



Rodrigo Ferreira Florido

**GEOLOGIA DA SERRA DE SAPIATIBA, SAPIATIBA MIRIM E
ARREDORES:
mapeamento do contato entre para e ortognaisses do Domínio
Tectônico Cabo Frio (Sudeste do RJ) em escala 1:12.500**

**Trabalho Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2024



UFRJ

Rodrigo Ferreira Florido

**GEOLOGIA DA SERRA DE SAPIATIBA, SAPIATIBA MIRIM E ARREDORES:
mapeamento do contato entre para e ortognaisses do Domínio Tectônico Cabo
Frio (Sudeste do RJ) em escala 1:12.500**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientadora: Renata da Silva Schmitt

Rio de Janeiro

Julho de 2024

RODRIGO, Ferreira Florido

Geologia da Serra de Sapatiba, Sapatiba Mirim e Arredores: mapeamento do contato entre para e ortognaisses do Domínio Tectônico Cabo Frio (Sudeste do RJ) em escala 1:12.500 / Rodrigo Ferreira Florido - - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2024.

86 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2024.

Orientador: Renata da Silva Schmitt

1. Geologia. 2. Instituto de Geociências – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Renata da Silva Schmitt. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Título.

Rodrigo Ferreira Florido

GEOLOGIA DA SERRA DE SAPIATIBA, SAPIATIBA MIRIM E ARREDORES:
mapeamento do contato entre para e ortognaisses do Domínio Tectônico Cabo Frio
(Sudeste do RJ) em escala 1:12.500

Trabalho Final de Curso de Graduação em
Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ, apresentado como requisito
necessário para obtenção do grau de
Geólogo.

Orientadora: Renata da Silva Schmitt

Aprovada em:

Por:

Orientador: Renata da Silva Schmitt (UFRJ)

Dra. Silvia Regina de Medeiros (UFRJ)

Dr. Rudolph A. J. Trouw

“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita” Mahatma Gandhi.

Agradecimentos

Esse momento não seria possível sem o apoio incondicional da minha família ao longo dos anos de trajetória na universidade, em especial minha mãe, Cristiane, que batalhou junto comigo a cada passo do caminho, espero um dia poder retribuir tudo que você fez por mim.

Não poderia deixar de agradecer aos amigos e às amigadas construídas ao longo do caminho, responsáveis por tornar essa árdua trajetória mais agradável e por proporcionarem momentos que nunca vou esquecer. Foram muitas as amigadas que fiz ao longo do caminho, mas não poderia deixar de citar algumas. Mariana, que sofreu comigo desde o primeiro dia em trabalhos em grupo e com quem eu sempre podia contar para dar boas risadas; Rodrigo Gentil, meu xará, que dividia comigo as crises de ansiedade durante épocas de provas e trabalhos e que compartilhava o mesmo mantra “vai dar tudo certo no final”; Beatriz, Diana e Leticia que sempre foram grandes apoiadoras para mim e me ajudaram a seguir em frente em momentos difíceis.

Meus agradecimentos também a todos os professores que de alguma forma influenciaram na minha jornada, entre eles posso citar em especial o professor Julio Cezar Mendes e a professora e orientadora Renata Schmitt, vocês me deram a oportunidade de aprender muito mais além da grade curricular. Agradeço a vocês também por me incentivarem a me desafiar academicamente, corroborando com meu crescimento pessoal e profissional.

Por fim, gostaria de agradecer as pessoas que me ajudaram na elaboração deste trabalho: meus colegas de classe da turma de Campo IV de 2022; Matheus, que me ajudou no acesso aos softwares e Alan, que me auxiliou com as normas técnicas referentes à formatação.

FLORIDO, R. F. **Geologia da Serra de Sapiatiba, Sapiatiba Mirim e arredores:** mapeamento do contato entre para e ortognaisses do Domínio Tectônico Cabo Frio (Sudeste do RJ) em escala 1:12.500. 2024. 65 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

RESUMO

O presente trabalho apresenta o resultado do mapeamento, na escala de 1:12500, da Serra de Sapiatiba, Sapiatiba Mirim e arredores, no litoral leste fluminense. Essa região é constituída principalmente por paragnaisses neoproterozoicos da Unidade Palmital, e nas porções baixas por ortognaisses paleoproterozoicos da Unidade Região dos Lagos. Os ortognaisses derivam de protólitos graníticos, enquanto os paragnaisses derivam de protólitos pelíticos. O contato entre as duas unidades mostra uma inversão estratigráfica com os ortognaisses sobre os paragnaisses. O objetivo deste TCC é caracterizar a relação estrutural entre os ortognaisses e paragnaisses nas serras de Sapiatiba e Sapiatiba Mirim, através do mapeamento geológico na escala de 1:12.500, e desta forma corroborar com o entendimento da evolução tectônica do Domínio Tectônico Cabo Frio (DTCF) e sua relação com a Faixa Ribeira. O trabalho foi realizado em duas etapas: a etapa de campo, com o mapeamento; e a etapa de escritório, para, entre outras finalidades, elaboração de relatórios, seções e mapas de campo. Foram identificadas estruturas de três fases de deformação dúctil em ambas unidades, sendo S0//S1//S2 dobradas por estruturas quase recumbentes, F3, com plano axial e eixo de baixo caimento para SE e SW. Apenas com os dados apresentados neste trabalho não é possível dizer quais das duas hipóteses para o fechamento da dobra da serra da Sapiatiba seria mais provável, klippe ou janela estrutural. Em trabalhos futuros, será possível que uma correlação entre a Serra de Sapiatiba e a Serra do Palmital, a oeste, possa ajudar no entendimento desta estrutura. Além disso, seria importante buscar entender por que a Unidade Palmital, apesar de ser mais frágil e suscetível ao intemperismo, está presente nas regiões topograficamente mais altas, enquanto a unidade ortoderivada está presente em regiões topográficas mais baixas.

Palavras-chave: estruturas dúcteis; Neoproterozoico; mapeamento geológico.

FLORIDO, R. F. **Geology of the Sapiatiba, Sapiatiba Mirim mountain ranges and surroundings:** mapping the contact between para and orthogneisses in the Cabo Frio Tectonic Domain (Southeast Rio de Janeiro State) in 1:12.500 scale. 2024. 65 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

ABSTRACT

This work presents the mapping, at a scale of 1:12500, of Serra de Sapiatiba, Sapiatiba Mirim and surrounding areas, on the east coast of Rio de Janeiro. It consists mainly of Neoproterozoic paragneisses from the Palmital Unit, and in the lower portions by Paleoproterozoic orthogneisses from the Lagos Region Unit. Orthogneisses derive from granitic protoliths, while paragneisses derive from pelitic protoliths. The contacts between the two units show a stratigraphic inversion with orthogneisses over paragneisses. The objective of this bachelor thesis is to characterize the structural relationship between orthogneisses and paragneisses in the Sapiatiba and Sapiatiba Mirim mountains, through geological mapping at a scale of 1:12,500, to corroborate the understanding of the tectonic evolution of the Cabo Frio Tectonic Domain (CFTD) and its relationship with the rest of the Ribeira Belt. Carried out in two stages: the field stage, with mapping of Serra de Sapiatiba; and the office stage, for, among other purposes, preparing reports and field maps. Structures of three ductile deformation phases were identified in both units, with $S_0//S_1//S_2$ being folded by almost recumbent structures F_3 with an axial plane and a low-plunging axis to the SE and SW. Only with the data presented in this work it is not possible to say which of the two hypotheses for the closure of the Sapiatiba mountain fold would be more likely, klippe or structural window. In future work, it is possible that a correlation between Serra de Sapiatiba and Serra do Palmital, to the west, could help in unveiling this structure. Furthermore, it would be important to seek to understand why the Palmital Unit, despite being more fragile and susceptible to weathering, is present in topographically higher regions, while the ortho-derived unit is present in lower topographic regions.

Keywords: Ductile structures, Neoproterozoic, geological mapping.

Lista de figuras

Figura 1 – Localização da área de estudo, tendo como referência o mapa do Estado do Rio de Janeiro, elaborado com o auxílio do software Qgis, utilizando base de dados disponibilizada pelo IBGE em novembro de 2023.....	18
Figura 2 – Região da área de estudo dividida em faixas elaborada através do software <i>Google Earth</i>	20
Figura 3 – Província Mantiqueira dividida pelas faixas e suas respectivas posições.....	23
Figura 4 – Seção regional da Faixa Ribeira com seus terrenos e estruturas presentes.....	25
Figura 5 – Esquema da formação da Faixa Ribeira, mostrando a interpretação de Heilbron <i>et al.</i> (2020) da subducção do Terreno Oriental sob o Terreno Cabo Frio.....	26
Figura 6 – Esquema da colisão entre o cráton do Congo com o restante da Faixa Ribeira.....	27
Figura 7 – Seção NW-SE esquemática da Faixa Ribeira.....	28
Figura 8 – Mapa geológico e corte transversal da parte oriental do Terreno Oriental e da porção terrestre do Domínio Tectônico de Cabo Frio.....	31
Figura 9 – Mapa geológico e seção de parte da folha Cabo Frio.....	32
Figura 10 – Mapa de pontos da serra de Sapiatiba e Sapiatiba Mirim, em escala 1:12500.....	35

Figura 11 – Mapa simplificado e fora de escala da serra de Sapiatiba em escala 1:12.500 com localização da seção geológica XZ. Mapa em escala disponível para visualização no anexo B e em pdf no link: Mapa da Serra de Sapiatiba e Sapiatiba Mirim em escala.pdf	37
Figura 12 – Seção XZ e AA’ da Serra de Sapiatiba produzida através do software <i>inkscape</i>	38
Figura 13 – Perfil da Formação Barreiras, realizado no ponto SAPAL-I-24.5	39
Figura 14 – Afloramento do Grupo Barreiras no chão da estrada com a ponta do lápis apontando para o Norte. Ponto SAPAL-II-19.4	39
Figura 15 – Dique de diabásio em afloramento de ortognaisse com orientação <i>dip/dip</i> 075/80 no ponto SAPAL-III-19.3	40
Figura 16 – Dique de diabásio no afloramento SAPAL II-18.1, onde é possível observar a fratura esferoidal e formação embrionária de disjunção colunar	41
Figura 17 – Afloramento de quartzito, com intercalação de camadas mais finas e mais espessas no ponto SAPA-II-24.1	43
Figura 18 – Afloramento de rocha calcissilicática (base) em contato com sillimanita-biotita-gnaisse (topo) no afloramento SAPAL-II-22.3	44
Figura 19 – Afloramento no ponto SAPALII/18.6 , representando a Unidade Região dos Lagos, onde é possível observar camadas de anfibolito, biotita-gnaisse e de pegmatito. Observa-se também as lineações $S_0/S_1/S_2$ e S_3 , com medida <i>dip/dip</i> = 220/28	46
Figura 20 – Afloramento de Ortognaisse na Via Lagos, ponto SAPALII/18.4, representando o leucognaisse pobre em minerais máficos e ricos em quartzo	47
Figura 21 – Enclave de facies granítica pobre em magnetita e com feldspatos exclusivamente brancos (fácies 2) em rocha com granulação mais grossa rica em magnetita e com feldspatos tanto brancos quanto rosados (fácies 1). Na imagem também é possível observar uma porção	

rochosa onde as duas facies graníticas ocorrem disseminadas.....	48
Figura 22 – Piso do afloramento SAPAL-II-25.4 mostrando segregações de turmalina dentro de pegmatito do Ortognaisse da Unidade Região dos Lagos com a seta apontando para o norte.....	49
Figura 23 - dobra intrafolial em afloramento de ortognaisse no ponto SAPAL-II-18.1, mostrando o S2 como plano axial dessa dobra, que é paralela ao S ₁ e ao S ₀	52
Figura 24 – Boudin de anfibolito dobrado pela fase D3 (a); boudins de anfibolito sigmoidais (b) e no afloramento SAPAL-III-24.3, às margens da rodovia Via Lagos.....	52
Figura 25 – Boudins de anfibolito dobrados envoltos no ortognaisse bandado. Notar a diferença da geometria das dobras entre os dois litotipos. No anfiobolito a dobra é aberta e no ortognaisse é apertada, mostrando a diferença de comportamento entre duas litologias. SAPAL-I-18.2	53
Figura 26 – Rede estereográfica dos pólos da foliação S ₀ /S ₁ /S ₂ obtidas em campo.....	54
Figura 27 – Foliação S ₀ /S ₁ /S ₂ formando uma dobra recumbente com plano axial medido em 220/28 no ponto SAPAL-II-18.6. Ortognaisse bandado.....	55
Figura 28 – Foliação S ₀ /S ₁ /S ₂ formando dobras recumbentes em afloramento de ortognaisse no ponto SAPAL-II- 18.4.....	56
Figura 29 – Rede estereográfica das medidas de Plano axial 2 e S ₃ medidas em campo produzida através do <i>software</i> <i>stereonet</i>	58
Figura 30 – Rede estereográfica das lineações de estiramento medidas em campo produzida através do <i>software</i> <i>stereonet</i>;	59
Figura 31 – Rede estereográfica das medidas de eixo das dobras F3 medidas em campo produzida através do <i>software</i> <i>stereonet</i>	60
Figura 32 – Dobras D1 e D2 lado a lado em afloramento de chão no ponto SAPAL-II-19.6	61

