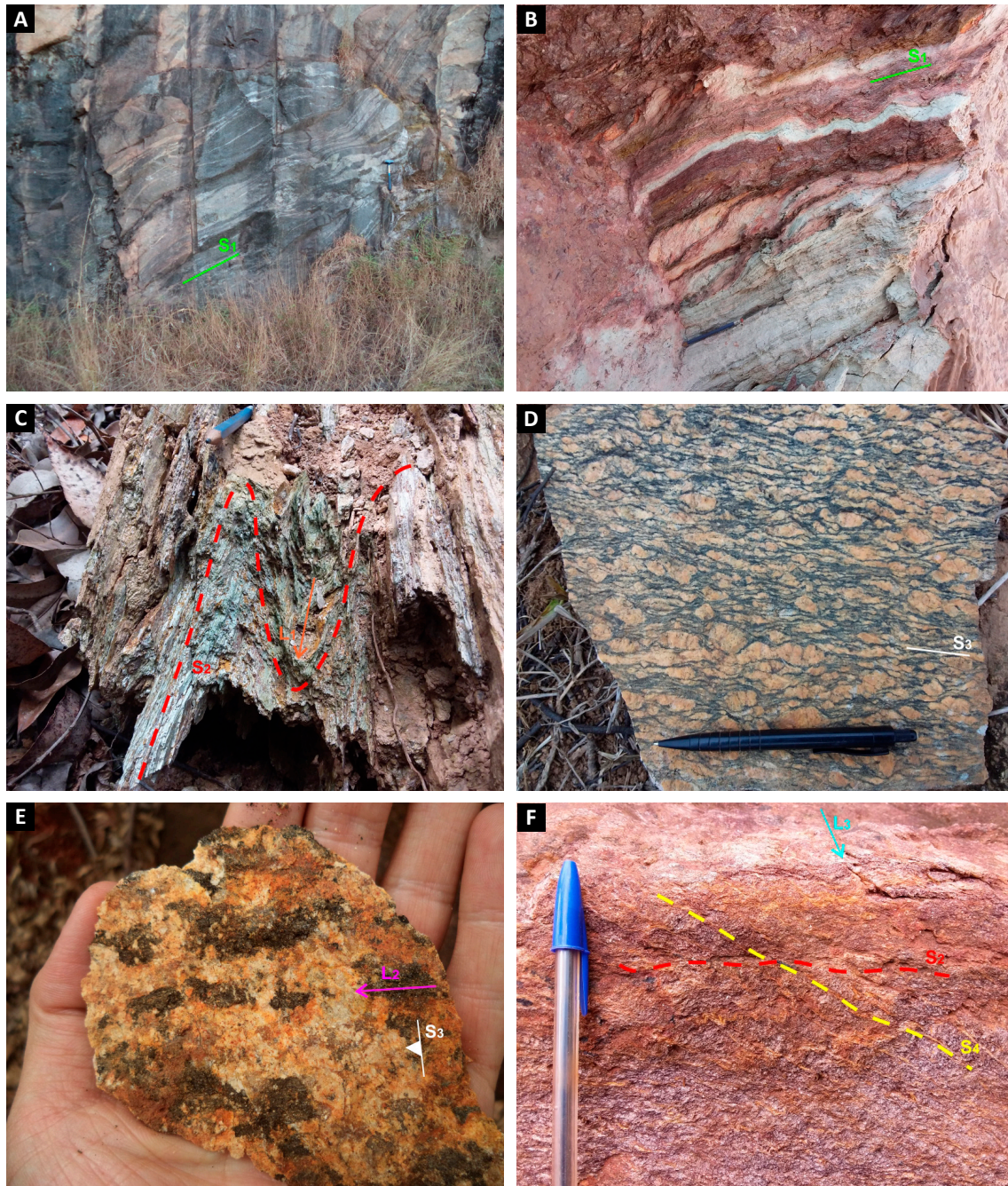


Figura 4.3 - A) Bandamento gnáissico (S_1) observado em rochas TTG migmatíticas, por vezes dobrado e rompido; B) Sapolito de gnaise apresentando faixas de diferentes colorações, correspondentes ao bandamento gnáissico (S_1); C) Dobra mesoscópica apertada em clorita xisto, com eixo de dobra (L_1); D) Foliação milonítica (S_3) em *augen* gnaise; E) Lineação mineral definida pela orientação de palhetas de biotita (L_2) em metagranitóide milonítico; F) Clivagem de crenulação (S_4) oblíqua à xistosidade (S_2) em mica xisto intemperizado.
Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

4.3.1. Domínio Estrutural de Martins (D1)

O Domínio Estrutural de Martins (D1) está localizado no distrito homônimo, a norte do município de São Gonçalo do Rio Abaixo (MG). Nessa região, as rochas apresentam estruturação com direção NW-SE, sendo o mergulho das camadas predominantemente para NE (Figura 4.5A).

O bandamento gnáissico (S_1), medido nas rochas do embasamento, é quase sempre sub-horizontal e levemente ondulado. A principal foliação dessa área é a S_3 , cujos polos apresentam pouca dispersão (Figura 4.5B). Essa foliação ocorre em todas as unidades da região, porém se destaca no Corpo Peti, onde fenocristais rotacionados e estirados realçam essa foliação.

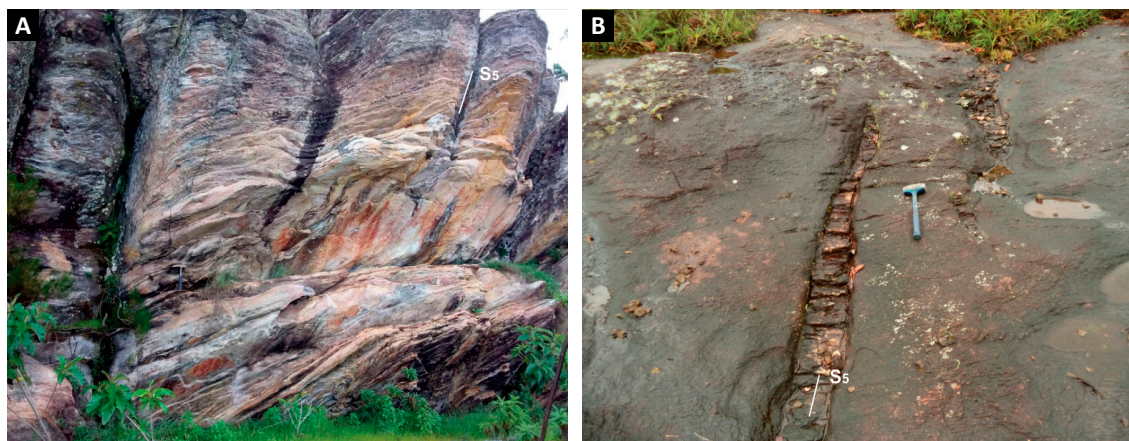


Figura 4.4 - A) Fraturas espaçadas, subverticais, em quartzito; B) Fratura de pouca continuidade em metagranitoide, preenchida por quartzo cristalino transparente. Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

Destaca-se, ainda, a estruturação regional do Corpo Peti, que, em toda região trabalhada, apresenta forma de *boudin* (Figura 4.6). Essa estrutura é observada em várias escalas, desde microscópica (em lâmina delgada) passando pela escala de afloramento, até a escala regional.

Estão presentes também dobras abertas, compondo sinformes e antiformes com eixos de caimento em baixo ângulo para noroeste. O mergulho da foliação S_3 varia de baixo a médio ângulo, com média de 32° , geralmente com mergulho para nordeste (Figura 4.5B). As lineações mineral e de estiramento (L_2) são marcadas, respectivamente, pela orientação de palhetas de biotita e pelos fenocristais de feldspato rotacionados e estirados. Ambas estão bem desenvolvidas nas rochas do Corpo Peti, com caimento médio de 24° para leste.

A Formação Serra Negra de Guanhões aflora nas calhas dos sinclinais com eixo NNE-SSW (Figura 4.6). O plano de acamamento S_0 é intensamente afetado por dobras de crenulação, sendo a clivagem de crenulação (S_4) bem desenvolvida, com direção NE-SW. O eixo das microdobras, definido pela lineação de crenulação (L_3), apresenta direção NNE-SSW e caimento para NE.

Os domínios D1 (norte) e D2 (sul) são separados pelo Anticlinal de Rio Piracicaba, o qual marca a mudança na direção das camadas, de NW-SE (D1) para NE-SW (D2). Trata-se de uma dobra regional, aberta, com eixo com caimento para leste. O leito do Rio Santa Bárbara aproveita-se da descontinuidade gerada por fraturas (S_5), paralelas ao plano axial dessa dobra, para desenvolver-se de forma quase retilínea, com direção E-W nessa região.

4.3.2. Domínio Estrutural de São Gonçalo do Rio Abaixo (D2)

O Domínio Estrutural de São Gonçalo do Rio Abaixo (D2) está localizado nos arredores da cidade homônima e ao sul do Anticlinal de Rio Piracicaba. Nessa região, as

rochas estão estruturadas com direção NE-SW, e o mergulho das camadas ocorre predominantemente para SE (Figura 4.5A). De maneira semelhante ao observado em D1, o Corpo Peti apresenta geometria de *boudin*, porém com ângulos de mergulho mais elevados.

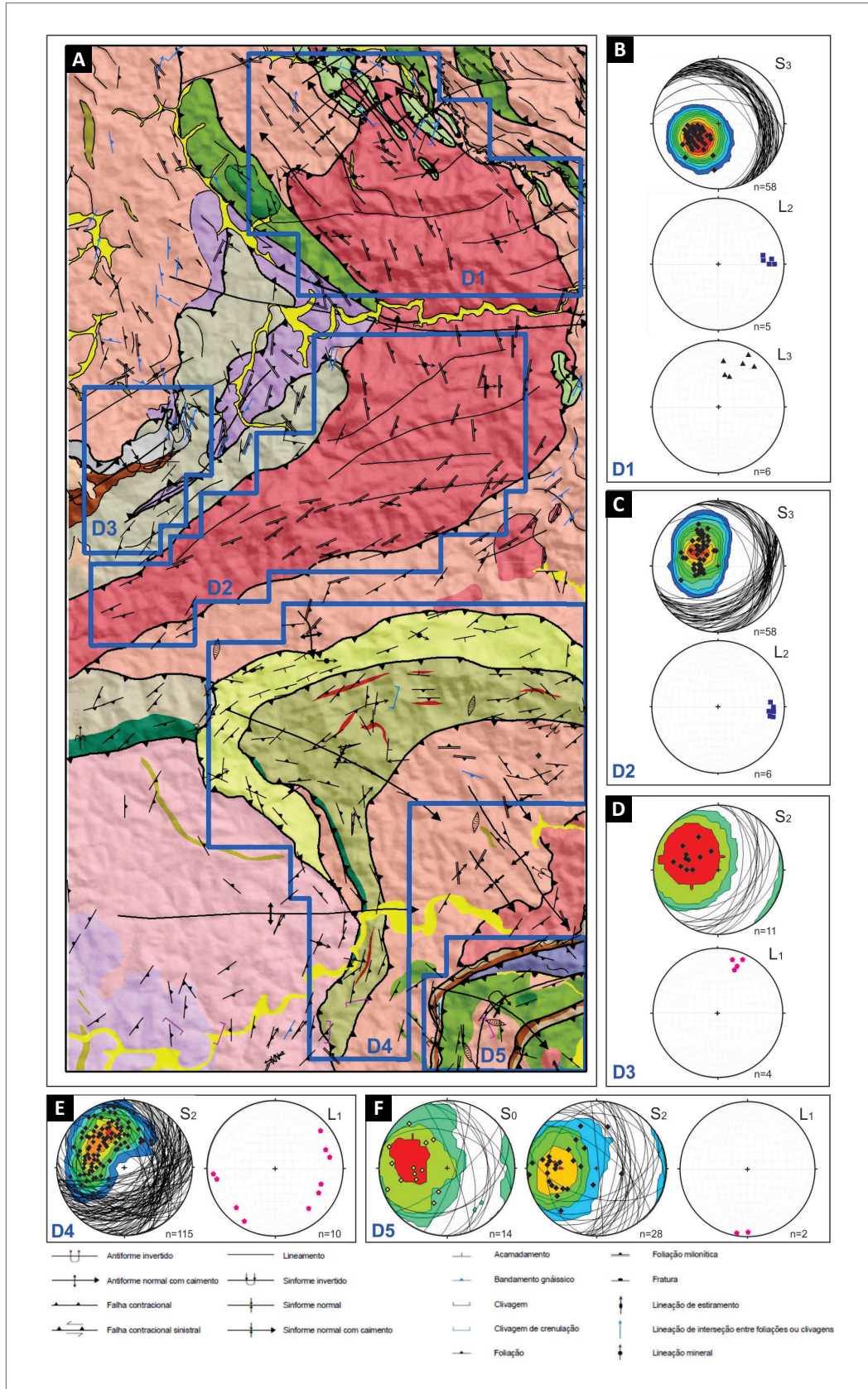
A foliação milonítica S_3 é a principal estrutura observada na região, apresentando atitudes predominantemente com direção NE-SW e mergulhos variando entre 20° e 50° para SE (Figura 4.5C). Os polos dos planos de S_3 exibem uma dispersão linear, evidenciando a mudança de direção regional das estruturas. Associadas à foliação S_3 , ocorrem as lineações de estiramento e mineral (L_2), com caimento médio de aproximadamente 20° para leste, semelhante ao observado no domínio D1.

4.3.3. Domínio Estrutural de Brucutu (D3)

O Domínio Estrutural de Brucutu (D3) está localizado nos entornos da Mina de Brucutu, no extremo nordeste da Serra do Gandarela. A região é caracterizada pelo fechamento do Sinclinal do Gandarela, uma estrutura invertida com eixo sub-horizontal e direção NE-SW (Figura 4.5A). Esse sinclinal contém rochas dos supergrupos Minas e Rio das Velhas, cuja estruturação é definida pelo arranjo das camadas S_0 e S_1 , frequentemente paralelizadas, com direção NE-SW e mergulho para SE. O eixo L_1 possui direção NE-SW e caimento suave, com média de 20° para NE (Figura 4.5D).