Figura 33 – Cisalhamento dextral no afloramento SAPAL-I/26.1. Sentido: 240-60.....	62
Figura 34 – Zona cataclástica com brecha na Falha do Bico Preto (SAPAL I-20.3). Falha normal dextral oblíqua, com fraturas quase perpendiculares (em branco) ao plano da falha. Estrutura “em flor” a direita, contendo estrias de direção 309°/80°.....	64
Figura 35 – SAPAL-I-20.3; estrias foram observadas no afloramento, possuindo uma média de 40°/60°, indicando que se trata de uma falha dextral oblíqua.....	65
Figura 36 – Diagramas metamórficos (P-T); Protólito Pelítico, com destaque para o provável campo de formação da Unidade Palmital.....	66
Figura 37 – Diagramas metamórficos (P-T); Fácies Metamórficas, com destaque para o provável campo de formação da Unidade Palmital.....	66
Figura 38 – Amostra retirada do afloramento SAPAL I-18.7, circulado em vermelho se encontra uma cianita preservada, parcialmente substituída por sillimanita.....	67
Figura 39 – Esquema das três fases de deformação presentes na região de estudo.....	70
Figura 40 – Lineação de estiramento em quartzito. Amostra retirada do afloramento SAPAL-II-24.1.....	72
Figura 41 – Fusão parcial in situ no ortognaisse. Afloramento SAPAL-II-19.7.....	73
Figura 42 – Esquema da seção de sapiatiba com fechamento da dobra por cima, mostrando a Unidade Região dos Lagos por cima da Unidade Palmital, mostrando que a serra de sapiatiba representaria uma janela estrutural.....	75
Figura 43 – Esquema da seção de sapiatiba com fechamento da dobra por baixo, mostrando uma situação sem inversão estratigráfica.....	75

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivo	16
1.2 Localização	17
1.3 Justificativa	18
2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 Etapa de campo	19
2.2 Etapa de escritório	20
3 CONTEXTO GEOLÓGICO	23
4 RESULTADOS	33
4.1 Geologia local	37
4.1.1 SEDIMENTOS RECENTES	37
4.1.2 FORMAÇÃO BARREIRAS	37
4.1.3 DIQUES MÁFICOS	39
4.1.4 PARAGNAISSES (UNIDADE PALMITAL)	41
4.1.5 ORTOGNAISSES MIGMATÍTICOS (UNIDADE REGIÃO DOS LAGOS)	43
4.2 Estrutural	48
4.2.1 ESTRUTURAS PRIMÁRIAS	49
4.2.2 ESTRUTURAS DÚCTEIS	49
4.2.2.1 Estruturas dúcteis planares (foliação tectônica)	49
4.2.2.2 Estruturas dúcteis lineares (lineação tectônica)	56
4.2.2.3 Dobras	58
4.2.2.4 Boudins	59
4.2.2.5 Zonas de cisalhamento	60
4.2.3 ESTRUTURAS RÚPTEIS	61
4.2.3.1 Falhas e fraturas	61
4.3 Metamorfismo	63

5 DISCUSSÕES.....	66
5.1 Protólitos dos Gnaisses.....	66
5.1.1 Unidade Região dos Lagos	66
5.1.2 Unidade Palmital.....	66
5.2 Síntese da evolução estrutural da área.....	68
5.3 Relação estrutural entre os ortognaisses e paragnaisses e implicações tectônicas.....	69
6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	79
REFERÊNCIAS.....	80
ANEXO A - PONTOS VISITADOS DURANTE AS ATIVIDADES DE CAMPO.....	
84	
ANEXO B - MAPA EM ESCALA DA ÁREA DE ESTUDO.....	85

1 INTRODUÇÃO

As Serras de Sapatiba e de Sapatiba Mirim são feições geomorfológicas localizadas entre os municípios de São Pedro da Aldeia e Iguaba Grande na Região dos Lagos no Estado do Rio de Janeiro, abrangendo uma área de aproximadamente 600km² e com altitude no seu pico em 350 metros. A região onde estão inseridas está localizada no Domínio Tectônico do Cabo Frio (DTCF), um terreno geológico que se diferencia dentro do Orógeno neoproterozoico Ribeira, por possuir ortognaisses paleoproterozoicos correlacionáveis com o Cráton de Angola na África.

Especificamente na área de estudo afloram ortognaisses do Paleoproterozoico nos baixos topográficos, e paragnaisses do Ediacarano nas áreas mais elevadas, compondo as serras. A relação geológica e estrutural entre essas duas unidades separadas por mais de um bilhão de anos ainda é pouco compreendida. Na literatura, alguns trabalhos consideram o contato entre essas unidades apenas como uma discordância, reativada tectonicamente nos eventos brasileiros, enquanto outros defendem que seu contato seja tectônico, e que uma das unidades está alóctone. O mapeamento revela que as unidades estão estratigraficamente invertidas, ou seja, os paragnaisses ediacaranos estão por baixo estruturalmente dos ortognaisses paleoproterozoicos.

Este trabalho apresenta o mapeamento na escala 1:12.500 da Serra de Sapatiba, Sapatiba Mirim e arredores, com o intuito de detalhar o contato entre essas duas unidades litoestratigráficas, corroborando com o entendimento da evolução tectônica do DTCF e sua relação com a Faixa Ribeira.

1.1 Objetivo

O foco principal deste trabalho é caracterizar a relação estrutural entre os ortognaisses e paragnaisses que afloram nas serras de Sapatiba e Sapatiba Mirim, através do mapeamento geológico na escala de 1:12.500, para corroborar com o entendimento da evolução tectônica do Domínio Tectônico Cabo Frio (DTCF) e sua relação com o restante da Faixa Ribeira.

1.2 Localização

A Serra de Sapatiba localiza-se na região Sudeste do Estado do Rio de Janeiro, popularmente conhecida como Região Dos Lagos. A área mapeada consistiu num polígono retangular (Figura 1) com latitudes limitadas entre $-42^{\circ}12'46''W$ e $-42^{\circ}08'06''W$, e longitudes entre $-22^{\circ}51'45''S$ e $-22^{\circ}45'47''S$ em coordenadas geográficas, ou latitudes entre 0786000E e 0794000E e longitudes entre 7469000S e 74780000S em coordenadas UTM, utilizando o *datum* SIRGAS 2000 e fuso 23S (EPSG: 31983).



Figura 1 – Localização da área de estudo, tendo como referência o mapa do Estado do Rio de Janeiro, elaborado com o auxílio do *software* Qgis, utilizando base de dados disponibilizada pelo IBGE em novembro de 2023.

1.3 Justificativa

Ainda não existe consenso na literatura quanto à relação tectono-estratigráfica entre a unidade litoestratigráfica paraderivada ediacarana e a unidade litoestratigráfica ortoderivada paleoproterozoica. Além disso, a área de estudo também carece de mapeamento de detalhe. Nesse sentido, o mapeamento realizado nesta monografia pode ser de suma importância para decifarmos como essas duas unidades litológicas se relacionam.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em duas etapas: a primeira consiste em etapa de campo, enquanto a segunda etapa representa o trabalho realizado em escritório.

2.1 Etapa de campo

O campo foi realizado como parte da disciplina Geologia de Campo IV, ministrada pelas professoras Renata Schmitt e Silvia R. Medeiros. Ao todo foram 14 dias de campo, que ocorreram entre os dias 16 e 29 de maio de 2022, em que quatro grupos ficaram responsáveis pelo mapeamento da Serra de Sapiatiba, enquanto quatro grupos ficaram responsáveis pelo mapeamento da Serra do Palmital. Este trabalho de TCC integra a geologia detalhada da área do grupo 2, área mapeada pelo autor. A figura 2 mostra a divisão da área com as demais faixas do mapeamento da Serra de Sapiatiba, Sapiatiba Mirim e arredores.



Figura 2 – Região da área de estudo dividida em faixas elaborada através do software *Google Earth*.

Cada um dos grupos responsáveis pelo mapeamento recebeu instrução, orientação e envolveram o estudo da bibliografia da área nas semanas que antecederam a atividade de campo, a qual culminou na produção de um relatório e anexos composto de mapa, seções e tabela de pontos. Durante as atividades de campo, ao final de cada dia, todos os pontos visitados, eram plotados, por todos os grupos, no mapa unificado da Serra de Sapiatiba, o qual foi utilizado como mapa de campo oficial e, ao final do campo utilizado como base para a elaboração deste trabalho.

Em atividade de campo foram utilizados materiais tais como bússola, canivete, martelo, lupa, papel milimetrado, GPS, mapas e o aplicativo Avenza Maps. Na etapa pré-campo, foi utilizado o software QGis, na confecção de mapas topográficos e obtenção de imagens de satélite, a partir da base de dados disponibilizada no sítio de

internet da CPRM (Serviço Geológico do Brasil) e do INEA (Instituto Nacional do Ambiente).

O mapeamento da área de estudo, constituiu na identificação de afloramentos, para que se pudesse extrair informações das litologias aflorantes, e estruturas, permitindo que fossem elaborados mapas, seções e croquis para serem trabalhados na etapa de escritório.

2.2 Etapa de escritório

Ao fim de cada dia de campo e nos dias subsequentes ao mapeamento foi realizado o trabalho de escritório. Este trabalho compreendeu o aperfeiçoamento e possíveis correções dos materiais confeccionados nos afloramentos durante o campo. Todas as medidas coletadas em campo foram plotadas em uma tabela de pontos, utilizando-se do software *Excel* ou Planilhas Google. Esses dados foram importados para o *Stereonet*, onde foi possível a confecção de estereogramas das estruturas medidas em campo, utilizando gráficos de dispersão e contorno (Kamb).

Em um segundo momento desta etapa de escritório, já para a produção deste trabalho, foi realizada a junção das informações contidas nos relatórios e anexos de cada grupo, na intenção de se elaborar um mapa final e integrado para a Serra de Sapiatiba, Sapiatiba Mirim e arredores (exposto fora de escala na figura 11, com disponibilização do mapa em escala como PDF na legenda da figura). Nesta etapa, todas as tabelas de ponto foram unificadas e, utilizando o software QGis (versão 3.28.11), foi elaborado um novo mapa, utilizando como base o mapa produzido em campo. Este mapa elaborado em campo foi escaneado e georreferenciado para auxiliar na construção do mapa final junto com a nova tabela de pontos unificada

(Anexo A). Também foi confeccionada uma seção geológica, utilizando o software *Qgis*, *CorelDraw* e *Inkscape*.

A nomenclatura das unidades litológicas mapeadas segue a mesma classificação do mapa do PRONAGEO-CPRM, Folha Cabo Frio 1:100.000(Schmitt *et al*, 2012), e a sua nota explicativa da Geologia e Recursos Minerais das folhas Rio das Ostras e Cabo Frio. Nesse trabalho, o embasamento é adotado como Unidade Região dos Lagos e as rochas supracrustais da região de estudo como Unidade Palmital.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO

A Província Mantiqueira (Almeida *et al.*, 1981) configura um sistema de orógenos com orientação NNE-SSW que se estende, paralelamente ao litoral brasileiro, por uma faixa de 3000 km, indo desde o Sul até o Sudeste do Brasil, tendo sido formado durante a convergência dos crátons São Francisco, Congo, Kalahari, Rio de la Plata e Paranapanema (Heilbron *et al.*, 2004). Inseridas na Província Mantiqueira tem-se as faixas móveis de idade brasileira denominadas Araçuaí (Setentrional), Ribeira, Apiaí, Brasília Sul, zona de interferência com a faixa Ribeira central e Dom Feliciano e São Gabriel (Meridional) (Figura 3 -Heilbron *et al.*, 2004; Trouw *et al.*, 2013).

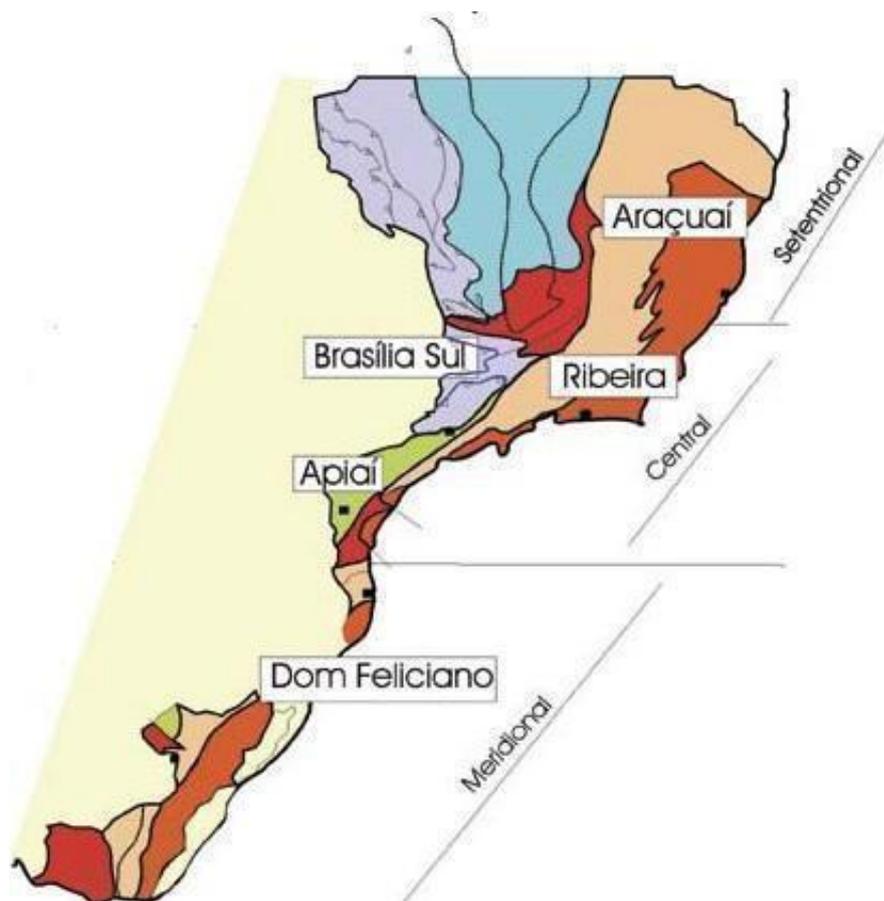


Figura 3 – Província Mantiqueira dividida pelas faixas e suas respectivas posições.
Fonte: Heilbron *et al.* (2004).

A área de estudo está localizada na Faixa Ribeira Central, sendo esta resultado de um evento de convergência e colisão entre o Cráton São Francisco e o Cráton de Angola (parte sul do Craton do Congo) durante os eventos Pan-Africano-Brasilianos, resultando na formação do Gondwana Ocidental (Tupinamba *et al.*, 2000, Schmitt *et al.*, 2016). A Faixa Ribeira representa um sistema orogênico de idade neoproterozoica, Orógeno Ribeira (Almeida, 1977), com trend NE-SW e se estende ao longo de 1400 km pelo sudeste brasileiro, possuindo aproximadamente 300 km de largura em sua porção mais central (Almeida, 1977; Trouw *et al.*, 2000; Heilbron *et al.*, 2004; Heilbron *et al.*, 2013; Schmitt *et al.*, 2004).

No Orógeno Ribeira central, suas estruturas têm vergência para WNW e quatro domínios tectônicos são propostos na literatura, sendo eles: domínio Ocidental, Paraíba do Sul – Embu e Cambuci (Super-terreno Central), Oriental e Domínio Tectônico do Cabo Frio (Heilbron *et al.*, 1998a, 2004, 2008,2020; Tupinambá *et al.*, 2012; Schmitt *et al.*, 2004) que são limitados entre si por zonas de cisalhamento.

A área de estudo pertence ao Domínio Tectônico Cabo Frio (DTCF), o qual compreende ortognaisses de idade paleoproterozoica (Complexo Região dos Lagos) e paragnaisses de idade neoproterozoica do Grupo Búzios-Palmital, dispostos na figura 4 de Heilbron *et al.* (2013) em tons de roxo, escuro e claro respectivamente..

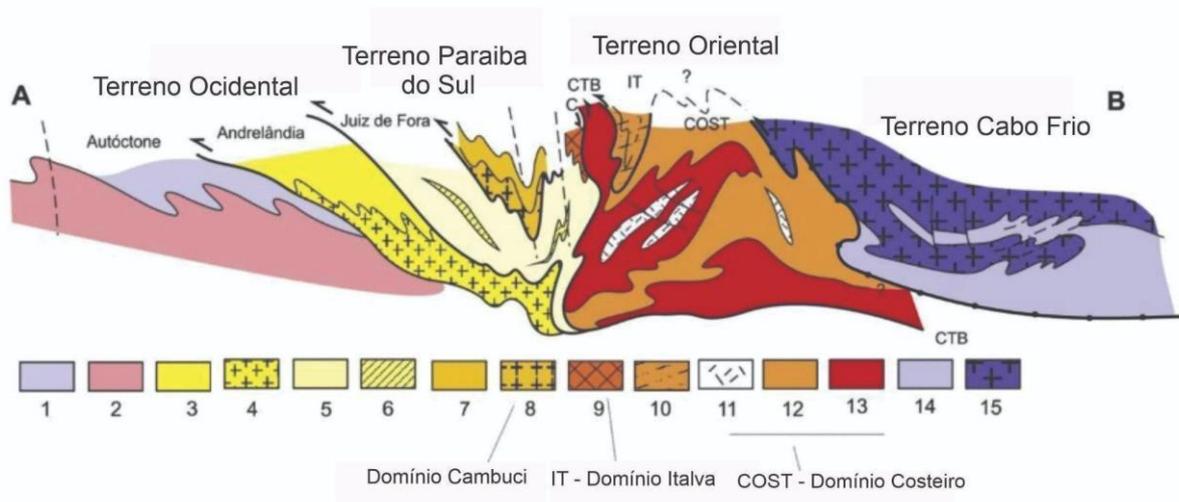


Figura 4 – Seção regional da Faixa Ribeira com seus terrenos e estruturas.

Fonte: modificado de Heilbron *et al.* (2013).

De acordo com a seção geológica proposta por Heilbron *et al.* (2013) o DTCTF colidiu com o Orógeno Ribeira entre 510 e 530 Ma, representando o fechamento de uma bacia de retro arco, num evento de subducção com vergência para leste (Figura 5) colocando o Terreno Oriental por baixo do Domínio Tectônico do Cabo Frio (Figura 5).

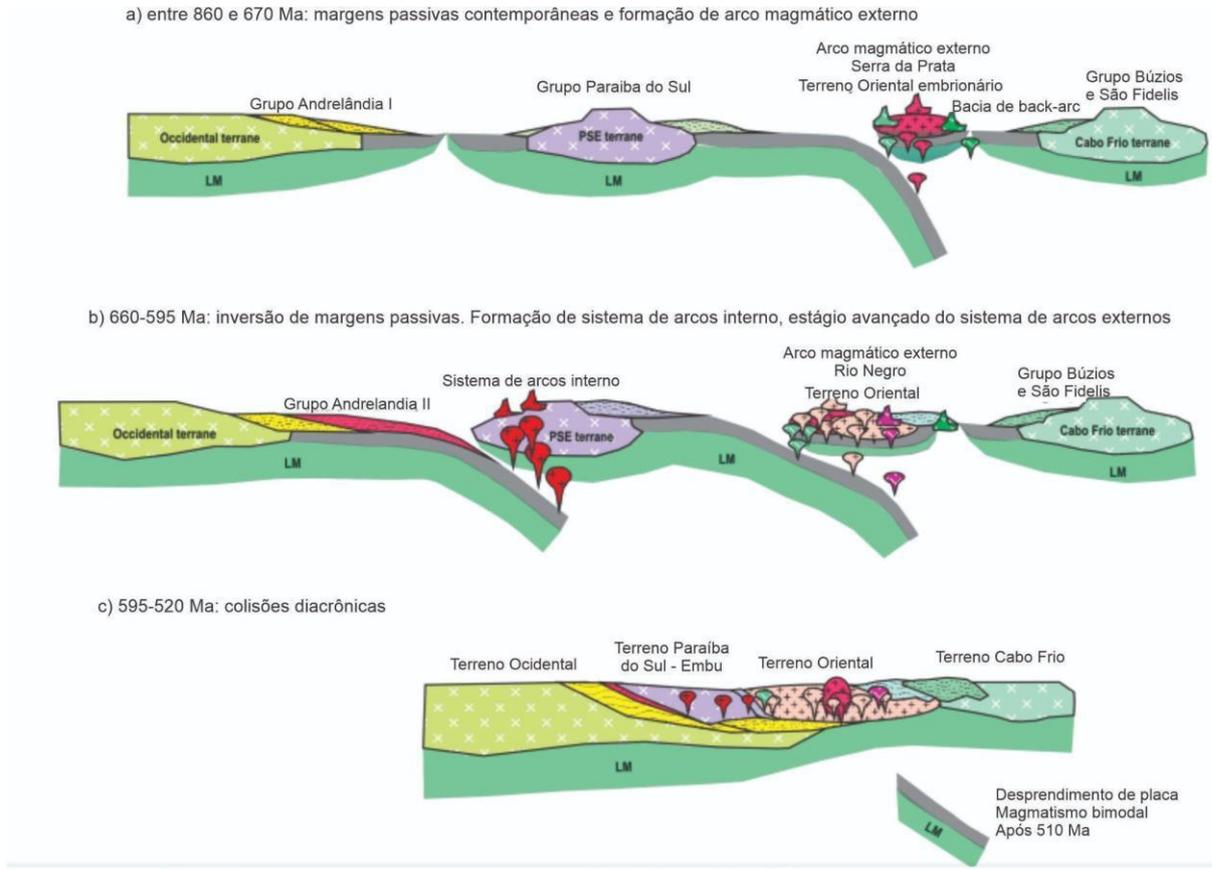


Figura 5 – Esquema evolutivo da Faixa Ribeira, mostrando a interpretação de Heilbron *et al.* (2020) da subducção do Terreno Oriental sob o Terreno Cabo Frio.

Fonte: Adaptado de Heilbron *et al.* (2020).

Em contrapartida, Schmitt *et al.* (2016) propõem que o evento de subducção teve vergência para oeste, com evidências de campo mostrando que os paragneisses do DTCF estariam por baixo do Terreno Oriental, sendo o bloco de Angola, a placa que entrou em subducção parcial, como mostrado na Figura 6.