4.3.4. Domínio Estrutural de Florália (D4)

O Domínio Estrutural de Florália (D4) está situado na porção central da Folha Florália, nos arredores do distrito homônimo. A estruturação das rochas do Grupo Nova Lima Indiviso e da Formação Furquim indica um dobramento regional aberto, em forma de arco, interpretado como um sinforme com eixo para SE (Figura 4.5A).



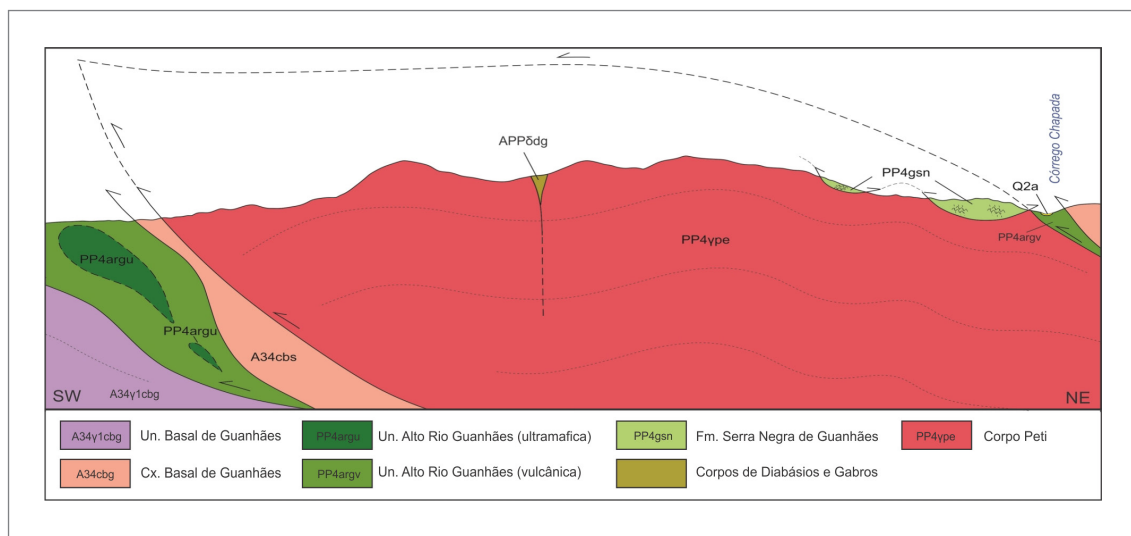


Figura 4.6 - Perfil geológico esquemático ilustrando a estruturação do Domínio Estrutural de Martins (D1).
Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste domínio, a direção do acamamento (S_0) varia de NNE-SSW, com mergulhos para ESE, até E-W, com mergulhos para sul. Em um perfil SE-NW, aproximadamente paralelo ao eixo dessa dobra (L_4), todas as estruturas (S_0 , S_1 e S_3) mergulham para SE (Figura 4.5E; 4.7). O caimento dos eixos de dobras apertadas a recumbentes, assim como lineações de intersecção (L_1), acompanha a grande estrutura regional. (Figura 4.5E).

4.3.5. Domínio Estrutural de Mutuca (D5)

O Domínio Estrutural de Mutuca (D5) localiza-se no extremo sudeste da Folha Florália, nas proximidades do distrito homônimo. Trata-se de uma região intensamente deformada, caracterizada pela justaposição tectônica entre rochas do embasamento do Complexo Guanhões e da Unidade Alto Rio Guanhões. São observadas dobras fechadas a recumbentes e cavalgamentos com vergência para NW.

A região está estruturada como um anticlinal invertido, associado a falhas de empurrão (Figura 4.8). As camadas metassedimentares das formações Moeda, Cauê e do Grupo Piracicaba apresentam-se invertidas nos flancos, evidenciando a arquitetura de uma dobra invertida, com plano axial mergulhando para sudeste, e o flanco NW como sendo o segmento invertido. As estruturas mergulham para S-SE (S_0 , S_1 e S_2), e o eixo desse dobramento é sub-horizontal, com direção variando de N-S (na porção sul do D5) a NE-SW (na porção nordeste do D5). Na porção SW do domínio, foram medidos em campo apenas eixos de dobra (L_1) sub-horizontais, com direção N-S (Figura 4.5F).

Essa variação na direção do eixo do anticlinal invertido deve-se à presença de um sinclinal posterior, de ângulo aberto, cujo eixo apresenta caimento para

sudeste. Essa estrutura redobra o anticlinal anterior. As camadas S_0 , S_1 e S_2 também apresentam variações de direção (N-S a NE-SW), moldando o sinclinal aberto, cujo eixo igualmente mergulha para SE.

4.4. FASES DEFORMACIONAIS

Os principais eventos tectonometamórficos identificados no QF e em suas áreas adjacentes ocorreram durante o Arqueano (principalmente entre 2.800 e 2.750 Ma), o Paleoproterozoico (orogênese riaciana-orosiriana, entre 2.500 e 1.900 Ma) e o Neoproterozoico-Cambriano (entre 640 e 470 Ma) (Baltazar; Zucchetti, 2007; Noce; Machado; Teixeira, 1998; Lana *et al.*, 2013; Teixeira *et al.*, 2015; Cabral *et al.*, 2020).

Um importante registro do evento arqueano é o bandamento e a migmatização dos complexos do embasamento (Baltazar; Zucchetti, 2007). O evento paleoproterozoico (riaciano-orosiriano) está associado a uma intensa granitogênese ao sul do QF, relacionada à Orogenia Minas-Bahia no Cinturão Mineiro (Carneiro, 1992; Noce; Machado; Teixeira, 1998; Teixeira *et al.*, 2015). Durante esse evento, formou-se um cinturão de dobras e falhas com vergência para noroeste (Alkmim; Marshak, 1998). Já o evento Neoproterozoico-Cambriano, associado à Orogenia Brasileira, resultou na geração de um cinturão de dobras e falhas com vergência para oeste (Chemale Jr.; Rosière; Endo, 1991; Alkmim *et al.*, 1994; Baltazar; Zucchetti, 2007).

A partir da análise das estruturas presentes nas folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo, foram definidas quatro fases deformacionais principais (F1, F2, F3 e F4), associadas aos grandes eventos regionais mencionados. Suas principais características estão sumarizadas na Tabela 4.2 e na Figura 4.9.

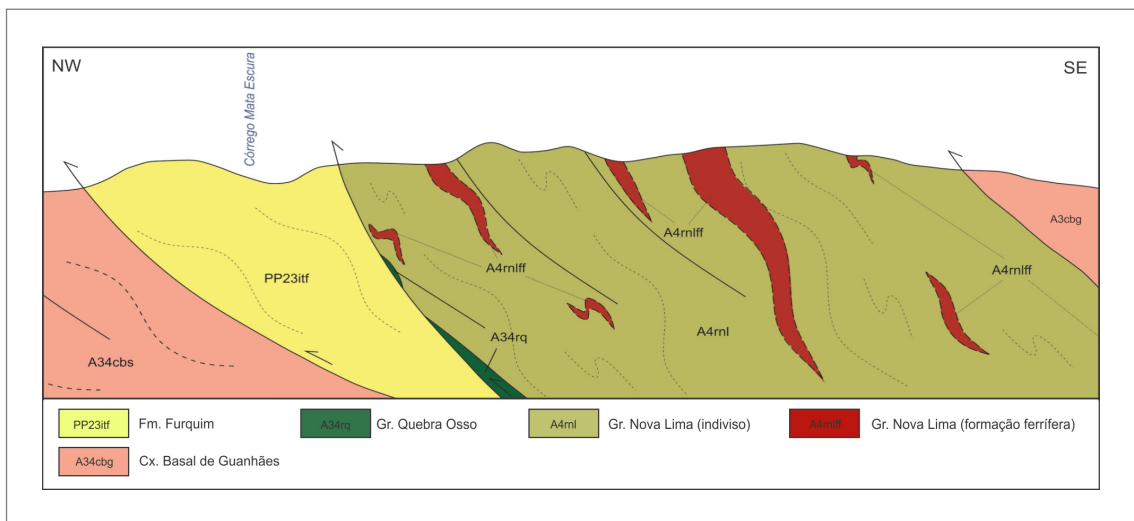


Figura 4.7 - Perfil geológico esquemático ilustrando a estruturação do Domínio Estrutural de Florália (D4).
Fonte: Elaborado pelos autores.

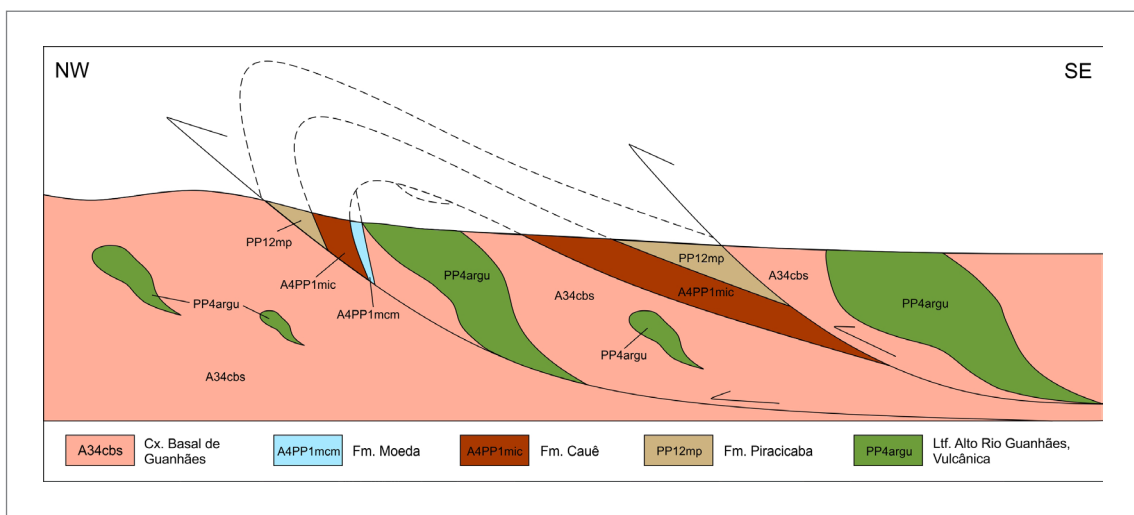


Figura 4.8 - Perfil geológico esquemático ilustrando a estruturação do Domínio Estrutural de Mutuca (D5).
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4.2 - Principais características das fases deformacionais identificadas nos diferentes domínios estruturais das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo (D1, D2, D3, D4 e D5).

FASE	EVENTO TECTÔNICO	REGIME TECTÔNICO	ESTRUTURAS	DIREÇÃO DAS ESTRUTURAS					DIREÇÃO TENSOR PRINCIPAL
				D1	D2	D3	D4	D5	
F1 (*)	?	Compressional - dúctil	Bandamento gnáissico (S1).	NW-SE	NE-SW	NE-SW/ NW-SE/	NW-SE/ N-S/ NE-SW	NW-SE/ N-S/ NE-SW	?
F2 (*)	Orogênesse riaciana-orosiriana?	Compressional - dúctil	Foliação plano axial e xistosidade (S2); dobras intrafoliais.	NW-SE	NE-SW	NE-SW/ NW-SE/	NW-SE/ N-S/ NE-SW	NW-SE/ N-S/ NE-SW	NW-SE?
			Lineação de interseção entre foliação ou clivagens e eixos de dobras (L1); Sinclinal Gandarela.	NW-SE	NE-SW	NNE-SSW	NW-SE/ NE-SW	NNE-SSW	

Tabela 4.2 - Principais características das fases deformacionais identificadas nos diferentes domínios estruturais das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo (D1, D2, D3, D4 e D5). (Continuação)

FASE	EVENTO TECTÔNICO	REGIME TECTÔNICO	ESTRUTURAS	DIREÇÃO DAS ESTRUTURAS					DIREÇÃO TENSOR PRINCIPAL
				D1	D2	D3	D4	D5	
F3	Orogênese neoproterozoica	Compressional - dúctil	Foliação milonítica (S3); Dobras com vergência, inversas a recumbentes; Falhas de empurrão e transpressão.	NW-SE	NE-SW	NE-SW/ NW-SE/	NW-SE/ N-S/ NE- SW	NW-SE/ N-S/ NE- SW	E-W
			Lineação mineral e de estiramento (L2).	E-W	E-W	E-W/ NE/ SW	E-W/ ENE- WSW/ WNW- ESE	WNW- ESE	
			Clivagem de crenulação (S4).	NNE-SSW				NW-SE	
			Lineação de crenulação (L3); eixo de sinclinais.						
F4	Orogênese neoproterozoica tardia	Compressional - dúctil a rúptil	Clivagens espaçadas e fraturas (S5).	NW-SE/ E-W/ NE- SW	NW-SE/ E-W/ NE- SW	NW-SE/ NE-SW	NW-SE/ NE-SW	NW-SE	NE-SW
			Eixo de dobras suaves e ondulações laterais (L4); Megadobras (e.g. Anticlinal de Rio Piracicaba).						
(*) Estruturas podem ter sido rearranjadas ou transpostas durante a orogenia neoproterozoica.									

Fonte: Elaborado pelos autores.

A evolução tectonometamórfica adotada baseia-se em dados de campo, de laboratório e na literatura, especialmente nas propostas desenvolvidas em estudos locais, como os de Schorsch, Alves e Davies (1997) e Schorsch *et al.* (1997), para as folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo, e de Padilha, Vieira e Heineck (2000), para a Folha Itabira.