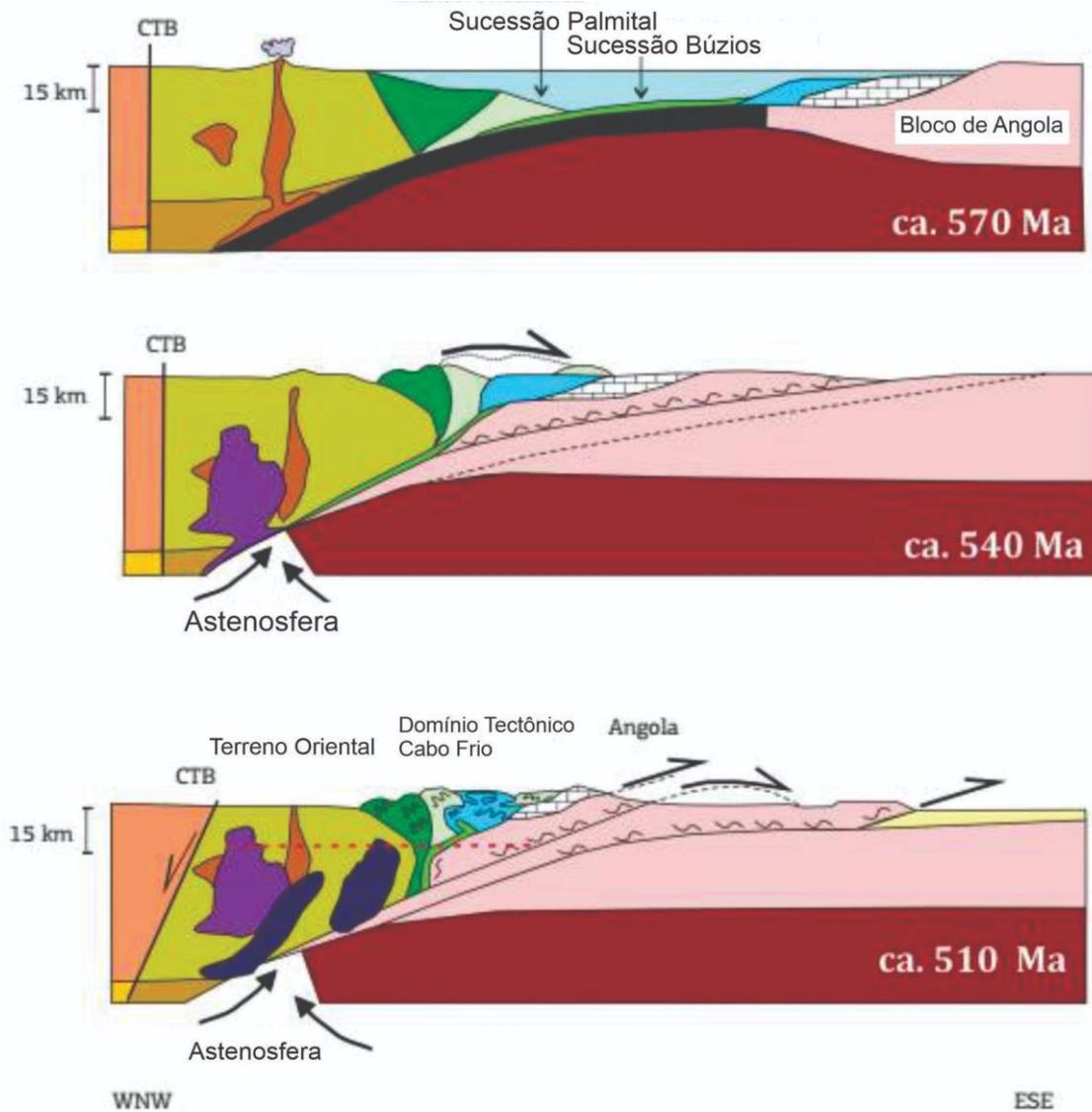


Figura 6 – Esquema da colisão entre o bloco de Angola com o restante da Faixa Ribeira.

Fonte: Adaptado de Schmitt *et al.* (2016).

Com isso, Schmitt *et al.* (2016) propõem que o **DTCF** compõe a Faixa Ribeira representando uma porção do cráton de Angola, por baixo do Terreno Oriental (Figura 7), de maneira distinta à proposta de Heilbron *et al.* (2013).

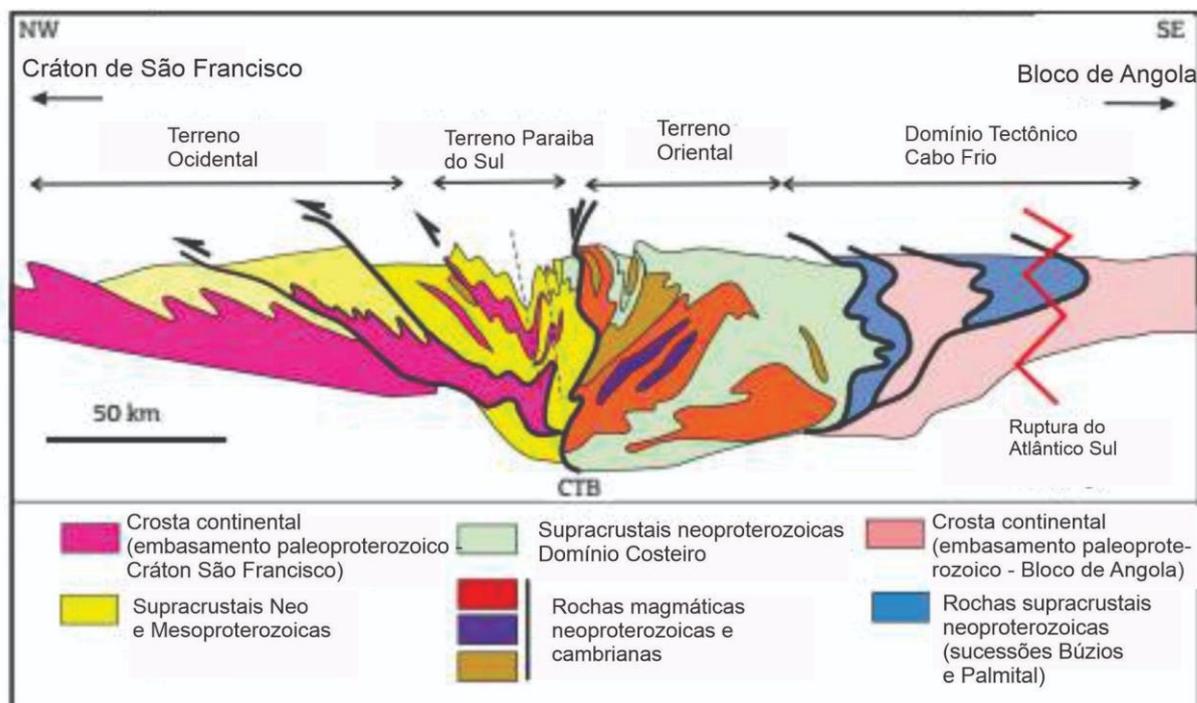


Figura 7 – Seção NW-SE esquemática da Faixa Ribeira.

Fonte: Adaptado de Schmitt *et al.* (2016).

A área de estudo está inserida no contexto do Domínio Tectônico de Cabo Frio (DTCF), o qual foi definido por Schmitt *et al.* (2016) como uma margem continental reativada em sucessivos eventos extensionais e convergentes. O DTCF é constituído por duas unidades litoestratigráficas principais: o Complexo Região dos Lagos, formado por ortognaisses paleoproterozoicos (ca. 1,9 Ga), podendo apresentar lentes de anfibolitos (Schmidt *et al.*, 2004) e a sucessão Palmital, formada por rochas metassedimentares neoproterozoicas. Também está presente no DTCF, a sucessão Búzios, porém esta última não ocorre na nossa área de estudo, aflorando apenas ao extremo leste do terreno.

Considerado o embasamento das bacias neoproterozoicas, os ortognaisses do Complexo Região dos Lagos apresenta idades de cristalização entre 1,99 - 1,94 Ga, e foi formado em ambiente de arco magmático continental (Schmitt *et al.*, 2016). Segundo os mesmos autores, o embasamento já participou de, no mínimo, três

margens continentais distintas: uma a 1,97 Ga; outra que vai de aproximadamente 0,59 a 0,53 Ga; enquanto a terceira teve início a 0,14 Ga e vem até os dias atuais. Este embasamento está relacionado com a margem continental do Bloco de Angola (Schmitt *et al.*, 2016). Este complexo possui ortognaisses bandados/migmatíticos, cinzentos, de composição tonalítica a granítica, com predominância de composições graníticas, associados à corpos anfibolíticos variavelmente deformados.

A Sucessão Palmital ocorre sobretudo ao longo do contato entre os terrenos Oriental e Cabo Frio, podendo, neste último, ocorrer como klippes (Figura 8, Capistrano *et al.*, 2021). Essa sucessão apresenta um bandamento composicional interpretado por Schmitt *et al.* (2004) como o S_0 original, possivelmente derivado de uma sucessão sedimentar turbidítica. Assim, apresenta espessos pacotes, podendo alcançar mais de 300 m, de paragneisses leucocráticos a mesocráticos intercalados com camadas de rochas cálcio-silicáticas de até 20 m de espessura (Schmitt *et al.*, 2004).

A sequência supracrustal da Sucessão Palmital é interpretada como um pacote de rochas metassedimentares neoproterozóicas de origem marinha, a supracitada sucessão sedimentar turbidítica. Zircões detríticos nesta unidade indicam que a idade máxima de sedimentação seria 580 Ma (Fernandes *et al.*, 2015). Heilbron e Machado (2003) interpretam que a sedimentação desta unidade pode estar associada a uma bacia retro arco neoproterozóica relacionada ao arco magmático Rio Negro (Terreno Oriental). Essa idade indicaria que a paleo bacia Palmital estaria em fase de abertura em um período que grande parte das faixas móveis brasileiras estariam em fase de compressão e transpressão. A inversão do movimento nesta bacia teria ocorrido em algum momento entre 590 e 530 Ma, sendo esta última idade do metamorfismo. Esta

inversão foi acompanhada pela subducção parcial do pacote de supracrustais, a profundidades de no mínimo 30 km (Schmitt et al., 2004).

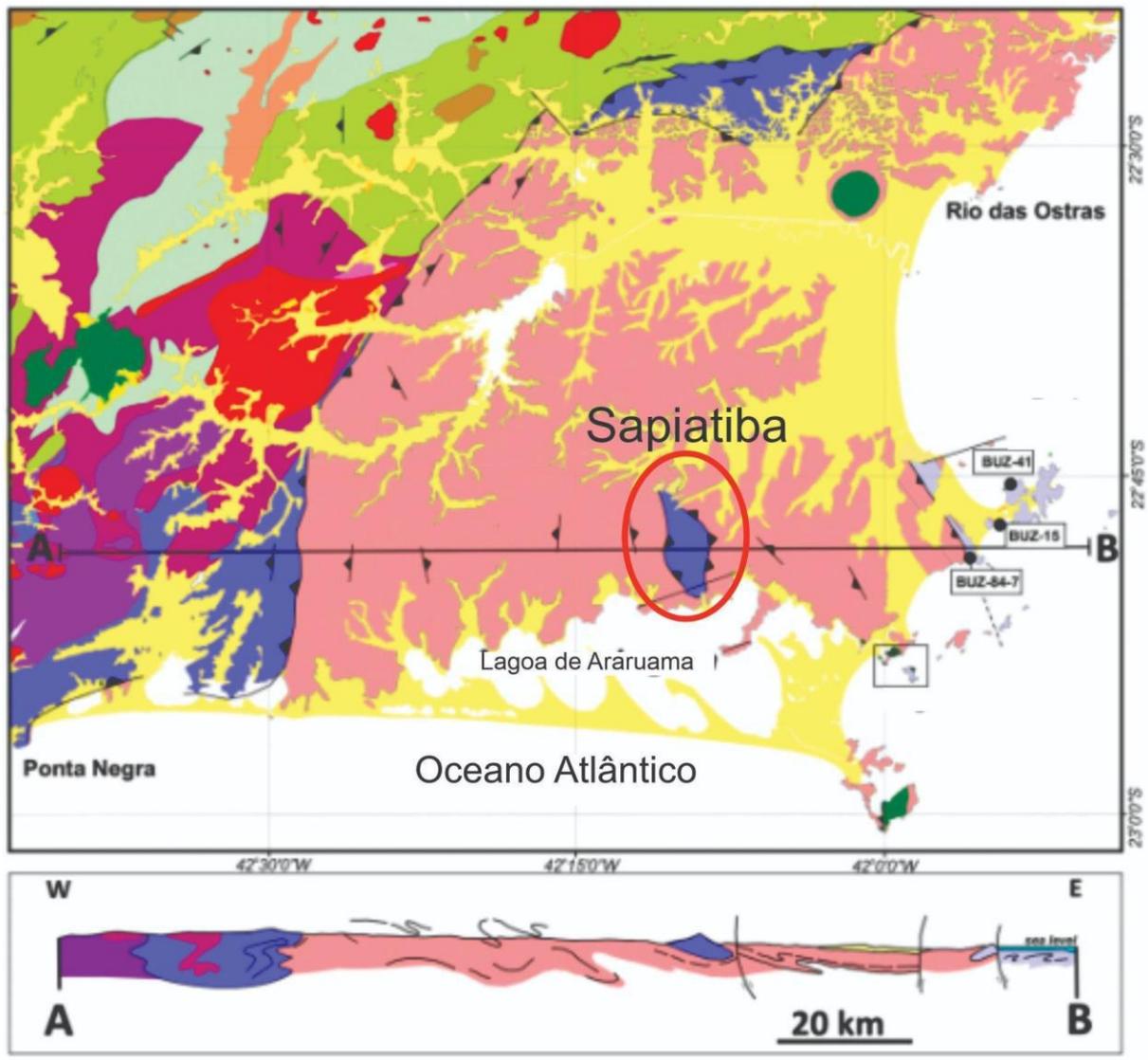


Figura 8 – Mapa geológico e corte transversal da parte oriental do Terreno Oriental e da porção onshore do Domínio Tectônico de Cabo Frio. A elipse em vermelho indica a ocorrência da serra de Sapiatiba. Fonte: Adaptado de Capistrano *et al.* (2021).

Na Serra de Sapiatiba, há divergência entre os autores em relação ao significado do contato entre as rochas supracrustais da Unidade Palmital e o embasamento paleoproterozoico da Unidade Região dos Lagos. Capistrano *et al.* (2021) interpretam as rochas que compõem as serras de Sapiatiba como uma *klippe* (Figura 8). Schmitt

et al. (2009) interpretam como uma janela estrutural (Figura 9), o que implicaria que o contato entre as duas unidades seria apenas uma discordância.

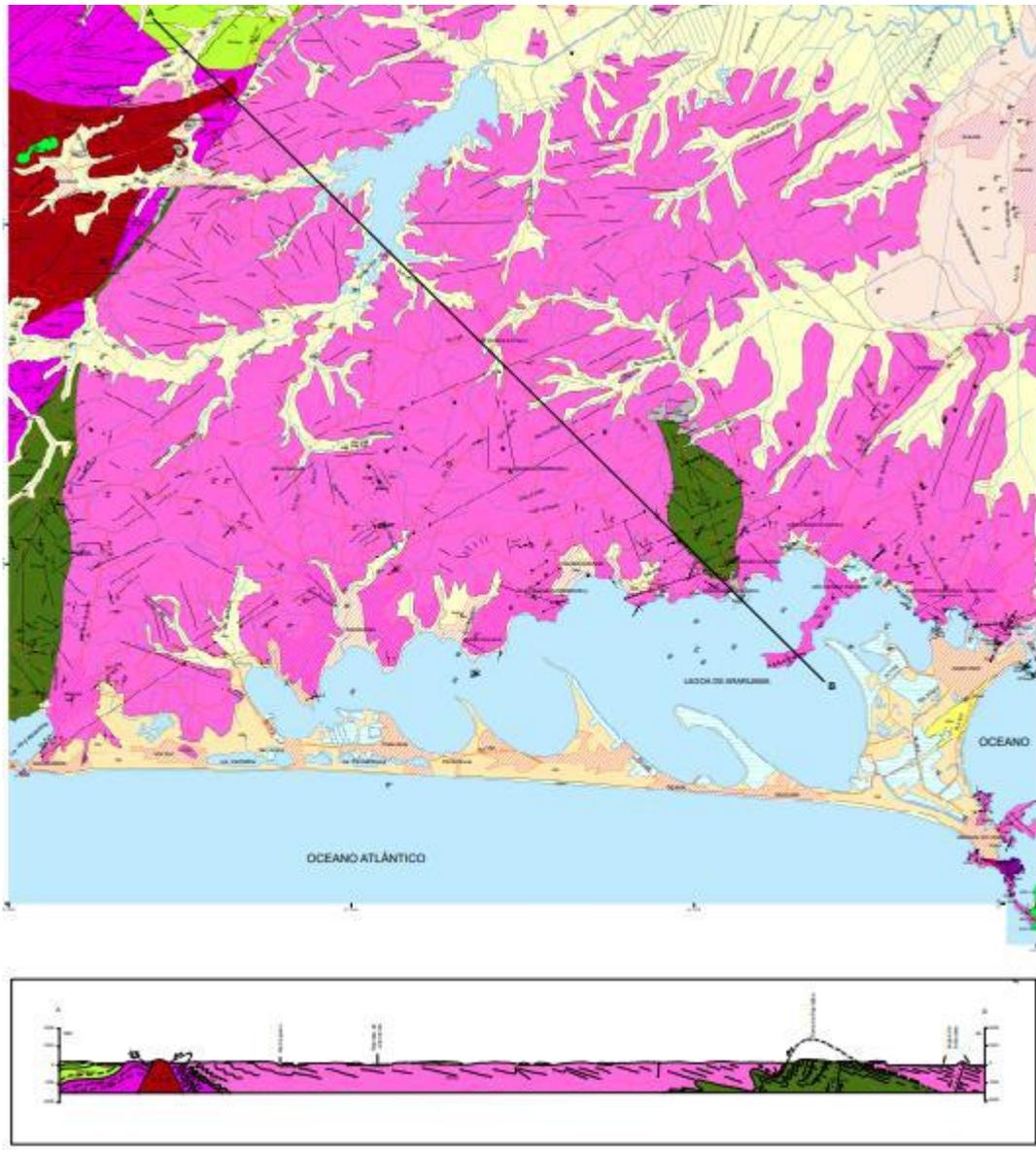


Figura 9 – Mapa geológico e seção de parte da folha Cabo Frio.

Fonte: Adaptado de Schmitt *et al.* (2009).

Estima-se que a aglutinação do Dominio Tectônico do Cabo Frio (DTCF) à Faixa Ribeira teria ocorrido entre 535 e 510 Ma, um episódio cambriano referido na literatura como Orogenia Búzios (Schmitt *et al.*, 2004). Este episódio é interpretado como o responsável por gerar importantes estruturas de baixo ângulo no DTCF, trazendo

nappes de cavalgamento do embasamento paleoproterozóico por sobre as rochas supracrustais, além de gerar grandes dobras isoclinais. Essa colisão foi responsável pela inversão da estratigrafia da região.

As unidades supracitadas do Terreno Cabo Frio são intrudidas por diques Cretáceos máficos toleióticos formados no rifteamento do Gondwana relacionados à abertura do Oceano Atlântico, gerando assim um novo episódio de deformação e reativação de estruturas pretéritas, ocasionando uma série de falhamentos e no surgimento dos diques básicos de orientação predominante NE-SW (Guardado *et al.*, 1989).

4 RESULTADOS

Os trabalhos de campo e de escritório resultaram na produção de um mapa geológico para a região na escala de 1:12.500 (simplificado na Figura 11 e em escala no anexo B), onde é possível observar a relação estrutural entre as unidades geológicas através da análise dos contatos, assim como um mapa de pontos, simplificado na figura 10. No mapa de pontos é possível observar regiões com pouca densidade de pontos, sendo essas localidades onde se teve dificuldade de mapear por serem áreas de propriedade privada, cujos donos não autorizaram nossa entrada, ou áreas tomadas pela violência urbana.

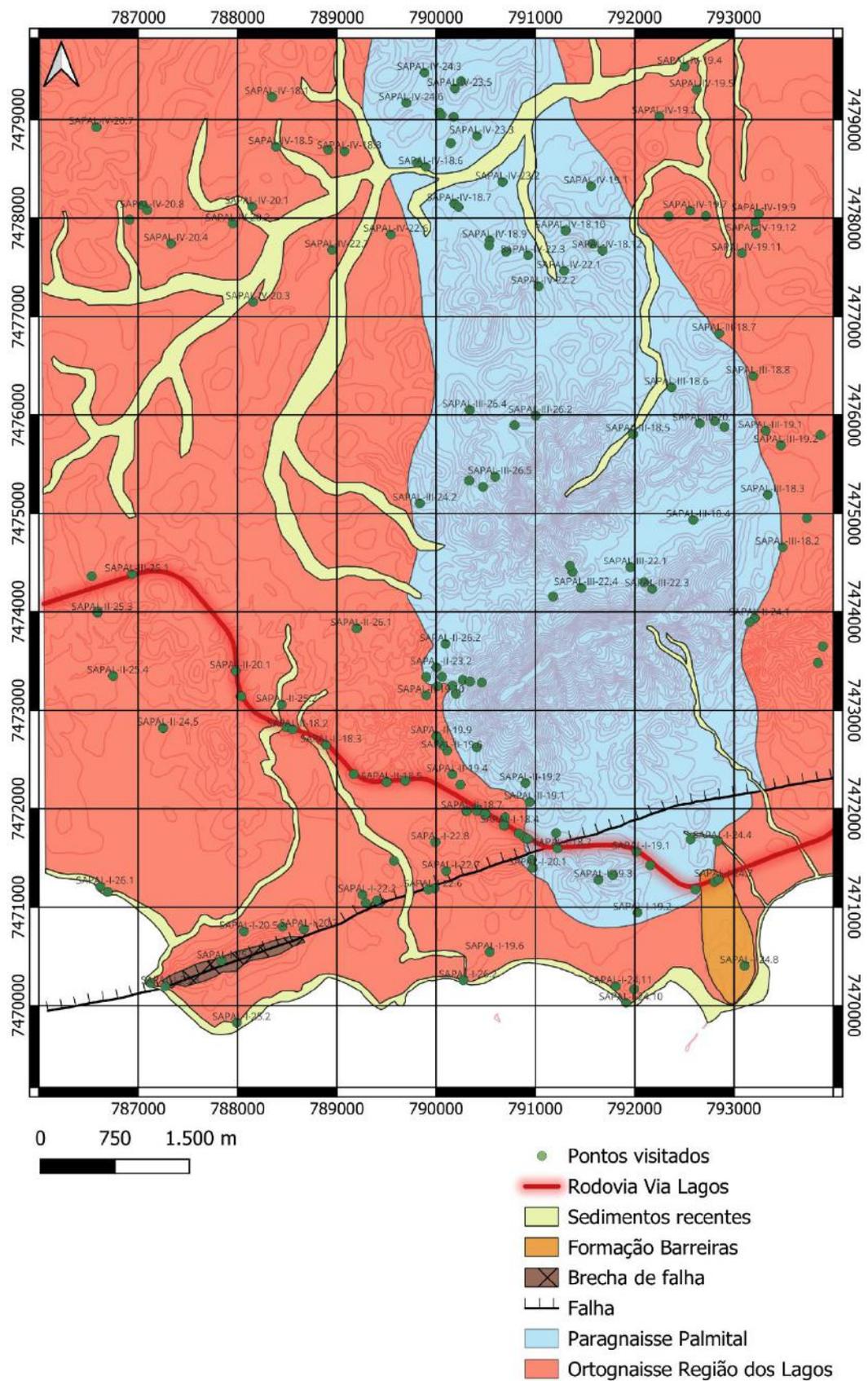


Figura 10 – Mapa de pontos das serras de Sapiatiba e Sapiatiba Mirim, em escala 1:12.500.