4.4.1. Fase F1

O evento geológico mais antigo descrito na região corresponde à formação de terrenos granito-gnáissicos, datados aproximadamente entre 3,2 e 2,8 Ga, além de processos de retrabalhamento crustal e geração de corpos granitoides até cerca de 2,6 Ga (Padilha; Vieira; Heineck, 2000; Lana *et al.*, 2013; Milagres, 2013; Fonseca, 2017; Rodrigues, 2023). A Fase F1 da evolução tectonometamórfica da região é definida como um evento compressional dúctil que atuou nas rochas do embasamento TTG, sendo representada pelo bandamento gnáissico (S₁). O registro dessa fase está presente em todos os domínios estruturais estudados, com destaque para as rochas dos complexos Santa Bárbara e Basal de Guanhões.

A direção atual das estruturas provavelmente foi rearranjada ou transposta por eventos deformacionais posteriores, tornando incerta a determinação da direção original do paleotensor principal. Essa transposição é evidenciada pela presença de dobras intrafoliais nos gnaisses TTG do embasamento. As medidas obtidas para a estrutura S₁ indicam direções principais NW-SE e NE-SW, com mergulhos para E, NE e SE, respectivamente. No geral, as atitudes dessas estruturas são concordantes com a estruturação regional e com as estruturas mais recentes.

4.4.2. Fase F2

A Fase F2 também foi definida como um evento compressional dúctil que afetou as rochas do embasamento (complexos Santa Bárbara e Basal de Guanhões), assim como as rochas metavulcanossedimentares e metasedimentares dos supergrupos Rio das Velhas e Minas. Esse evento possivelmente corresponde à Orogênese Minas-Bahia (aproximadamente entre 2.5 e 1.9 Ga), cuja influência é bastante pronunciada na borda leste do QF e no BG (ex. Grochowski *et al.*, 2021). As estruturas associadas a essa fase são dobras inclinadas fechadas a isoclinais e falhas.

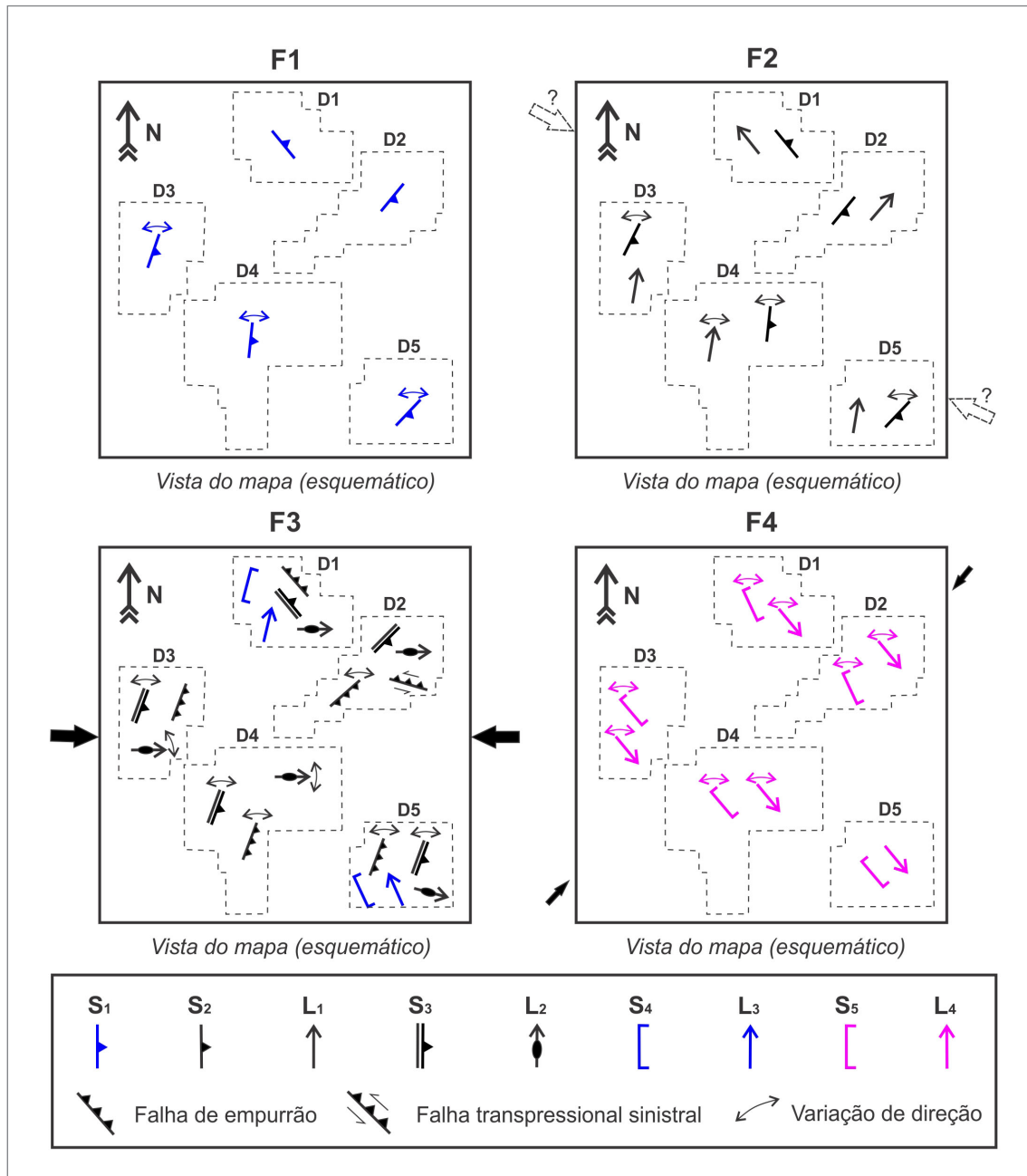


Figura 4.9 - Principais estruturas e fases de deformação (F1 a F4) associadas aos diferentes domínios estruturais (D1 a D5) das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo. As estruturas estão plotadas com suas direções atuais. Os paleotensores principais são representados pelas setas nas figuras. Fonte: Elaborado pelos autores.

O registro dessas estruturas é observado nas foliações de plano axial e xistosidade (S_2), bem como nas lineações de interseção entre foliações ou clivagens e eixos de dobras (L_1), presentes nos cinco domínios estruturais.

Assim como na Fase F1, as estruturas relacionadas à F2 provavelmente foram rearranjadas ou transpostas pela deformação neoproterozoica, apresentando atitudes concordantes com as estruturas posteriores. O paleotensor principal presumidamente possui direção NW-SE. Os planos S_2 apresentam direções atuais principais NW-SE, NE-SW e N-S, com mergulhos tendendo para leste (E, NE ou SE). A lineação L_1 possui direções principais NW-SE e

NE-SW com baixo ângulo de caimento. A estrutura de maior destaque dessa fase é a terminação nordeste do Sinclinal Gandarela.

4.4.3. Fase F3

A Fase F3 apresenta o maior grau de preservação na região e, assim como as anteriores, possui natureza compressional dúctil. Está associada ao evento orogênico de idade neoproterozoica-cambriana, relacionado à amalgamação do Gondwana Ocidental (e.g., Alkmim *et al.*, 2017). Essa fase possui registro em todas as unidades geológicas

e em todos os domínios estudados, embora dobras de crenulação tenham sido identificadas em sericita xistos presentes nos domínios D1 e D5. O paleotensor principal regional possui orientação E-W, indicando importante sentido de transporte tectônico de leste para oeste.

As estruturas mais evidentes incluem dobras com vergência inversa a recumbente, falhas de empurrão e transpressão, todas com cinemática voltada para oeste. Também são observadas foliação milonítica (S_3), clivagem de crenulação (S_4), lineação mineral e de estiramento (L_2) e lineação de crenulação (L_3). A foliação S_3 apresenta direções principais NW-SE, NE-SW e N-S, com mergulho tendendo para leste (NE, E ou SE). A lineação L_2 possui forte alinhamento E-W, com pequena variação para norte ou sul e caimento para leste.

4.4.4. Fase F4

A Fase F4 é a mais recente com estruturas registradas na região e apresenta natureza compressional dúctil-rúptil. Pode ser relacionada ao estágio tardio da orogénia neoproterozoica-cambriana, atuando em níveis crustais mais rasos e sob temperaturas mais baixas. Essa fase está registrada em todas as unidades litoestratigráficas de todos os domínios estruturais analisados. O paleotensor regional ainda apresenta direção principal NE-SW.

As estruturas geradas incluem clivagens espaçadas e fraturas (S_5), além de dobras abertas a suaves e ondulações laterais, com eixo L_4 . Essas estruturas possuem direções variadas, predominando as direções NW-SE e NE-SW.

5. RECURSOS MINERAIS

As folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo estão localizadas na porção leste da província mineral do Quadrilátero Ferrífero, amplamente reconhecida por seu potencial econômico para minerais metálicos, industriais e gemas (Lobato *et al.*, 2001a; Lobato *et al.*, 2001b; Rosière *et al.*, 2008; Endo *et al.*, 2020), bem como agregados minerais destinados à construção civil (Sotero *et al.*, 2020). Historicamente, a região de Florália se destacou pela exploração de ouro na antiga Mina do Pari e em seus arredores, cuja atividade teve início no século XVIII (Schorscher *et al.*, 1997a; Abreu, 2005; Vial *et al.*, 2007).

Nas últimas décadas, o aumento da demanda por minério de ferro e por materiais destinados à construção civil contribuiu para a abertura de novas minas na região, promovendo a diversificação de seu cenário econômico.

A análise dos requerimentos minerários da Agência Nacional de Mineração (ANM) na área indica que as principais substâncias de interesse atualmente são: ouro, ferro, areia, gnaiss/granito e, em menor escala, quartzo, esteatito, berílio, alumínio, manganês e caulim. Dentre esses, a maioria dos processos encontra-se em fase de pesquisa, sendo poucos os que já alcançaram a etapa de lavra.

Ao todo, a Folha Florália contém 29 pontos cadastrados de recursos minerais, dos quais três correspondem a minas em atividade: uma de extração de gnaiss, uma de areia e uma de cascalho. Os demais registros incluem: oito minas ou garimpos inativos e duas ocorrências de ouro; nove minas inativas e três ocorrências de areia; uma mina inativa de esteatito; uma mina inativa de quartzo; um garimpo paralisado de ametista; e uma ocorrência de cascalho.

Já a Folha São Gonçalo do Rio Abaixo contém dois pontos de recursos minerais cadastrados: uma mina ativa de ferro e uma pedreira ativa de gnaiss (Tabela 5.1).

5.1. OURO

A Folha Florália abriga diversos garimpos e minas históricas de ouro, com destaque para a Mina do Pari, localizada nos arredores do distrito de Florália (Santa Bárbara/MG). Além desta, encontram-se sete garimpos inativos e ocorrências auríferas menores, com características semelhantes, denominadas Pari Norte, Patrimônio, Gambá, Fazenda Camas ou Adiles, Morro Alto, Bahú e Cururu. Schorscher *et al.* (1997a) apontam também a presença de ouro aluvionar ao longo do Rio Valéria e de seus afluentes, principalmente aqueles que drenam as áreas de ocorrência do Supergrupo Rio das Velhas.

A classificação genética do depósito do Pari é controversa. Foi interpretada como uma mineralização aurífera singenética de origem vulcano-exalativa (Abreu, 1995; 2005) e, alternativamente, como de ouro orogênico (Lobato *et al.*, 2001a). A mineralização aurífera é hospedada por formações ferríferas bandadas (FFB) e anfibolitos da base do Grupo Nova Lima (Schorscher, 1992; Abreu, 1995; 2005; Abreu; Schorscher, 2001), com exceção da ocorrência de Cururu, associada a aluviões. Independentemente do modelo metalogenético adotado, todas essas ocorrências pertencem ao mesmo contexto litoestratigráfico e estrutural (Abreu, 2005).

A exploração da Mina do Pari e das ocorrências próximas ocorreu entre 1882 e 1937 (Vial *et al.*, 2007), com recursos estimados em cerca de 44 toneladas de ouro (Abreu, 1995; Padilha; Vieira; Heineck, 2000). A lavra subterrânea foi iniciada pela *Santa Bárbara Gold Mining Company Ltd.*, posteriormente arrendada pela *Saint John Del Rey Mining Co.*, que operou a mina entre 1889 e 1937. Pesquisas subsequentes foram realizadas pela *AngloGold Ashanti*, mas a mina encontra-se inativa e com acesso interditado (Figura 5.1A–B).

Tabela 5.1 - Dados de recursos minerais das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo, no âmbito do Projeto Quadrilátero Ferrífero.

FOLHA	PONTOS DE RECURSOS MINERAIS CADASTRADOS	SUBSTÂNCIAS
Florália	29	Ouro, gnaiss, areia, cascalho, esteatito, quartzo, ametista.
São Gonçalo do Rio Abaixo	2	Ferro, gnaiss.

Fonte: Elaborado pelos autores.