Além do mapa de pontos, também foi produzido o mapa final, cuja versão simplificada encontra-se na Figura 11, o qual contém a seção XZ, apresentada separadamente na Figura 12.

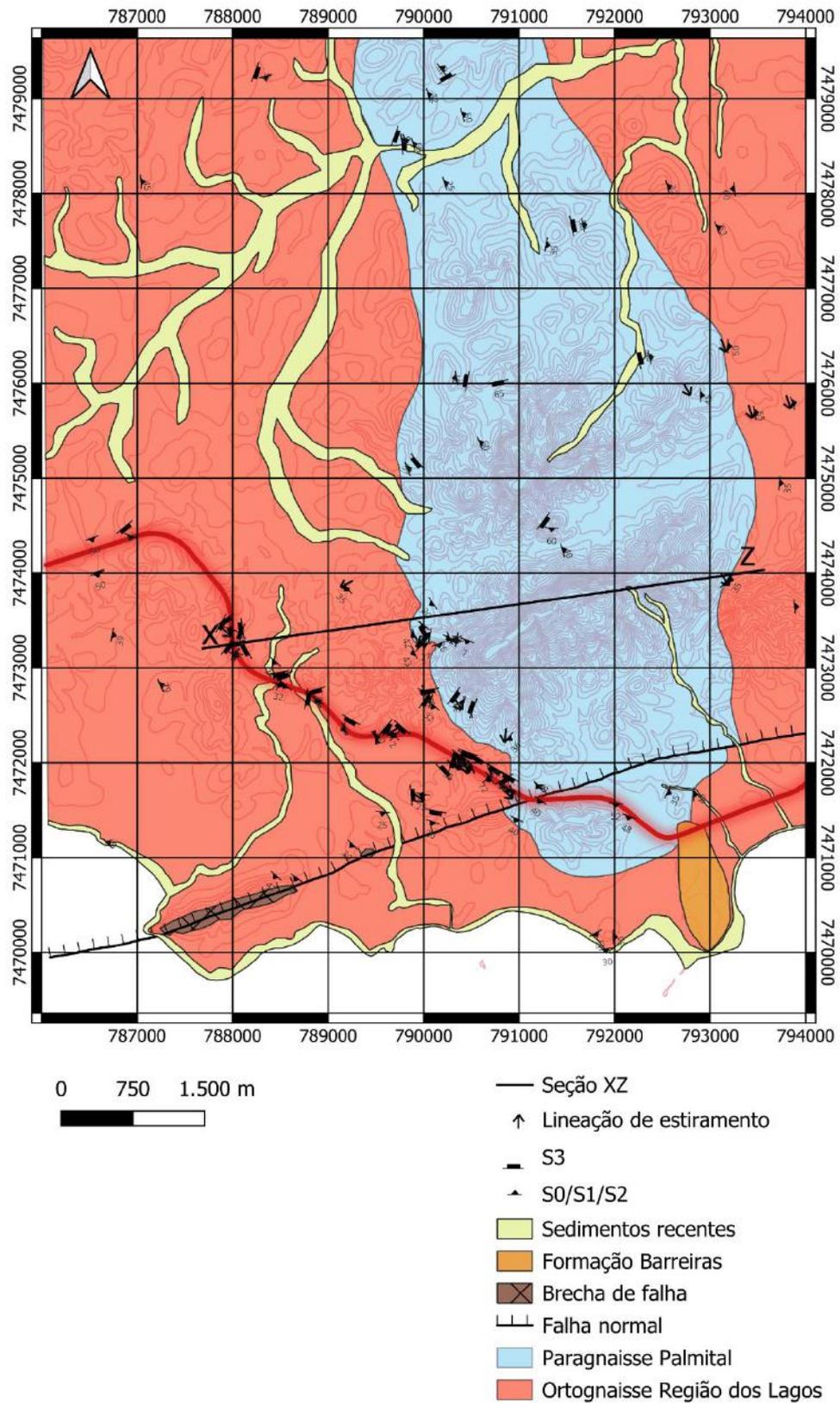


Figura 11 – Mapa simplificado e fora de escala da serra de Sapiatiba em escala 1:12.500 com localização da seção geológica XZ. Mapa em escala disponível para visualização em no anexo B e em

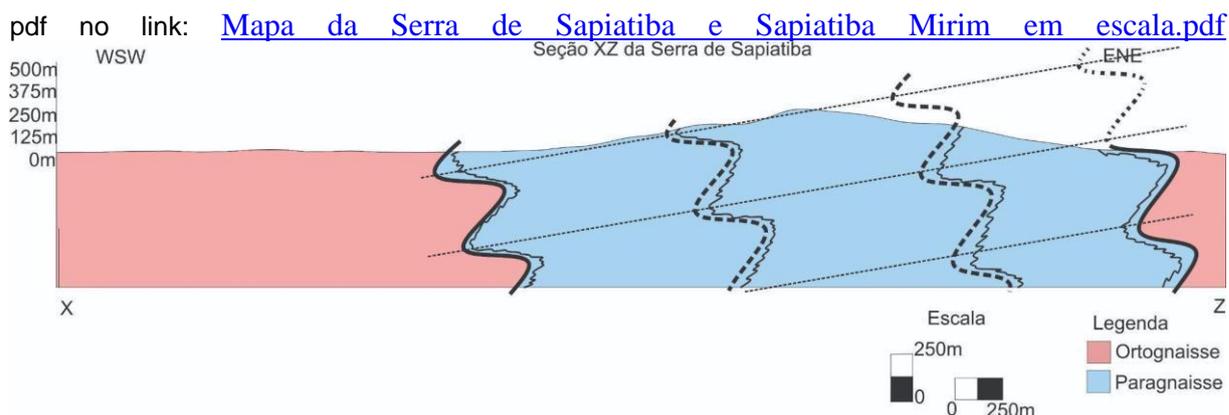


Figura 12 – Seção geológica X-Z da Serra de Sapiatiba produzida através do *software Inkscape*. com extrapolação vertical para melhor mostrar a estrutura das unidades. Notar que as dobras com plano axial e eixo inclinados são nesse trabalho atribuídas a uma fase de deformação D3.

4.1 Geologia local

As unidades litológicas afloram em diversas maneiras: cortes de estrada, lajedos, pedreiras, afloramentos em beira de estrada, ravinas, drenagens secas e molhadas, colinas erodidas, depósito de tálus e como solos saprolitizados e estão descritas abaixo em ordem cronológica da mais jovem para a mais antiga.

4.1.1 SEDIMENTOS RECENTES

Esta é representada por sedimentos inconsolidados presentes em drenagens e áreas de inundação em processo de deposição contemporâneo.

4.1.2 FORMAÇÃO BARREIRAS

Esta unidade se estende ao longo do litoral brasileiro, desde o Rio de Janeiro até o estado do Amapá, recobrendo depósitos sedimentares mesozóicos de diversas bacias costeiras. Na região de estudo, a Formação Barreiras se apresenta como arenitos mal selecionados finos a grossos com lentes de conglomerados com clastos

de grânulos a blocos, e intervalos de camadas delgadas pelíticas à areníticas em granocrescência ascendente, como pode ser observado no perfil da figura 13. A Formação Barreiras (Figura 14), caracterizada pelos arenitos cor avermelhada, encontra-se estratigraficamente acima de todas essas unidades, exceto os sedimentos recentes inconsolidados, e se apresenta em contato tectônico com as outras unidades.

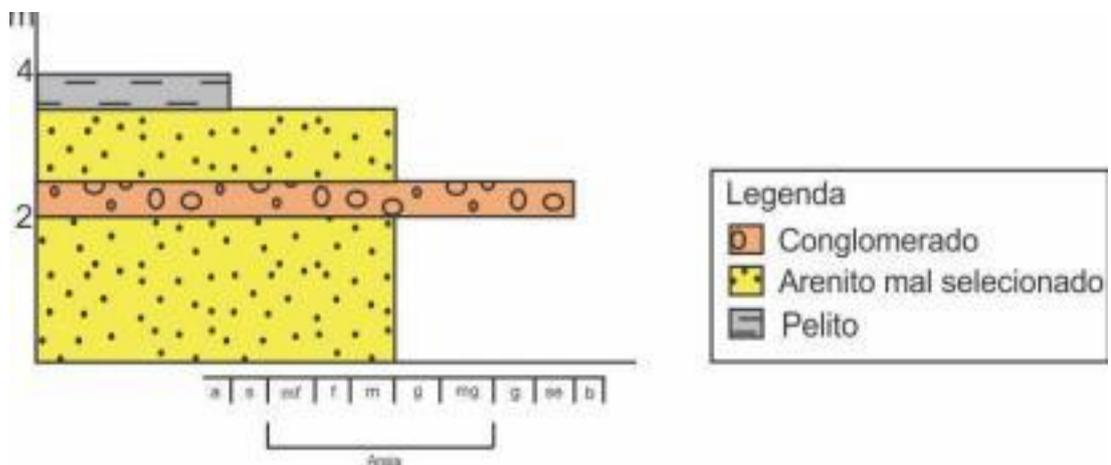


Figura 13 – Perfil da Formação Barreiras, realizado no ponto SAPAL I 24.5.



Figura 14 – Afloramento do Grupo Barreiras no chão da estrada com a ponta do lápis apontando para o Norte. Ponto SAPAL-II-19.4.

4.1.3 DIQUES MÁFICOS

Corpos ígneos de diabásio, na forma de diques com orientação preferencial ESE-WNW, cortam todas as unidades da área com exceção da Formação Barreiras e sedimentos recentes. Esses corpos subvulcânicos apresentam textura afanítica nas bordas, mas que podem apresentar pequenos cristais de minerais máficos nos centros dos diques mais espessos. Possuem espessuras que variam de poucos centímetros até 30 metros (Figura 15). É comum encontrar diques com esfoliação esferoidal e formação embrionária de disjunção colunar, sendo possível observar ambas as estruturas na figura 16.

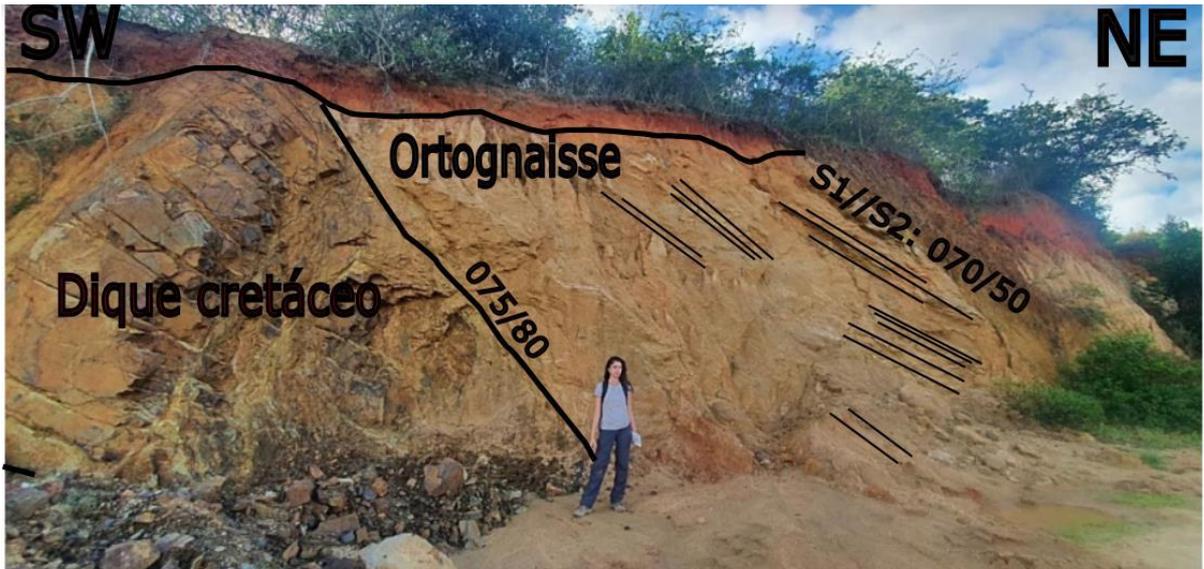


Figura 15 – Dique de diabásio em afloramento de ortognaisse com orientação *dip/dip* 075/80 no ponto SAPAL-III-19.3.