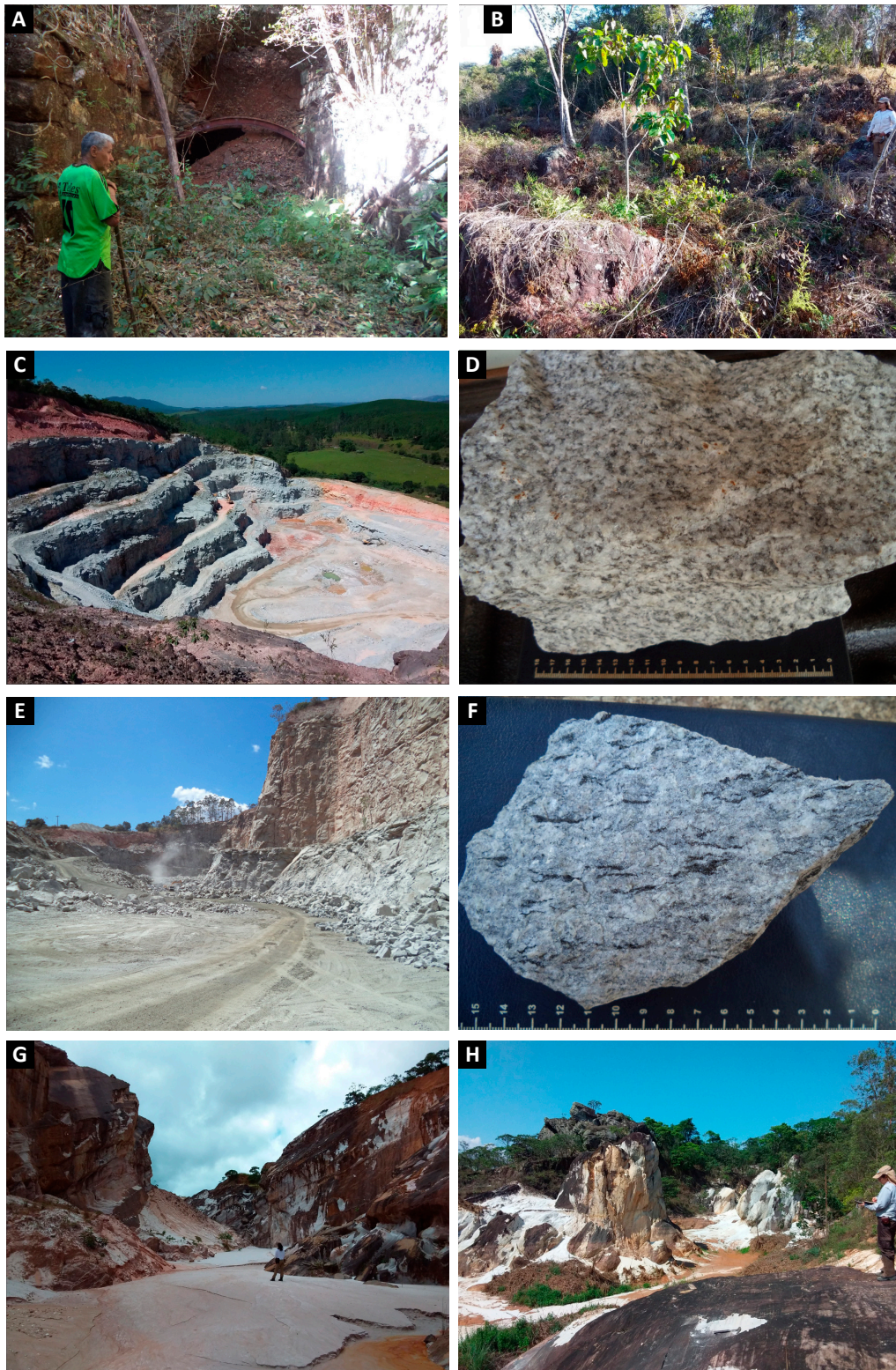


Figura 5.1 - Recursos Minerais das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo: A) Antiga entrada da mina de ouro do Pari, atualmente inativa (afloramento MS-008); B) Possível área abandonada de garimpo de ouro, localizada nas proximidades da ocorrência histórica denominada “Fazenda Camas” (afloramento RC-236); C) Pedreira Santa Bárbara, pertencente à Pedreira Um Valemix, localizada na Fazenda Monte Alverne em Santa Bárbara/MG (afloramento MS-120); e D) Amostra de mão de gnaiss do Complexo Santa Bárbara, extraídas para uso na construção civil; E) Pedreira São Gonçalo, operada pela Belmont Agregados, localizada no município de São Gonçalo do Rio Abaixo; F) Amostra de mão de metagranitoide do Corpo Peti; G) e H) Lavras intermitentes de areia nos arredores do distrito de Florália, associadas à Formação Furquim (MS-001 e RC-291, respectivamente).

Fonte: Fotos do arquivo do projeto.

Segundo Abreu (1995, 2005), a sequência estratigráfica da mina do Pari é composta, na base, pelo Grupo Quebra Osso, sobreposto pelas rochas do Grupo Nova Lima. Este último é subdividido em quatro unidades informais, da base para o topo: metagrauvacas (A), derrames basálticos com raras intercalações de FFB e xistos grafitosos (B); rochas metavulcânicas básicas (C); e derrames básicos pouco espessos, com intercalação de FFB e carbonatos (D). A mineralização é do tipo *stratabound* e está localizada no topo da unidade B. O ouro ocorre tanto na forma livre quanto incluso em sulfetos (Abreu, 1995). Dentre os horizontes mineralizados, destaca-se o “Horizonte Pari Superior”, com espessura de 0.5 a 2.5 metros e extensão lateral entre 150 e 200 metros. Os minerais-minério incluem *electrum*, ouro nativo, arsenopirita e pirrotita, associados a pequenas quantidades de esfalerita, pirita, calcopirita, magnetita, granada e pentlandita (Abreu, 1995; 2005; Vial *et al.*, 2007). A estrutura do depósito é caracterizada como um homoclinal com direção N-S e mergulho para leste, limitado por falhas de empurrão, sendo que o *plunge* da mineralização apresenta atitude média de 100/48 (Vial *et al.*, 2007).

Na região, o metamorfismo varia de fácies xisto-verde superior a anfíbolito, e as rochas registram dois eventos tectonotermiais principais (Abreu; Schorscher, 2001).

5.2. GRANITO E GNAISSE

As folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo apresentam bom potencial geológico para a extração de blocos de rocha e brita, destinados à produção de insumos para construção civil. Esse potencial está associado aos plútons de rochas ígneas, principalmente os corpos Peti, Caruru e Costa Lacerda. Foram cadastradas duas pedreiras ativas de grande porte, que exploram para a produção de pedra britada e blocos.

Na Folha Florália, destaca-se a Pedreira Santa Bárbara, operada pela Pedreira Um Valemix, situada na localidade Fazenda Monte Alverne, no município de Santa Bárbara/MG. A mina possui uma cava a céu aberto (Figura 5.1C) e explora metagranitoides do Corpo Costa Lacerda. Essas rochas têm composição tonalítica e se apresentam relativamente homogêneas e preservadas de deformação (Figura 5.1D).

No município de São Gonçalo do Rio Abaixo, localizado na folha homônima, localiza-se a Pedreira São Gonçalo, próxima à BR-381. Essa é explotada pela Belmont Agregados, do Grupo Belmont, também em uma cava a céu aberto (Figura 5.1E). A lavra ocorre em rochas do Corpo Peti, caracterizadas como metasienogranitos deformados e milonitizados (Figura 5.1F).

Dentre os produtos gerados nas pedreiras por processos de britagem destacam-se: brita, blocos e pedras

brutas, pó de pedra, e pedrisco. A brita é o principal produto, sendo classificada de acordo com a granulometria, com especificações e usos diferentes. Comumente, utilizam-se classificações comerciais que não seguem estritamente critérios da norma técnica NBR 7525 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993). Outros produtos graúdos também são comuns, como pedras para calçamento (paralelepípedos ou blocos poliédricos), pedras de mão e matacões.

5.3. AREIA

Os principais ambientes geológicos naturais responsáveis pela formação de depósitos de areia no Brasil incluem: leitos de rios, planícies costeiras, planícies e terraços aluvionares, formações sedimentares arenosas antigas e mantos de alteração de rochas quartzosas (Bueno, 2010). As folhas mapeadas apresentam ambientes propícios à extração de areia, destacando-se os mantos de alteração de rochas quartzosas e as planícies e terraços aluvionares. Contudo, foram observadas apenas extrações, ativas e inativas, associadas a mantos de alteração de rochas quartzosas (Figura 5.1G-H).

Foram cadastrados 13 registros de extração de areia em mantos de alteração de quartzitos da Formação Furquim (Grupo Itacolomi), dos quais 10 correspondem a minas, sendo uma em atividade, operada pela Saint Gobain do Brasil (Weber Saint-Gobain - Unidade São Gonçalo do Rio Abaixo), localizada no distrito de Borges, e três a ocorrências. A maioria dessas extrações encontram-se inativas ou tem caráter intermitente, a depender da demanda de mercado.

5.4. FERRO

Na região, existe apenas uma mina ativa de extração de minério de ferro, localizada na porção sudoeste da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo. Trata-se da Mina de Brucutu, operada atualmente pela empresa Vale S.A. Essa mina situa-se no extremo noroeste da Serra do Gandarela, no município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG (Figura 5.2A).

Segundo dados históricos da empresa Vale S.A. (Vale S.A., 2017), a exploração da Mina de Brucutu teve início na década de 1970, sob responsabilidade de um consórcio entre a Mineração Santa Mônica e a Mineração Caemi. Em 1985, a mina foi arrendada pela empresa Socoimex, que manteve as atividades no local até 1994. A partir de 1995, a Vale S.A. obteve a detenção da operação em Brucutu. Em 2023, essa mina apresentava profundidade de 260 metros, situada entre as cotas 790 e 1.050 metros (Boulhosa; Hartwig; Fernandes, 2023). Segundo dados do Relatório Anual da Vale de 2023, a Mina de Brucutu, juntamente com outras minas da

região central do estado de Minas Gerais que compõem o “Sistema Sudeste”, totalizavam uma reserva mineral de 2,5 Bt (Vale S.A., 2023).

Na Mina de Brucutu, são lavrados itabiritos e corpos hematíticos com altos teores de ferro, nas formas compacta, semifriável e friável (Figura 5.2B), hospedados na Formação Cauê, pertencente ao Supergrupo Minas (Renger *et al.*, 1995). No entorno da mina, a cobertura laterítica de canga recobre os afloramentos de itabirito, podendo atingir até 2 metros de espessura.

Já a Folha Florália não possui minas ativas destinadas à extração de minério de ferro. Entretanto, durante este estudo, foram identificadas lentes de FFB, pertencentes ao Grupo Nova Lima Indiviso, que têm sido alvo de pesquisas voltadas à prospecção de ferro (SIGMINE, [202-]), incluindo áreas no entorno da Cascalheira Florália e Cascalheira do Geraldo (ver item 5.5).

Além das FFBs do Supergrupo Rio das Velhas, os itabiritos do Supergrupo Minas também apresentam relevante interesse econômico. Diversos polígonos registrados na ANM (SIGMINE, [202-]) possuem autorizações de pesquisa para minério de ferro em áreas de exposição dessa unidade, localizadas no vértice sudeste da quadrícula. Durante o mapeamento desta folha, Schorscher *et al.* (1997a) já haviam indicado a ocorrência de pequenos corpos de minério hematítico nessa região. Adicionalmente, a leste da localidade de Mutuca e no município de Rio Piracicaba, encontra-se a Mina de Água Limpa, da Vale S.A, inserida no prolongamento noroeste dessas unidades, já fora dos limites da folha. Embora essa mina esteja atualmente paralisada, sua existência reforça o potencial econômico dessa unidade.

5.5. CASCALHO

A extração de cascalho foi observada em pelo menos duas lavras na Folha Florália, sendo a mais importante a Cascalheira Florália, localizada cerca de 3 km ao norte do distrito de Florália (Figura 5.2C). Atualmente, a área possui autorização de pesquisa para minério de ferro (SIGMINE, [202-]). A exploração do cascalho ocorre em material saprolítico,

produto do intenso intemperismo de camadas de FFB intercaladas com xisto e anfibolito, pertencentes ao Grupo Nova Lima Indiviso. O material é amplamente utilizado na região para o cascalhamento de estradas.

Na região da Fazenda do Engenho, cerca de 4 km a oeste da localidade do Refórgio, tem-se registros de extração inativa ou intermitente de cascalho na Cascalheira do Geraldo. O cascalho é obtido a partir de formações ferríferas do Grupo Nova Lima Indiviso, possivelmente mineradas para ouro durante o período colonial (Figura 5.2D). De acordo com os dados da ANM (SIGMINE, [202-]), verifica-se que a área se encontra em fase de pesquisa para minério de ferro.

5.6. ESTEATITO

Na região sudeste da Folha Florália, foi registrada uma pequena lavra de esteatito, situada a cerca de 1 km ao sul da localidade de Mutuca. A lavra ocorre em um corpo de rocha ultramáfica, inserido na litofácies ultrabásica da Unidade Alto Rio Guanhões (Figura 5.2E). Tradicionalmente, essas rochas, também conhecidas como “pedra-sabão” (Figura 5.2F), são utilizadas na confecção de painéis e outras peças artesanais, além de apresentarem aplicações industriais. Atualmente, a lavra se encontra inativa e não existem registros de polígonos de autorização de pesquisa ou lavra junto à ANM (SIGMINE, [202-]).

5.7. QUARTZO

Uma lavra paralisada de quartzo foi identificada nos arredores da Fazenda do Engenho, cerca de 3 km a oeste da localidade do Refórgio, na porção nordeste da Folha Florália (Figura 5.2G). Os veios de quartzo, leitosos e cristalinos (Figura 5.2H), apresentam orientação NE-SW (atitude média 105/40) e estão encaixados nas rochas do Grupo Nova Lima Indiviso. No entorno da cava, são observadas exposições dos veios ao longo da encosta e topo do morro adjacentes. Atualmente, a área encontra-se em fase de autorização de pesquisa para quartzo de uso industrial (SIGMINE, [202-]).



Figura 5.2 - Recursos Minerais das folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo A) Extração de minério de ferro na Mina de Brucutu, em cava a céu aberto; B) Amostra de mão de itabirito da Mina de Brucutu. C) Cascalheira Florália, destinada à extração de cascalho (afloramento MS-114); D) Amostra de mão de formação ferrífera bandada da Cascalheira do Geraldo (afloramento RC-037); E) Lavra abandonada de esteatito (afloramento RC-145), destinada à extração de “pedra-sabão”; F) Amostra de mão de esteatito, comumente utilizado na confecção de painéis e outras peças artesanais; G) Lavra paralizada de quartzo (afloramento RC-039), com extração voltada para uso industrial e/ou ornamental; H) Bloco de quartzo cristalino a leitoso, presente na entrada da lavra. Fonte: Fotos do arquivo do próprio projeto e Imagens A e B cedidas pela Vale S.A.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES GERAIS

O mapeamento geológico das folhas Florália (SE.23-Z-D-IV-3-SE) e São Gonçalo do Rio Abaixo (SE.23-Z-D-IV-3-NE), na escala 1:25.000, realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) entre 2020 e 2024, representou um avanço significativo no conhecimento geológico da região. Os principais destaques do projeto incluem:

- **Avanço no conhecimento geológico:** o projeto promoveu uma análise detalhada da geologia de duas quadrículas na escala 1:25.000, com a descrição de 578 estações de campo na Folha Florália e 402 na Folha São Gonçalo do Rio Abaixo. Foram integradas interpretações de dados geofísicos, análises geoquímicas e geocronológicas, descrições petrográficas e o cadastro de ocorrências minerais. Esses dados fundamentaram avanços no entendimento geológico e estrutural da região, resultando em descrições detalhadas e redefinições de unidades e contatos geológicos, novos posicionamentos geocronológicos, correlações estratigráficas regionais e caracterização da arquitetura estrutural regional;
- **Folhas geológicas e Nota Explicativa:** foram produzidas e disponibilizadas duas cartas geológicas na escala 1:25.000, nos formatos PDF e vetorial (SIG), além de uma Nota Explicativa unificada intitulada “Geologia e Recursos Minerais das Folhas Florália (SE.23-Z-D-IV-3-SE) e São Gonçalo do Rio Abaixo - Escala 1:25.000 - Estado de Minas Gerais”;
- **Banco de dados:** foi disponibilizado um banco de dados georreferenciado com descrições e imagens de 980 estações de campo;
- **Mapeamento de recursos minerais:** foram identificados 29 pontos de recursos minerais na Folha Florália e 2 pontos na Folha São Gonçalo do Rio Abaixo. A análise revelou a diversidade de substâncias de interesse, como ouro, ferro, granito e gnaiss, areia, quartzo, esteatito e cascalho, relacionando cada recurso às unidades geológicas mapeadas;

Em suma, as informações geradas são valiosas não apenas para o setor mineral e o meio acadêmico, mas também para o planejamento ambiental e o desenvolvimento sustentável da região. Os resultados constituem uma base sólida para futuras pesquisas geológicas e atividades minerárias.

6.2. UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

O registro estratigráfico das folhas mapeadas abrange: rochas arqueanas do embasamento TTG nos complexos Santa Bárbara e Basal de Guanhães, sequências metavulcanosedimentares arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas, rochas metassedimentares arqueano-paleoproterozoicas do Supergrupo Minas, rochas metassedimentares paleoproterozoicas da Formação Furquim (Grupo Itacolomi), granitos anorogênicos paleoproterozoicos da Suíte Borrachudos, rochas máficas e ultramáficas paleoproterozoicas da Unidade Alto Rio Guanhães, rochas metassedimentares paleoproterozoicas da Formação Serra Negra de Guanhães (Grupo Guanhães), rochas paleoproterozoicas da Formação Cambotas (Supergrupo Espinhaço), diques de gabbro de idade incerta; e coberturas cenozoicas.

O embasamento TTG é composto por gnaisses leucocráticos, predominantemente granodioritos e tonalitos, migmatizados ou não, com intercalações de rochas metabásicas-ultrabásicas e pegmatitos concordantes com o bandamento gnáissico. No **Complexo Santa Bárbara** (A34sb), esses gnaisses são cortados pelo Corpo **Costa Lacerda** (A4ycl), um metagranitóide tonalítico com idade de cristalização U-Pb em zircão de 2.636 ± 11 Ma (LA-ICP-MS). A presença desse corpo evidencia a prevalência de eventos magmáticos no Arqueano na região. A mesma amostra apresentou uma idade de intercepto inferior de 552 ± 24 Ma, indicando o registro do metamorfismo durante o evento orogenético Brasileiro, relacionado à formação do Gondwana Ocidental.

O **Complexo Basal de Guanhães** (A34cbs) é intrudido por corpos granitoides da Unidade Basal de Guanhães–Metagranitoides (A3y1cbg) e, especialmente na porção sudeste da Folha Florália, encontra-se tectonicamente imbricado com as rochas da Unidade Alto Rio Guanhães. Três amostras representativas desse complexo forneceram idades de cristalização U-Pb LA-ICP-MS de 2.950 ± 27 Ma (metagranitóide leucocrático), 2.889 ± 23 Ma (meta-sienogranito) e 2.742 ± 16 Ma (gnaisse TTG milonítico). Esses dados indicam que o complexo registra geração de crosta entre aproximadamente 2,95 Ga e 2,74 Ga. Adicionalmente, revelam metamorfismo neoproterozoico a cambriano, com idades variando entre 550 e 470 Ma.

O **Supergrupo Rio das Velhas** compreende associações metavulcanosedimentares do tipo *greenstone belt*,

de idade arqueana. Na área de estudo, esse supergrupo inclui rochas dos grupos Quebra Osso (A34rq) e Nova Lima (A4rnl, Indiviso; e A4rncc, Formação Córrego do Sítio). Essas unidades são compostas por xistos ultramáficos e máficos, anfíbolitos, formações ferríferas bandadas e rochas metassedimentares.

O **Supergrupo Minas** é representado pelos grupos Caraça (formações Moeda e Batatal), Itabira (Formação Cauê) e Piracicaba (Formação Cercadinho e Indiviso). Na área estudada, essas unidades afloram em duas regiões distintas: no sudoeste da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo e na porção sudeste na Folha Florália. A **Formação Moeda** (A4PP1mcm) é composta por quartzitos (metarenitos) e metaconglomerados, com camadas subordinadas de filito sericítico. A **Formação Batatal** (A4PP1mcb) contém filitos e xistos sericíticos/grafitosos, com granada e/ou estauroilita. A **Formação Cauê** (A4PP1mic), importante hospedeira de minério de ferro, abrange itabiritos e camadas subordinadas de dolomitos, filitos, margas e horizontes manganésíferos. O **Grupo Piracicaba** (PP12mp), incluindo a **Formação Cercadinho** (PP1mpc), é composto por quartzitos, quartzitos micáceos, metaconglomerados, metapelitos, filitos e quartzo-mica xistos.

A **Formação Furquim** (PP23itf) é composta por metarenitos/quartzitos e quartzitos conglomeráticos, comumente ferruginosos. Na área de estudo, essa formação apresenta idade máxima de deposição de 2.074 ± 10 Ma (U-Pb LA-ICP-MS), confirmando seu posicionamento estratigráfico no Grupo Itacolomi. As demais fontes indicam idades dispersas do Riachão até o Mesozoico.

A **Suíte Borrachudos** abrange diferentes corpos de granitos anorogênicos, relacionados à abertura do rifte Espinhaço durante o Estateriano. Na área de estudo, essa suíte é representada pelos corpos Peti (PP4ype) e Caruru (PP4ycr), cujos litotipos incluem ortogneisses, *augen* gnaisses graníticos e metamonzogranitos com biotita e muscovita.

A **Unidade Alto Rio Guanhães** é constituída por rochas metavulcanosedimentares que ocorrem em faixas descontínuas, em contato tectônico com os gnaisses do Complexo Guanhães. Essa unidade é subdividida nas litofácies Vulcânica (PP4argv) e Ultrabásica (PP4argu), compostas majoritariamente por anfíbolitos/xistos máficos e xistos ultramáficos, respectivamente.

A **Formação Serra Negra de Guanhães** (PP24gsn) consiste em uma sequência de rochas supracrustais em contato tectônico com as rochas gnáissicas do Complexo Basal de Guanhães. Aflora na porção norte da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo, englobando metagrauvacas e sericita-quartzo xistos, com idade máxima de deposição de 1.699 ± 7 Ma (U-Pb LA-ICP-MS).

A **Formação Cambotas** (PP4ec), associada ao Supergrupo Espinhaço, aflora na região sudoeste da Folha São Gonçalo do Rio Abaixo e no topo da Serra do Gandel. Abrange quartzitos sericíticos, de granulação fina a média, bem a moderadamente selecionados.

A unidade **Diabásios e Gabros do Quadrilátero Ferrífero** (APP4δdg) inclui diques de gabro e diabásio, de idades indeterminadas, intrusivos nos complexos Santa Bárbara e Basal de Guanhães.

As **coberturas cenozóicas** incluem depósitos aluvionares (Q2a), encontrados ao longo dos rios Santa Bárbara, Maquiné e Piracicaba, e crosta laterítica (NQcl), sobrepostas às formações ferríferas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas.

6.3. GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA

O mapeamento geológico realizado nas folhas Florália e São Gonçalo do Rio Abaixo revelou a complexidade estrutural da região, localizada no limite entre o Cráton São Francisco e suas faixas móveis. A caracterização das principais estruturas geológicas possibilitou uma análise aprofundada da deformação regional e dos processos tectônicos atuantes. O bandamento gnáissico, a xistosidade, a foliação milonítica e a clivagem de crenulação destacam-se como estruturas associadas a eventos de compressão e transpressão que dominaram a evolução tectônica da região.

A subdivisão da área de estudo em cinco domínios estruturais – Martins (D1), São Gonçalo do Rio Abaixo (D2), Brucutu (D3), Florália (D4) e Mutuca (D5) – permitiu a identificação de diferentes padrões estruturais que definem a arquitetura regional, evidenciando um contexto geológico multifacetado.

O acervo estrutural da região compreende diversas estruturas geológicas, refletindo eventos ocorridos ao longo de quatro fases distintas, denominadas F1, F2, F3 e F4, ordenadas da mais antiga à mais recente. Esses eventos são caracterizados, predominantemente, por um regime tectônico compressional dúctil, exceção da fase F4, que apresenta comportamento dúctil-rúptil, responsável pela geração de estruturas tanto locais quanto regionais.

A integração entre os dados geológicos, estruturais e geocronológicos contribuiu significativamente para o entendimento da evolução tectônica da região. Esses resultados fornecem um panorama abrangente da dinâmica das unidades tectônicas, oferecendo subsídios valiosos para futuras investigações geológicas e para a prospecção de recursos minerais.

6.4. RECURSOS MINERAIS

A análise dos recursos minerais nas folhas estudadas mostrou um relevante potencial mineral, tanto pela

diversidade quanto pela importância econômica, com destaque para minerais metálicos, industriais e agregados para construção civil.

- **Ouro:** A região de Florália destaca-se historicamente pela exploração aurífera, sendo a Mina do Pari um dos principais marcos dessa atividade. Embora atualmente inativa, a presença de antigos garimpos e as ocorrências auríferas reforça o potencial ainda não completamente explorado da área. A mineralização está associada a unidades litoestratigráficas do Grupo Nova Lima, que continuam sendo objeto de pesquisas.
- **Gnaiss e Granito:** A extração dessas rochas tem como principal finalidade a produção de brita e outros materiais destinados à construção civil. Destacam-se pedreiras de grande porte em operação, especialmente nos corpos Peti e Costa Lacerda, que fornecem metagranitoides de alta qualidade.
- **Areia:** Extraída a partir do manto de alteração de quartzitos da Formação Furquim, a areia representa um recurso importante, apesar da predominância de lavras inativas ou intermitentes. O material segue com demanda significativa para o setor da construção civil.
- **Ferro:** A atividade extrativa de minério de ferro está atualmente concentrada na Mina de Brucutu, localizada na Folha São Gonçalo do Rio Abaixo e operada pela Vale S.A. Com uma das maiores reservas do estado de Minas Gerais, essa mina evidencia a relevância da região. Adicionalmente, a área de Florália apresenta potencial para prospecção de ferro, com formações ferríferas bandadas e itabiritos pertencentes aos grupos Nova Lima e Itabira.
- **Esteatito:** Apesar de sua lavra ser de pequena escala e inativa, o esteatito possui aplicações tanto industriais quanto artesanais. Sua ocorrência está associada a um corpo de rocha ultramáfica inserido na litofácies ultrabásica da Unidade Alto Rio Guanhães.

- **Quartzo:** Com aplicação industrial e ornamental, o quartzo é encontrado em veios métricos de quartzo leitoso e cristalino, cuja lavra se encontra paralisada e em fase de pesquisa.

- **Cascalho:** A extração de cascalho foi identificada em materiais saprolíticos derivados do Grupo Nova Lima Indiviso, sendo amplamente utilizado no cascalhamento de estradas.

A continuidade das pesquisas e a modernização de técnicas de exploração são essenciais para o aproveitamento sustentável desses recursos, contribuindo para o fortalecimento da competitividade mineral da região.

6.5. RECOMENDAÇÕES

Durante o desenvolvimento do projeto, foram identificados temas relevantes que devem ser aprofundados em trabalhos futuros, tanto pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) quanto por empresas privadas ou órgãos públicos em todas as esferas (federal, estadual e municipal). Destacam-se:

- Realização de estudos geocronológicos voltados ao aprimoramento do entendimento geológico do Grupo Nova Lima Indiviso, especialmente na região central da Folha Florália;
- Continuidade das pesquisas minerais, com foco nas ocorrências e indícios de ouro na região do distrito de Florália, bem como nas formações ferríferas bandadas do Grupo Nova Lima Indiviso, nas regiões de Florália e Mutuca (SE da Folha Florália);
- Reativação e modernização das técnicas de lavra dos depósitos de areia residual;
- Realização de estudos tecnológicos e mercadológicos sobre os maciços rochosos da região – corpos Peti, Caruru e Costa Lacerda – com o objetivo de avaliar seu potencial para uso como rochas ornamentais.