Figura 16 – Dique de diabásio no afloramento SAPAL-II-18.1, onde é possível observar a esfoliação esferoidal e formação embrionária de disjunção colunar.

Esses corpos ígneos fazem parte do enxame de diques da Serra do Mar, diques cretáceos de diabásio de natureza toleítica que se estendem pelo litoral centro-norte do Estado de São Paulo e abrange todo litoral do Rio de Janeiro (Almeida, 1986).

4.1.4 PARAGNAISSES (UNIDADE PALMITAL)

A Unidade Palmital aflora em toda Serra de Sapatiba, assim como *in situ* em drenagens e afloramentos no pavimento de estradas de chão. Também pode ocorrer em valetas de estradas e em encostas no sopé de morros, colinas, lajedos, solos saprolitizados e em cortes em barrancos no interior de propriedades rurais. Essa unidade paraderivada é predominantemente representada por (gr) sillimanita-biotita-gnaisses com camadas de quartzito e, eventualmente, rochas calcissilicáticas. Todos os litotipos estão descritos abaixo:

- a) Quartzito (Figura 17), composto essencialmente por quartzo, ocorre intercalado em camadas de até 2 metros com o paragnaisse. Localmente, pode também ocorrer milomítico, com o quartzo e feldspato marcando lineações de estiramento especialmente na região leste da Serra de Sapatiba. Esse litotipo costuma ser encontrado em contato tectônico com a Unidade Região dos Lagos e em contato sedimentar com o sillimanita-biotita – paragnaisse e pode ser utilizado como camada guia para mapear o contato entre a Unidade Palmital e a Unidade Região dos Lagos;



Figura 17 – Afloramento de quartzito, com intercalação de camadas mais finas e mais espessas no ponto SAPAL II-24.1.

- b) (Granada) sillimanita-biotita-gnaïsse, caracterizado por ser facilmente intemperizado, pode formar solos vermelhos ou roxos, e sua mineralogia essencial consiste em quartzo, feldspato, biotita, silimanita e raramente granada. A biotita é mineral essencial e foram encontrados cristais de silimanita de até 5 centímetros. É possível encontrar localmente muito veios félsicos graníticos com espessuras centimétricas, com níveis melanocráticos no contato com a encaixante, indicando evidência de zona de fusão parcial *in situ*. Uma característica marcante dessa unidade é a variação na quantidade de quartzo a depender do nível/camada a ser observado, é possível observar níveis ricos em quartzo; formando um biotita-gnaïsse fino semelhante ao ortognaïsse da Unidade Região dos Lagos, no qual a silimanita é rara ou ausente, e também é

possível observar níveis com menos quartzo, nos quais a biotita se torna mais abundante e a sillimanita pode ser encontrada mais facilmente;

- a) rochas calcissilicáticas, foi observada em um afloramento na figura 18, observada em raros afloramentos em encostas na Serra do Palmital, é caracterizada por ter uma mineralogia complexa, podendo apresentar epidoto, tremolita, entre outros minerais.



— S3 (medida dip/dip aproximadamente 313/25) — S1/S2

Figura 18 – Afloramento de rocha calcissilicática (base) em contato com sillimanita-biotita-gnaiss (topo) no afloramento SAPAL-II-22.3.

4.1.5 ORTOGNAISSES MIGMATÍTICOS (UNIDADE REGIÃO DOS LAGOS)

Essa unidade ocorre principalmente na parte baixa topográfica e pode ser observada em cortes de estrada, com destaque para os cortes da RJ-124, Via Lagos, em pequenas encostas escavadas no morro e em encostas atrás de residências. Também é comum que as rochas que compõem essa unidade formem um solo esbranquiçado à avermelhado claro, especialmente em áreas arrasadas, formando grandes pastos nos quais, algumas vezes, é possível encontrar afloramentos saprolitizados ou em blocos, formando depósito de tálus no topo de morros. A unidade é formada essencialmente por ortognaisses, por vezes com presença de pegmatitos, os quais podem se apresentar das seguintes formas:

- a) Ortognaisse de granulação fina a média, rico em biotita, a qual pode estar presente em aglomerados ou concentradas em camadas específicas, com intercalação de camadas de anfibólito, cuja espessura pode alcançar até 4 metros. Além de biotita, o ortognaisse é composto por quartzo, feldspato, anfibólio e magnetita, compondo, em sua maioria, rochas leucocráticas com índice de cor entre 25 e 40%, podendo atingir espessuras de dezenas de metros e variações composicionais com intercalação na quantidade de minerais máficos marcando o bandamento composicional (Figura 19). Ocorrem ainda níveis de anfibólito métricos intercalados. Essa unidade frequentemente apresenta veios de quartzo, geralmente acompanhando o padrão da foliação geral da rocha. Acrescenta-se, ainda, que, nas partes mais intemperizadas desse gnaisse, é possível encontrar uma quantidade expressiva de vermiculita, produto de alteração da biotita;

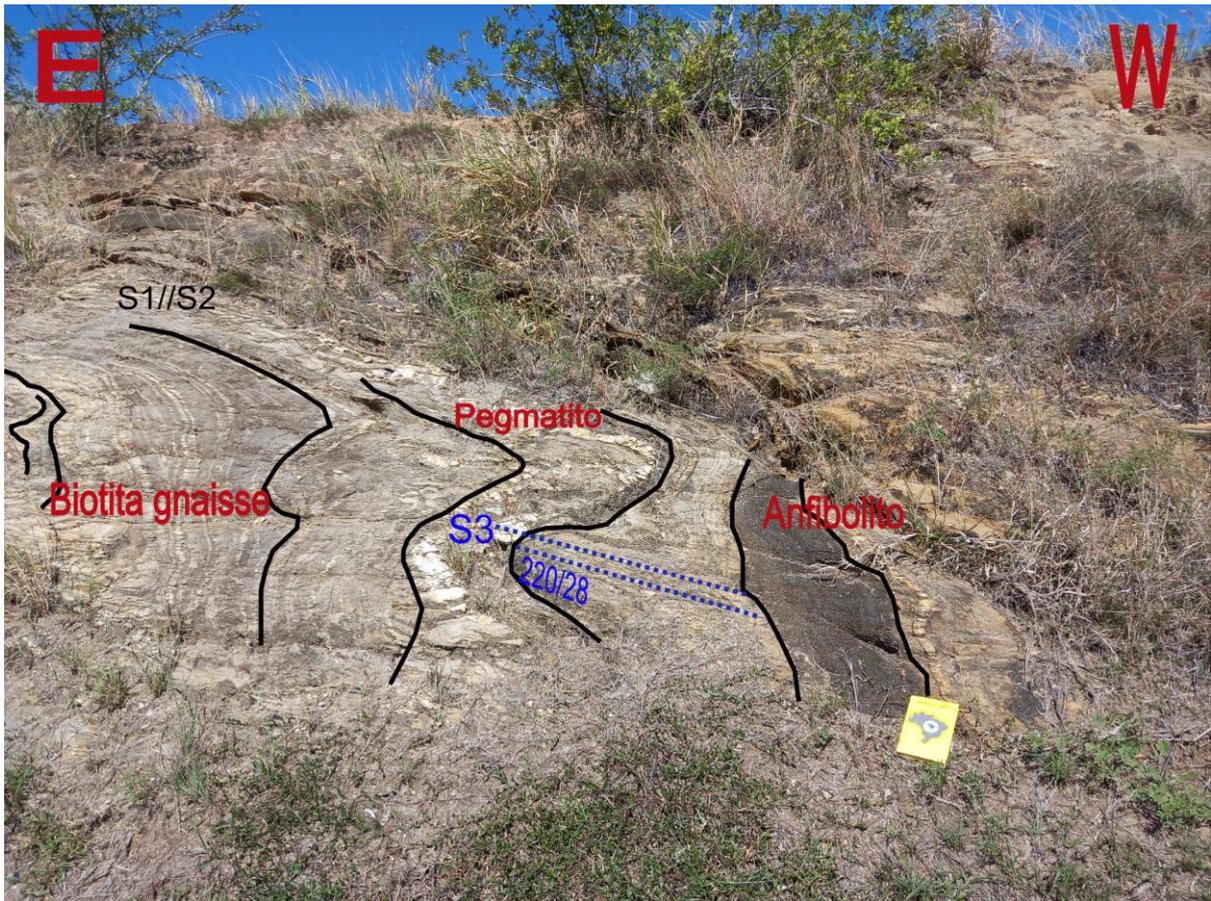


Figura 19 – Afloramento no ponto SAPAL-II-18.6 , representando a Unidade Região dos Lagos, onde é possível observar camadas de anfibolito, biotita-gnaissse e de pegmatito. Observa-se também as lineações $S_0/S_1/S_2$ e S_3 , com medida dip/dip = 220/28.

- b) Ortognaissse de granulação média a grossa, com pouca quantidade de minerais máficos, denominados em campo como leucognaissse, com índice de cor inferior a 15%, frequentemente acompanhados por grandes veios de quartzo e camadas de pegmatitos ricos em feldspatos e anfibólios subordinados (Figura 20). Essa rocha é constituída essencialmente por quartzo e feldspato com pouca biotita e anfibólio. As intercalações com camadas de anfibolito são menos frequentes e foi observada continuidade lateral de até dezenas de metros. Assim como o outro ortognaissse, este também apresenta bandamento, com intercalação de camadas contendo mais minerais máficos e camadas mais félsicas;

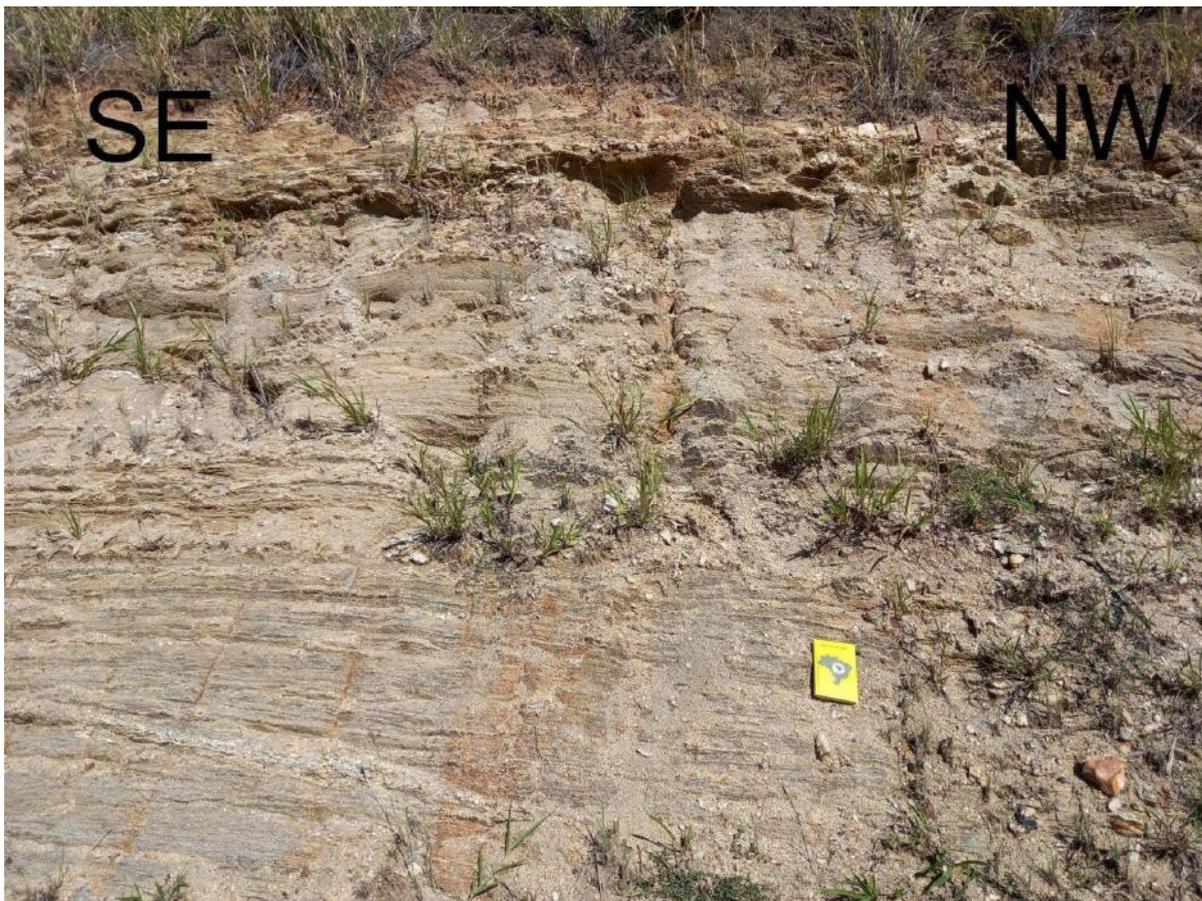


Figura 20 – Afloramento de Ortognaissse na Via Lagos, ponto SAPALII/18.4, representando o leucognaissse pobre em minerais máficos e ricos em quartzo.