REFERÊNCIAS

- ABREU, G. C. **Geologia e metalogênese do ouro da Mina do Pari, NE do Quadrilátero Ferrífero-MG**. 1995. 162 f. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000745010>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- ABREU, G. C. **Evolução petrogenética e metalogenética da mina de ouro do Pari e arredores, NE do Quadrilátero Ferrífero - MG**. 2005. 228 f. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. DOI: 10.11606/T.44.2005.tde-30092014-083634.
- ABREU, G. C.; SCHORSCHER, J. H. D. Metalogênese do Au da Mina do Pari, NE do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 7., 2001, Rio de Janeiro, RJ. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: SBG, 2001. p. 105. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/d645c049-c05c-4844-b241-e7cc09246003/1223199.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- ALBERT, C.; FARINA, F.; LANA, C.; STEVENS, G.; STOREY, C.; GERDES, A.; DOPICO, C. M. Archean crustal evolution in the Southern São Francisco craton, Brazil: constraints from U-Pb, Lu-Hf and O isotope analyses. **Lithos**, Amsterdam, v. 266-267, p. 64-86, 2016. DOI: 10.1016/j.lithos.2016.09.029.
- ALKMIM, F. F. Modelo deposicional para a sequência de metassedimentos da Serra de Ouro Branco, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA. Núcleo de Minas Gerais. **Anais do Simpósio sobre Sistemas Depositionais no Pré-Cambriano**: [Ouro Preto], 17 a 21 de março de 1987. Belo Horizonte: SBG, 1987. p. 47-68. (Núcleo Minas Gerais. Boletim; 6). Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2018/08/Boletim-6.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- ALKMIM, F. F.; JORDT-EVANGELISTA, H.; MARSHAK, S.; BRUECKNER, H. Manifestações do evento Transamazônico no Quadrilátero Ferrífero, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1994, Camboriú, SC. **Boletim de resumos expandidos [...]**. São Paulo: SBG; Rio de Janeiro: DNPM; CPRM, 1994. v. 1, p. 75-76. Disponível em: https://acervo.sgb.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/docreader.aspx?bib=Anais&PagFis=39986. Acesso em: 9 abr. 2025.
- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 29-58, 1998. DOI: 10.1016/S0301-9268(98)00032-1.
- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S.; PEDROSA-SOARES, A. C.; PERES, G. G.; CRUZ, S. C. P.; WHITTINGTON, A. Kinematic evolution of the Aracuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 149, n. 1-2, p. 43-64, 2006. DOI: 10.1016/j.precamres.2006.06.007.
- ALKMIM, F. F.; MARTINS-NETO, M. A. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco Craton, eastern Brazil. **Marine and Petroleum Geology**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 127-139, 2012. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2011.08.011.
- ALKMIM, F. F.; KUCHENBECKER, M.; REIS, H. L. S.; PEDROSA-SOARES, A. C. The Araçuaí Belt. In: HEILBRON, M.; CORDANI, U. G.; ALKMIM, F. F. (ed.). **São Francisco Craton, eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent**. Cham: Springer, 2017. p. 255-276. DOI: 10.1007/978-3-319-01715-0_14.
- ALKMIM, F. F.; TEIXEIRA, W. The Paleoproterozoic Mineiro Belt and the Quadrilátero Ferrífero. In: HEILBRON, M.; CORDANI, U. G.; ALKMIM, F. F. (ed.). **São Francisco Craton, eastern Brazil: tectonic genealogy of a miniature continent**. Cham: Springer, 2017. p. 71-94. DOI: 10.1007/978-3-319-01715-0_5.
- ALMEIDA, F. F. M. O cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/34fe0388-5116-4232-a2fc-c742df5244fb/2962915.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981. DOI: 10.1016/0012-8252(81)90003-9.
- AMORIM, L. Q.; ALKMIM, F. F. New ore types from the Cauê Banded Iron-Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil: responses to the growing demand. In: IRON ORE CONFERENCE, 11., 13 jul. 2011, Perth, WA, Australia. **Proceedings [...]**. Perth: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011. p. 59-71. Disponível em: <https://www.ausimm.com/publications/conference-proceedings/iron-ore-2011/new-ore-types-from-the-cau-banded-iron-formation-quadriltero-ferrifero-minas-gerais-brazil---responses-to-the-growing-demand/>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- ARAÚJO, J. C. S.; LOBATO, L. M. Depositional model for banded iron formation host to gold in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Brazil, based on geochemistry and LA-ICP-MS magnetite analyses. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 94, 102205, 2019. DOI: 10.1016/j.jsames.2019.05.021.

- ARAÚJO, J. C. S.; FERREIRA, R. C. R.; FREITAS, F. M.; MAGALHÃES, J. R. The Archean Rio das Velhas Greenstone Belt revisited: new insights into the stratigraphy. **Journal of the Geological Survey of Brazil**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 113-149, 2020. DOI: 10.29396/jgsb.2020.v3.n3.1.
- ASSIS, L. C.; MARINI, O. J. Contribuição à controvérsia da correlação Espinhaço-Minas. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2., 1983, Belo Horizonte, MG. **Anais** [...]. Belo Horizonte: SGB, 1983. p. 361-375. (Núcleo Minas Gerais. Boletim; 3). Disponível em: https://acervo.sgb.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/docreader.aspx?bib=Anais&PagFis=51682. Acesso em: 8 abr. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7225**: materiais de pedra e agregados naturais. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1993.
- BABINSKI, M.; CHEMALE JR., F.; VAN SCHMUS, W. R. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 72, n. 3-4, p. 235-245, 1995. DOI: 10.1016/0301-9268(94)00091-5.
- BALTAZAR, O. F.; RAPOSO, F. O. (org.). **Mariana**: folha SF.23-X-B-I: estado de Minas Gerais. Brasília: DNPM; CPRM, 1993. 196 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/8634>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- BALTAZAR, O. F.; SILVA, S. L. **Projeto Rio das Velhas**: mapa geológico integrado, escala 1:100.000, texto explicativo. Belo Horizonte: CPRM, 1996. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/8639>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- 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**, Amsterdam, v. 32, n. 3-4, p. 471-499, 2007. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2005.03.021.
- BARBOSA, A. L. M. **Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero**. Ouro Preto: Editora da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, 1968. 63 p. Conferência proferida na SGB, Núcleo de Minas Gerais, em Belo Horizonte.
- BARROTE, V. R. **A sequência portadora de formações ferríferas de Guanhães, Minas Gerais, Brasil**. 2016. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/IGCC-AB6PFH>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- BASTO, C. F. **Carta geológica**: folha SF.23-X-A-III-4-SE, Ouro Preto. Belo Horizonte: SGB/CPRM, 2023. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/24487>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- BHATIA, M. R.; CROOK, K. A. W. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, Berlin, v. 92, p. 181-183, 1986. DOI: 10.1007/BF00375292.
- BORGES, N. R. A.; VIVEIROS, J. F. M.; GUIMARÃES, I. G. Contribuição à geologia da região de Guanhães. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 1., 18-22 jul. 1979, Diamantina, MG. **Atas** [...]. Belo Horizonte: SGB, 1979. p. 101-123. (Núcleo Minas Gerais. Boletim; 1). Disponível em: <https://www.sbggeo.org.br/assets/arquivos/simposiodosudeste/1979.zip>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- BOULHOSA, G. S.; HARTWIG, M. E.; FERNANDES, A. B. Técnica A-DInSAR aplicada aos deslocamentos superficiais do setor GW da Mina de Brucutu – Quadrilátero Ferrífero. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 99-119, 2023. DOI: 10.11606/issn.2316-9095.v23-206428.
- BUENO, R. I. S. **Aproveitamento da areia gerada em obra de desassoreamento - caso: rio Paraíbuna / SP**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.3.2010.tde-18112010-124317>.
- CABRAL, A. R.; ZEH, A.; KOGLIN, N.; GOMES JR., A. A. S.; VIANA, D. J.; LEHMANN, B. Dating the Itabira iron formation, Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil, at 2,65 Ga: depositional U-Pb age of zircon from a metavolcanic layer. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 204-205, p. 40-45, 2012. DOI: 10.1016/j.precamres.2012.02.006.
- CABRAL, A. R.; ZEH, A.; TUPINAMBÁ, M.; PIMENTA, J. First evidence for Neoproterozoic magmatism in the Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil, and geotectonic implications. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 104, 102844, 2020. DOI: 10.1016/j.jsames.2020.102844.
- CARNEIRO, M. A. **O Complexo Metamórfico Bonfim Setentrional (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais)**: litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano. 1992. 233 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. DOI: 10.11606/T.44.1992.tde-18112015-104751.
- CARVALHO, R. P. **A sequência orosiriana-estateriana e evolução tectôno-metamórfica da borda leste do Espinhaço Meridional na região de Santa Maria de Itabira-MG**. 2013. 157 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/IGCC-9EYJ3>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- CARVALHO, R. P.; ROSIÈRE, C. A.; ROLIM, V. K.; LANA, C. C.; SANTOS, J. O. S. A sequência orosiriana-estateriana e geometria transpressiva na região de Santa Maria de Itabira, Minas Gerais. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 111-120, 2014. Disponível em: <https://revistas.usp.br/guspsc/article/view/85369>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- CASSINO, L. F. **Distribuição de idades de zircões detríticos dos supergrupos Rio das Velhas e Minas na Serra de Ouro Preto, Quadrilátero Ferrífero, MG – implicações para a evolução sedimentar e tectônica**. 2014. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

- CAVALCANTI, J. A. D.; ARAÚJO, J. C. S.; FERREIRA, R. C. R.; FREITAS, F. M.; SILVA, M. A. **Carta geológica da porção central do supergrupo Rio das Velhas**: Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte: CPRM, 2016. Escala 1:100.000. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19404>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- CHEMALE JR., F. Gênese das rochas graníticas do tipo Borrachudo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1., 1987, Porto Alegre, RS. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1987. v. 1, p. 171-186. Disponível em: https://www.sbgq.org.br/_files/ugd/33bad3_26b2f7b63f2945a0ae3495eb4514a079.pdf. Acesso em: 9 abr. 2025.
- CHEMALE JR., F.; ROSIÉRE, C. A.; ENDO, I. Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais - um modelo. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 104-127, 1991. DOI: 10.22456/1807-9806.21350.
- CUTTS, K.; LANA, C.; ALKMIM, F.; FARINA, F.; MOREIRA, H.; COELHO, V. Metamorphism and exhumation of basement gneiss domes in the Quadrilátero Ferrífero: two stage dome-and-keel evolution? **Geoscience Frontiers**, Amsterdam, v.10, n. 5, p. 1765-1787, 2019. DOI: 10.1016/j.gsf.2019.02.009.
- DAHER, A. P. C.; COSTA, M. A. F.; NOVO, T. A. A Serra das Cambotas: terminação meridional do Supergrupo Espinhaço no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p. 15-24, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/52290>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- DANDERFER, A. F.; MEIRELES, H. P. **Mapeamento geológico da região do alto Rio Guanhães (MG)**. 1987. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Centro de Geologia Eschwege, Universidade Federal de Minas Gerais, Diamantina, MG, 1987.
- DORR, J. V. N. **Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero**: Minas Gerais, Brazil. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1969. (Geological Survey Professional Paper; 641-A). Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/publication/pp641A>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- DORR, J. V. N.; BARBOSA, A. L. M. **Geology and ore deposits of the Itabira district, Minas Gerais, Brazil**. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1963. 110 p. (Geological Survey Professional Paper; 341-C). Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/publication/pp341C>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- DUQUE, T. R. F. **O Grupo Itacolomi em sua área tipo**: estratigrafia, estrutura e significado tectônico. 2018. 152 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recurso Naturais) - Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/10823>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- DUSSIN, T. M.; DUSSIN, I. A.; MACAMBIRA, M. J. B. Chronology of Mesoproterozoic Guanhães River sequence: 207Pb/206Pb single zircon evaporation data of metavolcanic rocks (Minas Gerais, Brazil). *In*: INTERNACIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. **Abstracts** [...]. Rio de Janeiro: IUGS, 2000. 1 CD-ROM.
- DUTRA, L. F.; DIAS, S. P.; LANA, C.; BATISTA, A. C.; TAVARES, T. D. Detrital zircon records of the Paleo-Mesoproterozoic rift-sag Tamanduá Group in its type-section, northern Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, v. 50, n. 1, 2020. DOI: 10.1590/2317-4889202020190069.
- ENDO, I.; GALBIATTI, H. F.; DELGADO, C. E. R.; OLIVEIRA, M. M. F.; ZAPPAROLI, A. C.; MOURA, L. G. B.; PERES, G. G.; OLIVEIRA, A. H.; ZAVAGLIA, G.; DANDERFER, F. A.; GOMES, C. J. S.; CARNEIRO, M. A.; NALINI JR, H. A.; CASTRO, P. T. A.; SUITA, M. T. F.; TAZAVA, E.; LANA, C. C.; MARTINS-NETO, M. A.; MARTINS, M. S.; FERREIRA, F. F. A.; FRANCO, A. P.; ALMEIDA, L. G.; ROSSI, D. Q.; ANGELI, G.; MADEIRA, T. J. A.; PIASSA, L. R. A.; MARIANO, D. F.; CARLOS, D. U. **Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil (2019)**: mapa dedicado ao cinquentenário de Dorr (1969). Ouro Preto: UFOP, 2019. Escala 1:150.000. Disponível em: https://dados.qfe2050.ufop.br/QFE2050/Mapas/Mapa_geologico_qfe_2019_CORR.pdf. Acesso em: 8 abr. 2025.
- ENDO, I.; MACHADO, R.; GALBIATTI, H. F.; ROSSI, D. Q.; ZAPPAROLI, A. C.; DELGADO, C. E. R.; CASTRO, P. T. A.; OLIVEIRA, M. M. F. Estratigrafia e evolução estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *In*: CASTRO, P. T. A.; ENDO, I.; GANDINI, A. L. (org.). **Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos**. 3. ed. Belo Horizonte: 3i Editora, 2020. p. 70-113. Disponível em: <https://qfe2050.ufop.br/publications/quadril%C3%A1tero-ferr%C3%ADfero-avan%C3%A7os-do-conhecimento-nos-%C3%BAltimos-50-anos>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- FARINA, F.; ALBERT, C.; LANA, C. The Neoarchean transition between medium- and high-K granitoids: clues from the southern São Francisco Craton (Brazil). **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 266, p. 375-394, 2015. DOI: 10.1016/j.precamres.2015.05.038.
- FARINA, F.; ALBERT, C.; MARTÍNEZ DOPICO, C.; AGUILAR GIL, C.; MOREIRA, H.; HIPPERTT, J. P.; CUTTS, K.; ALKMIM, F. F.; LANA, C. The Archean-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Brasil): current models and open questions. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 68, p. 4-21, 2016. Disponível em: 10.1016/j.jsames.2015.10.015. Acesso em: 8 abr. 2025.
- FERREIRA, R. C. R.; PINHEIRO, M. A. P.; MAGALHÃES, J. R.; NOVO, T. A.; SCHORSCHER, J. H. D.; QUEIROGA, G. Physical volcanology and petrogenesis of the Archean Quebra Osso komatiite flow field, Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero (Brazil). **Lithos**, Amsterdam, v. 370-371, 105626, 2020. DOI: 10.1016/j.lithos.2020.105626.
- FERREIRA, R. C. R.; PINHEIRO, M. A. P.; MAGALHÃES, J. R.; NOVO, T. A. Komatiite lavas from the Quebra Osso Group (Rio das Velhas greenstone belt, southeast Brazil): a field guide to an Archean flow field. **Estudos geológicos**, Recife, v. 32, n. 2, p. 3-20, 2022. DOI: 10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v32n2p03-20.

- FERNANDES, M. L. S.; DIAS, G.; ROMANO, A. W.; LOPES NUNES, J. E.; CORREIA NEVES, J. M. Geocronologia e petroquímica do Plutonito Peti (Suíte Borrachudos), estado de Minas Gerais, Brasil. *In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA*, 6.; SEMANA DE GEOQUÍMICA, 12., 2001, Praga. **Actas** [...]. Praga: [s. n.], 2001. p. 178-182.
- FONSECA, G. M. D. **Petrogênese de rochas metaultramáficas do Quadrilátero Ferrífero e adjacências e geocronologia de terrenos associados**. 2017. 274 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/9349>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- FONTES, C. Q.; QUEIROZ NETTO, C.; COSTA, M. R. A.; BALTAZAR, O. F.; SILVA, S. L.; VIEIRA, V. S. **Projeto Jequitinhonha**: relatório final, volume I texto. Belo Horizonte: CPRM, 1978. 543 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/7840>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- FREITAS, M. E.; CROCCO-RODRIGUES, F. A.; ROSIÈRE, C. A. A correlação do Quartzito Cambotas com a Seqüência Espinhaço apoiada por mapeamento geológico em escala 1:10.000. **Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 45, n. 1-2, p. 51-53, 1992. Trabalhos apresentados no VI Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 1992, Ouro Preto, MG. Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2017/11/VI-SGMG.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- FROST, B. R.; BARNES, C. G.; COLLINS, W. J.; ARCULUS, R. J.; ELLIS, D. J.; FROST, C. D. A geochemical classification of granitic rocks. **Journal of Petrology**, Oxford, v. 42, n. 11, p. 2033-2048, 2001. DOI: 10.1093/petrology/42.11.2033.
- GOMES, A. C. B. **Arcabouço estratigráfico e estrutural do Grupo Tamanduá na serra das Cambotas, municípios de Barão de Cocais e Caeté, MG**. 2017. 55 f. Monografia (Graduação em Geologia) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
- GROCHOWSKI, J.; KUCHENBECKER, M.; BARBUENA, D.; NOVO, T. A. 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**, Amsterdam, v. 363, 106329, 2021. DOI: 10.1016/j.precamres.2021.106329.
- GROSSI-SAD, J. H. Capítulo 21: geologia da folha Guanhães, Minas Gerais. *In: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES-FILHO, B. S. (ed.). Projeto Espinhaço em CD-ROM*: textos, mapas e anexos. Belo Horizonte: COMIG, 1997. p. 2317-2435. Disponível em: www.portaldageologia.com.br. Acesso em: 29 set. 2025.
- GROSSI-SAD, J. H.; CHIODI FILHO, C.; SANTOS, J. F.; MAGALHÃES, J. M. M.; CARELOS, P. M. Duas suítes graníticas do bordo sudeste do cráton Sanfranciscano, em Minas Gerais: petroquímica e potencial metalogenético. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36., 1990, Natal, RN. **Anais** [...]. Natal: SBG-Núcleo Nordeste, 1990. v. 4, p. 1836-1848. Disponível em: http://sbg.sitpeessoal.com/anais_digitalizados/1990-NATAL/1990-NATAL.zip. Acesso 9 abr. 2025.
- GROSSI-SAD, J. H.; MAGALHÃES, J. M. M.; CARELOS, P. M. **Geologia do distrito de Guanhães, Minas Gerais**: relatório interno. Belo Horizonte: DOCEGEO; GEOSOL, 1986. 252 p.
- HARDER, E. C.; CHAMBERLIN, R. T. The geology of central Minas Geraes, Brazil. **The Journal of Geology**, Chicago, v. 23, n. 5, p. 385-424, 1915. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/30066336.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- HARTMANN, L. A.; ENDO, I.; SUITA, M. T. F.; SANTOS, J. O. S.; FRANTZ, J. C.; CARNEIRO, M. A.; NAUGHTON, N. J.; BARLEY, M. E. Provenance and age delimitation of Quadrilátero Ferrífero sandstones based on zircon U–Pb isotopes. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 20, n. 4, p. 273-285, 2006. DOI: 10.1016/j.jsames.2005.07.015.
- HIRSON, J. R. **Contribuição para o estudo geológico do Grupo Tamanduá da Série Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil**. Lisboa: Junta de Investigações do Ultramar, 1967. 123 p. (Estudos, ensaios e documentos; 122).
- IBGE. Santa Bárbara (MG). *In: IBGE. Cidades e estados*. Brasília: IBGE, [202-]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/santa-barbara.html>. Acesso em: 16 out. 2025.
- IRVINE, T. N.; BARAGAR, W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. **Canadian Journal of Earth Sciences**, Ottawa, v. 8, n. 5, p. 523-548, 1971. DOI: <https://doi.org/10.1139/e71-055>.
- JENSEN, L. S. **A new cation plot for classifying sub-alkaline volcanic rocks**. Ontario: Division of Mines, 1976. 22 p. (Division of Mines Miscellaneous Paper; 66).
- JORDT-EVANGELISTA, H.; ALVARENGA, J. P. M.; LANA, C. Petrography and geochronology of the Furquim Quartzite, an eastern extension of the Itacolomi Group (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais). **REM: Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 68, n. 4, p. 393-399, 2015. DOI: 10.1590/0370-44672015680054.
- KNAUER, L. G.; GROSSI-SAD, J. H. Geologia da folha Serro. *In: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SOARES-FILHO, B. S. (ed.). Projeto Espinhaço em CD-ROM*: textos, mapas e anexos. Belo Horizonte: COMIG, 1997. p. 2057-2316. Disponível em: www.portaldageologia.com.br. Acesso em: 29 set. 2025.
- KOGLIN, N.; ZEH, A.; CABRAL, A. R.; GOMES JR., A. A. S.; CORRÊA NETO, A. V.; BRUNETTO, W. J.; GALBIATTI, H. Depositional age and sediment source of the auriferous Moeda Formation, Quadrilátero Ferrífero of Minas Gerais, Brazil: new constraints from U–Pb–Hf isotopes in zircon and xenotime. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 255, pt. 1, p. 96-108, 2014. DOI: 10.1016/j.precamres.2014.09.010.
- LANA, C.; ALKMIM, F. F.; ARMSTRONG, R.; SCHOLZ, R.; ROMANO, R.; NALINI JR., H. A. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, Southeast Brazil. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 231, p. 157-173, 2013. DOI: 10.1016/j.precamres.2013.03.008.

- LIMA, L. C. **Geologia do depósito LODE Au-As-Sb Laranjeiras, em metaturbitos do Grupo Nova Lima, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil**. 2012. 306 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-8YXGJH>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- LOBATO, L. M.; RIBEIRO-RODRIGUES, L. C.; ZUCCHETTI, M.; NOCE, C. M.; BALTAZAR, O. F.; SILVA, L. C.; PINTO, C. P. Brazil's premier gold province. Part I: the tectonic, magmatic, and structural setting of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. **Mineralium Deposita**, Berlin, v. 36, p. 228-248, 2001a. DOI: 10.1007/s001260100179. Acesso em: 8 abr. 2025.
- LOBATO, L. M.; RIBEIRO-RODRIGUES, L. C.; VIEIRA, F. W. R. Brazil's premier gold province. Part II: geology and genesis of gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero. **Mineralium Deposita**, Berlin, v. 36, p. 249-277, 2001b. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001260100180>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- LOBATO, L. M.; BALTAZAR, O. F.; REIS, L. B.; ACHTSCHIN, A. B.; BAARS, F. J.; TIMBÓ, M. A.; BERNI, G. V.; MENDONÇA, B. R. V.; FERREIRA, D. V. **Geologia do Quadrilátero Ferrífero: integração e correção cartográfica em SIG**. Belo Horizonte: CODEMIG, 2005.
- MACHADO, N.; CARNEIRO, M. U-Pb evidence of late Archean tectono-thermal activity in the southern São Francisco shield, Brazil. **Canadian Journal of Earth Sciences**, Ottawa, v. 29, n. 11, p. 2341-2346, 1992. DOI: 10.1139/e92-182.
- MACHADO, N.; NOCE, C. M.; LADEIRA, E. A.; BELO DE OLIVEIRA, O. U-Pb geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco Craton, Brazil. **GSA Bulletin**, McLean, VA, v. 104, n. 9, p. 1221-1227, 1992. DOI: 10.1130/0016-7606(1992)104<1221:UPGOAM>2.3.CO;2.
- MACHADO, N.; SCHRANK, A.; NOCE, C. M.; GAUTHIER, G. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. **Earth and Planetary Science Letters**, Amsterdam, v. 141, n. 1-4, p. 259-276, 1996. DOI: 10.1016/0012-821X(96)00054-4.
- MAGALHÃES, J. R.; PEDROSA-SOARES, A. C.; DUSSIN, I.; MÜNTENER, O.; PINHEIRO, M. A. P.; SILVA, L. C.; KNAUER, L. G.; BOUVIER, A.-S.; BAUMGARTNER, L. First Lu-Hf, $\delta^{18}\text{O}$ and trace elements in zircon signatures from the Statherian Espinhaço anorogenic province (eastern Brazil): geotectonic implications of a silicic large igneous province. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 735-759, 2018. DOI: 10.1590/2317-4889201820180046.
- MAGALHÃES, J. R. **Eventos magmáticos e metamórficos no bloco Guanhões, MG: caracterização petrogenética e significado geodinâmico dos registros Estateriano, Criogeniano e Ediacarano na evolução do paleocontinente São Francisco**. 2019. 162 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21232>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- MARSHAK, S.; ALKMIM, F. F. Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. **Tectonics**, Washington, D.C., v. 8, n. 3, p. 555-571, 1989. DOI: 10.1029/TC008i003p00555.
- MCDONOUGH, W. F.; SUN, S.-S. The composition of the Earth. **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 120, n. 3-4, p. 223-253, 1995. DOI: 10.1016/0009-2541(94)00140-4.
- MCLENNAN, S. M. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: LIPIN, B. R.; MCKAY, G. A. (ed.). **Geochemistry and mineralogy of rare earth elements**. Berlin: DeGruyter, 1989. p. 169-200. (Reviews in mineralogy; 21). DOI: 10.1515/9781501509032-010.
- MEDEIROS, V. C.; ROSA-COSTA, L. T. (org.). **Guia de procedimentos técnicos: volume 1 - cartografia geológica**. Brasília: CPRM, 2020. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21749>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- MENDES, M. C. O.; LOBATO, L. M.; SUCKAU, V.; LANA, C. Datação U-Pb in situ por LA-ICPMS em zircões detríticos da Formação Cercadinho, Supergrupo Minas. **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 55-68, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X201400010004>.
- MILAGRES, B. V. **Petrografia e geocronologia de litotipos presentes na Pedreira do Nono, Complexo Santa Bárbara, Quadrilátero Ferrífero, MG**. 2013. 49 f. Monografia (Graduação em Engenharia Geológica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.
- NOCE, C. M.; MACHADO, N.; TEIXEIRA, W. U/Pb geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (southern São Francisco Craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 95-102, 1998. DOI: 10.25249/0375-7536.199895102.
- NOCE, C. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; SILVA, L. C.; ALKMIM, F. F. O embasamento arqueano e paleoproterozóico do Orógeno Araçuai. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 17-23, 2007. DOI: 10.18285/geonomos.v15i1.104.
- NUNES, F. S. **Contribuição à estratigrafia e geocronologia U-Pb de zircões detríticos da Formação Moeda (Grupo Caraça, Supergrupo Minas) na Serra do Caraça, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 2016. 77 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/7134>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- O'CONNOR, J. T. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. In: GEOLOGICAL Survey research 1965: chapter B. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1965. p. 79-84. (Geological Survey Professional Paper;

525-B). Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/pp/0525b/report.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.

PADILHA, A. V.; VIEIRA, V. S.; HEINECK, C. A. **Itabira**: folha SE.23-Z-D-IV, estado de Minas Gerais. Brasília: CPRM, 2000. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/5662>. Acesso em: 8 abr. 2025.

PEDROSA-SOARES, A. C.; DARDENNE, M. A.; HASUI, Y.; CASTRO, F. D. C.; CARVALHO, M. V. A. **Nota explicativa dos mapas geológico, metalogenético e de ocorrências minerais do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: COMIG, 1994. Escala 1:1.000.000.

PEIXOTO, E.; PEDROSA-SOARES, A. C.; ALKMIM, F. F.; DUSSIN, I. A. A suture-related accretionary wedge formed in the Neoproterozoic Araçuaí orogen (SE Brazil) during Western Gondwanaland assembly. **Gondwana Research**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 878-896, 2015. DOI: 10.1016/j.gr.2013.11.010.

PERES, G. G.; ALKMIM, F. F.; JORDT-EVANGELISTA, H. The southern Araçuaí belt and the Dom Silvério Group: geologic architecture and tectonic significance. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 76, n. 4, p. 771-790, 2004. DOI: 10.1590/S0001-37652004000400011.

PINHEIRO, M. A. P.; MAGALHÃES, J. R.; GANADE, C. E. Neoarchean U-Pb zircon ages of the Santa Barbara Complex, eastern Quadrilátero Ferrífero Province: implications for the evolution of the eastern Mantiqueira Province. *In*: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 13., 2024, Búzios, RJ. **Proceedings** [...]. Campinas: Galoá, 2024. Disponível em: <https://proceedings.science/ssagi-2024/papers/neoarchean-u-pb-zircon-ages-of-the-santa-barbara-complex-eastern-quadrilatero-fe?lang=en>. Acesso em: 11 dez. 2024.

PINTO, C. P.; SILVA, M. A. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. [Belo Horizonte]: CODEMIG; CPRM, 2014. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20786>. Acesso em: 20 out. 2025.

PORTO, C. G. **A mineralização aurífera do depósito Córrego do Sítio e sua relação com o enxame de diques metamáficos no corpo Cachorro Bravo - Quadrilátero Ferrífero - MG**. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/IGCC-9B2GAK>. Acesso em: 9 abr. 2025.

RENGER, F. E.; NOCE, C. M.; ROMANO, A. W.; MACHADO, N. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma. de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 1-11, 1995. DOI: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v2i1.227>.

RODRIGUES, L. C. **Petrografia, geoquímica e geocronologia de gnaisses dos complexos Santa Bárbara e Mantiqueira na região de Mariana, Minas Gerais, Brasil**. 2023. 48 f. Monografia (Graduação em Engenharia Geológica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/5668>. Acesso em: 8 abr. 2025.

RONCATO JÚNIOR, J. G.; LOBATO, L. M.; LIMA, L. C.; PORTO, C. G.; FIGUEIREDO E SILVA, R. C. Metaturbidite-hosted gold deposits, Córrego do Sítio lineament, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 5-22, 2015. DOI: 10.1590/23174889201500010001.

ROSIÈRE, C. A.; SPIER, C. A.; RIOS, F. J.; SUCKAU, V. E. The itabirites of the Quadrilátero Ferrífero and related high-grade iron ore deposits: an overview. *In*: HAGEMANN, S.; ROSIÈRE, C. A.; GUTZMER, J.; BEUKES, N. J. (ed.). **Banded iron formation-related high-grade iron ore**. McLean, VA: Society of Economic Geologists, 2008. p. 223-254. (Reviews in Economic Geology; 15). DOI: 10.5382/Rev.15.09.

SANTA BÁRBARA (MG). Prefeitura. **Plano municipal de turismo**: Santa Bárbara, MG. [Belo Horizonte]: Turismo 360 Consultoria, 2017. Disponível em: https://transparencia.santabarbara.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Plano_Municipal_de_Turismo?cdLocal=2&arquivo=%7BDC83CB5D-E822-610A-2EC8-17174232EBC4%7D.pdf. Acesso em: 17 dez. 2024.

SANTOS, C. A. **Geologia e petrogênese dos metakomatiitos Arqueanos do Grupo Quebra Osso, Greenstone Belt Rio das Velhas, borda leste do Quadrilátero Ferrífero, MG**. 2011. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/item/002259168>. Acesso em: 9 abr. 2025.

SCHÖLL, W. U. Der südwestliche randbereich der Espinhaço-Zone, Minas Gerais, Brasilien. **International Journal of Earth Sciences=GR Geologische Rundschau**, Berlin, v. 61, n. 1, p. 201-216, 1972. DOI: 10.1007/BF01836139.

SCHORSCHER, J. H. D. **Arcabouço petrográfico e evolução crustal de terrenos Pré Cambrianos do sudeste de Minas Gerais**: Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e domínios granito-gnáissicos adjacentes. 1992. 2 v. Tese (Livre Docência em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.44.2013.tde-11092013-114139>.

SCHORSCHER, J. H. D.; ALVES, M. G.; DAVIES, H. P. K. Geologia da Quadrícula São Gonçalo do Rio Abaixo, 1:25.000, parte nordeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 9., 1997, Ouro Preto. **Anais** [...]. Belo Horizonte: SBG, 1997. p. 50-52. (Núcleo Minas Gerais. Boletim; 14). Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2018/08/Boletim-14.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.

SCHORSCHER, J. H. D.; MOTHÉ FILHO, H. F.; ABREU, G.; ALVES, M. G.; DAVIES, H. P. K.; QUEIROGA, N. C. M. Geologia da quadrícula Florália 1:25.000, borda leste do Quadrilátero Ferrífero, MG. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 9., 1997, Ouro Preto. **Anais** [...]. Belo Horizonte: SBG, 1997. p. 53-55. (Núcleo Minas Gerais. Boletim; 14). Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2018/08/Boletim-14.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.

- SCHRANK, A.; PADILHA, A. V.; SICHEL, S.; SZABO, G. A. J. Komatiitos de Minas Gerais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro, RJ. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 12, p. 5335-5377. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002170728>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- SCHRANK, A.; SOUZA FILHO, C. R.; ROIG, H. L. Novas observações sobre as rochas ultramáficas do Grupo Quebra Osso e Formação Córrego dos Boiadeiros, “Greenstone belt” Rio das Velhas (MG). **Cadernos IG**, Campinas, v. 1, p. 6-29, 1990.
- SEPULVEDA, G. O.; NOVO, T. A.; RONCATO, J. Characterization and geochronology of Archean metasedimentary sequences in the eastern portion of Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 105, 102962, 2021. DOI: 10.1016/j.jsames.2020.102962.
- SICHEL, S. E.; VALENÇA, J. G. Geologia da região de Santa Bárbara, Quadrilátero Ferrífero, MG. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2., 1983, Belo Horizonte, MG. **Anais [...]**. Belo Horizonte: SBG, 1983. p. 197-208. (Núcleo Minas Gerais. Boletim; 3). Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2017/11/boletim-3-2-SGMG.pdf>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- SIGMINE - Sistema de Informações Geográficas da Mineração. Brasília: ANM, [202-]. [Aplicação Web]. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 21 out. 2025.
- SILVA, S. L. Sinopse geológica da folha Florária. *In*: SILVA, J. N.; FÉBOLI, W. L.; SIGNORELLI, N.; CORRÊA-NETO, A. V. **Projeto Rio das Velhas**: mapeamento geológico, escala 1:25.000, sinopses geológicas. Belo Horizonte: CPRM; DNPM, 1996. p. 7-10. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/9975>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- SILVA, L. C.; ARMSTRONG, R.; NOCE, C. M.; CARNEIRO, M. A.; PIMENTEL, M. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; LEITE, C. A.; VIEIRA, V. S.; SILVA, M. A.; PAES, V. J. C.; CARDOSO FILHO, J. M. Reavaliação da evolução geológica em terrenos Pré-Cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco meridional. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 513-528, 2002. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/491>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- SILVA, L. C.; PEDROSA-SOARES, A. C.; ARMSTRONG, R.; PINTO, C. P.; MAGALHÃES, J. T. R.; PINHEIRO, M. A. P.; SANTOS, G. G. Disclosing the Paleoproterozoic to Ediacaran history of the São Francisco Craton basement: the Porteira domain (northern Araçuaí Orogen, Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 68, p. 50-67, 2016. DOI: 10.1016/j.jsames.2015.12.002.
- SILVA, M. A.; CAVALCANTI, J. A. D.; ARAÚJO, J. C. S.; FERREIRA, R. C. R.; FREITAS, F. M. **Mapa geológico e de recursos minerais [do] Quadrilátero Ferrífero - subárea central**. Belo Horizonte: CPRM, 2020a. Escala 1:75.000. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20490>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- SILVA, M. A.; PINTO, C. P.; PINHEIRO, M. A. P.; MARINHO, M. S.; LOMBELLO, J. C.; PINHO, J. M. M.; GOULART, L. E. A.; MAGALHÃES, J. R. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2020b. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21828>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- SILVEIRA-BRAGA, F. C. **A sequência portadora de formação ferrífera da Serra do Morro Escuro, Santa Maria de Itabira, Minas Gerais**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-8YREXA>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- SILVEIRA-BRAGA, F. C.; ROSIÈRE, C. A.; QUEIROGA, G. N.; ROLIM, V. K.; SANTOS, J. O. S.; MCNAUGHTON, N. J. The Statherian itabirite-bearing sequence from the Morro Escuro Ridge, Santa Maria de Itabira, Minas Gerais, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Amsterdam, v. 58, p. 33-53, 2015. DOI: 10.1016/j.jsames.2014.12.004.
- SIMMONS, G. C.; MAXWELL, C. M. **Grupo Tamanduá da série Rio das Velhas**. Rio de Janeiro: DNPM, 1961. 31 p. (Boletim [da] Divisão de Geologia e Mineralogia; 211).
- SPIER, C. A.; OLIVEIRA, S. M. B.; ROSIÈRE, C. A. Geology and geochemistry of the Águas Claras and Pico iron mines, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Mineralium Deposita**, Berlin, v. 38, n. 6, p. 751-774, 2003. DOI: 10.1007/s00126-003-0371-2.
- SPIER, C. A.; OLIVEIRA, S. M. B.; SIAL, A. N.; RIOS, F. J. Geochemistry and genesis of the banded iron formations of the Cauê Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 152, n. 3-4, p. 170-206, 2007. DOI: 10.1016/j.precamres.2006.10.003.
- SOTERO, M. P.; TOLENTINO, E. J. T.; OLIVEIRA, S. A. M.; SANT'ANA, L. P. **Insumos minerais para a construção civil na região metropolitana de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2020. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21484>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- SUN, S.-S.; MCDONOUGH, W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *In*: SAUNDERS, A. D.; NORRY, M. J. (ed.). **Magmatism in the ocean basins**. London: Blackwell, 1989. p. 313-345. (Geological Society Special Publication; 42). DOI: 10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19.
- TEIXEIRA, W.; ÁVILA, C. A.; DUSSIN, I. A.; CORRÊA NETO, A. V.; BONGIOLO, E. M.; SANTOS, J. O.; BARBOSA, N. S. A juvenile accretion episode (2.35–2.32 Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: zircon U–Pb–Hf and geochemical evidences. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 256, p. 148-169, 2015. DOI: 10.1016/j.precamres.2014.11.009.

TEIXEIRA, W.; OLIVEIRA, E. P.; MARQUES, L. S. Nature and evolution of the Archean crust of the São Francisco Craton. *In*: HEILBRON, M.; CORDANI, U. G.; ALKMIM, F. F. (ed.). **São Francisco Craton, eastern Brazil**: tectonic genealogy of a miniature continent. Cham: Springer, 2017. p. 29-56. DOI: 10.1007/978-3-319-01715-0_3.

UHLEIN, A. **Mapeamento geológico da quadrícula de Serro**. Diamantina: DNPM; CPRM; CGE, 1981. 56 p. Relatório interno.

VALE S.A. **Formulário 20-F**: relatório anual, de acordo com a seção 13 ou 15(d) da Lei de Mercado de Capitais de 1934. Para o exercício encerrado em: 31 de dezembro de 2017. Rio de Janeiro: Vale S.A., 2017. Disponível em: <https://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorio-20-f/>. Acesso em: 8 abr. 2025.

VALE S.A. **Formulário 20-F**: relatório anual, de acordo com a seção 13 ou 15(d) da Securities Exchange Act de 1934. Para o exercício encerrado em: 31 de dezembro de 2023. Rio de Janeiro: Vale S.A., 2023. Disponível em: <https://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorio-20-f/>. Acesso em: 8 abr. 2025.

[sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorio-20-f/](https://ri-vale.mz-sites.com/informacoes-para-o-mercado/relatorios-anuais/relatorio-20-f/). Acesso em: 8 abr. 2025.

VIAL, D. S.; ABREU, G. C.; SCHUBERT, G.; RIBEIRO-RODRIGUES, L. C. Smaller gold deposits in the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Ore Geology Reviews**, Amsterdam, v. 32, n. 3-4, p. 651-673, 2007. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2005.01.004.

WHALEN, J. B.; CURRIE, K. L.; CHAPPELL, B. W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 95, n. 4, p. 407-419, 1987. DOI: 10.1007/BF00402202.

ZUCCHETTI, M.; BALTAZAR, O. F.; RAPOSO, F. O. Capítulo 3 - estratigrafia. *In*: ZUCCHETTI, M.; BALTAZAR, O. F. (org.). **Projeto Rio das Velhas**: texto explicativo do mapa geológico integrado, escala 1:100.000. 2. ed., reimp. Belo Horizonte: DNPM; CPRM, 2000. p. 13-42. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22798>. Acesso em: 8 abr. 2025.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - SGB E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – SGB atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil – SGB e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO **GEOCIÊNCIAS**

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO **SERVIÇOS COMPARTILHADOS**

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO **PROGRAMAS INTERNOS**

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



ISBN 978-65-5664-681-7

NOVO **PAC**
DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE



SERVIÇO
GEOLOGICO
DO BRASIL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO DO
BRASIL
DO LADO DO POVO BRASILEIRO

SGB.GOV.BR