- c) Ortognaissse em domínios não migmatíticos: na medida em que se afasta do contato com os paragnaisses, os ortognaisses apresentam-se sem migmatização, sendo possível observar as características do protólito. Duas fácies foram identificadas, (1) o primeiro formando uma rocha rica em cristais de magnetita como acessório, com cristais de feldspato brancos e rosados, enquanto dentro dele, ocorrendo como um enclave, há uma rocha de granulação mais fina (2), sem magnetita, com feldspatos brancos e maior proporção de máficos. Essa relação foi observada no ponto SAPAL-II-24.4 (Figura 21) em blocos como depósito de tálus.

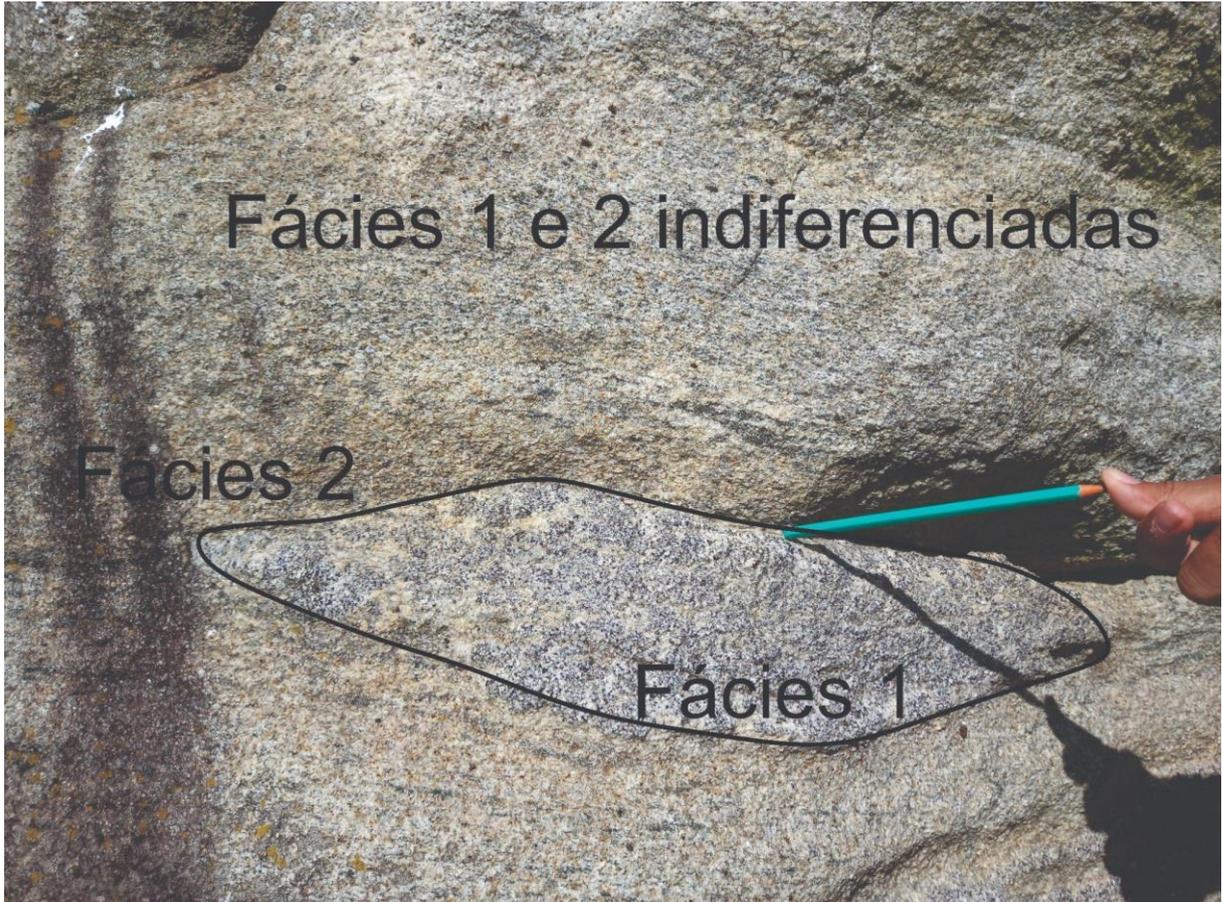


Figura 21 – Enclave de facies granítica pobre em magnetita e com feldspatos exclusivamente brancos (fácies 2) em rocha com granulação mais grossa rica em magnetita e com feldspatos tanto brancos quanto rosados (fácies 1). Na parte superior da as duas facies graníticas são indiferenciadas.

Além disso, ocorrem boudins de anfibolitos ponto SAPAL-II-18.7, cujos cristais de hornblenda podem passar para biotita nos contatos com os ortognaisses. No ponto SAPAL-II-25.4 (Figura 22), foram observados pequenos boudins compostos essencialmente por cristais de turmalina de aproximadamente 1 a 2 centímetros dentro de uma camada de pegmatito no ortognaisse.



Figura 22 – Piso do afloramento SAPAL-II-25.4 mostrando segregações de turmalina dentro de pegmatito do Ortognaisse da Unidade Região dos Lagos com a seta apontando para o norte.

4.2 Estrutural

Durante o mapeamento foi possível observar diversas estruturas tectônicas dúcteis, rúpteis, além de estruturas primárias.

4.2.1 ESTRUTURAS PRIMÁRIAS

Indicadas como S_0 , as estruturas primárias observadas em campo foram raras. É possível observar S_0 sedimentar nos paragneisses da Unidade Palmital, evidenciando pelo contato entre os quartzitos e o biotita-sillimanita-gnaïsse.

4.2.2 ESTRUTURAS DÚCTEIS

As rochas metamórficas apresentam estruturas dúcteis penetrativas, indicando deformação pervasiva durante o metamorfismo. As estruturas são dobras, boudins, bandamento gnáïssico, clivagem, lineações minerais, de estiramento, de intersecção entre outras.

4.2.2.1 Estruturas dúcteis planares (Foliação tectônica)

O bandamento gnáïssico nas duas unidades estudadas é a principal foliação tectônica da área. Dentro do bandamento, nota-se a orientação paralela a subparalela de minerais diversos, também marcando essa foliação. O bandamento caracteriza-se por uma variação composicional das camadas que, em muitos casos, representa variações do protólito, portanto paralelo ao S_0 , descrito anteriormente. Além dessa variação de origem primária, observa-se que as feições migmatíticas, níveis de fusão parcial *in situ*, também marcam o bandamento gnáïssico. Esse mimetismo se deve ao fato de que as camadas do protólito se fundem diferencialmente por conta da composição. Esse bandamento nas duas unidades seria denominado S_1 , como a

primeira foliação tectônica. Contudo ele apresenta dobras intrafoliais (figura 23) indicando que já seria um S_2 , paralela a S_1 e S_0 . O S_2 seria plano axial das dobras intrafoliais F_2 .

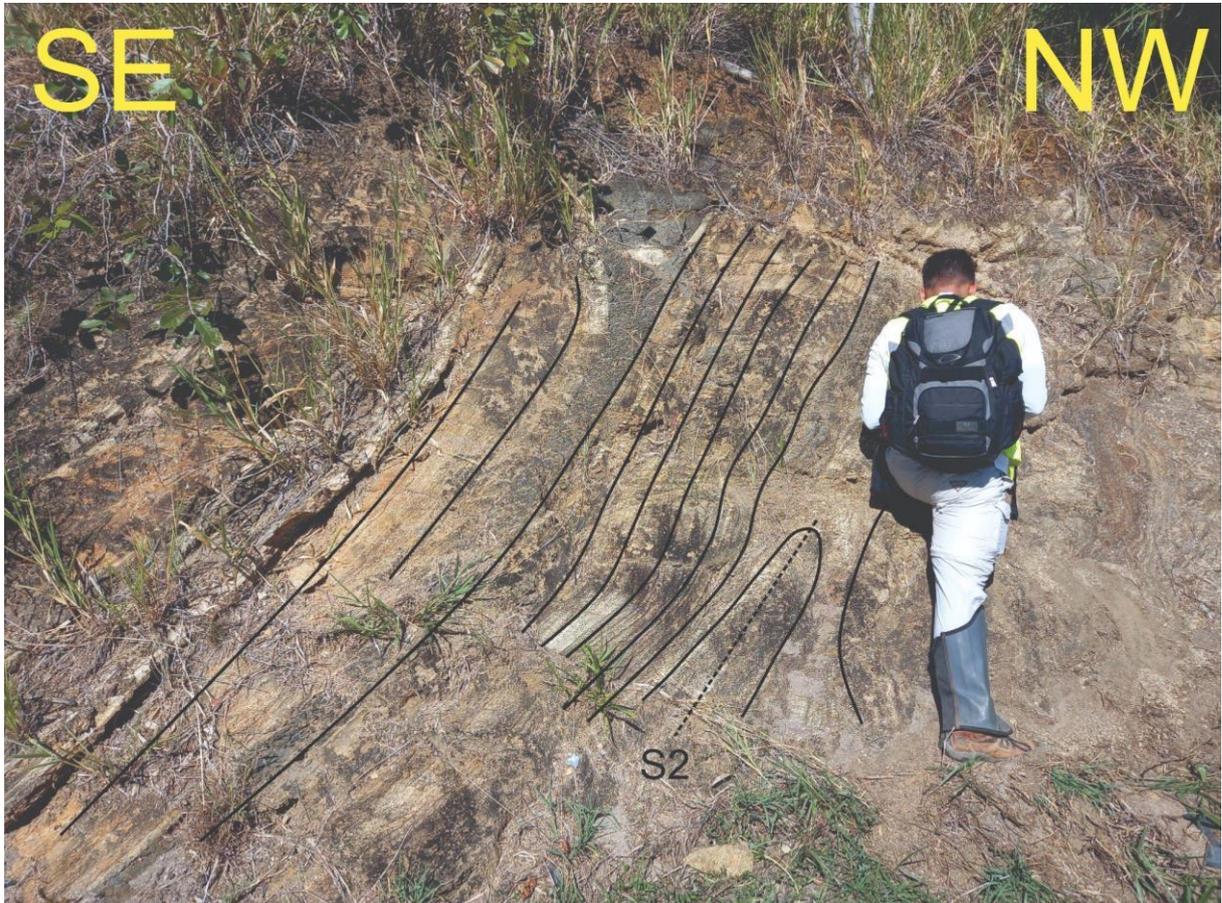


Figura 23 - Dobra intrafolial em afloramento de ortogneisse no ponto SAPAL-II-18.1, mostrando o S_2 como plano axial dessa dobra, que é paralela ao S_1 e ao S_0 .

Em alguns pontos, fica clara a presença de duas fases de deformação registradas nos boudins de anfibolito dobrados (figuras 24 e 25), Além disso o desenvolvimento de uma foliação plano-axial S_3 , se dá preferencialmente nas camadas para-derivadas e nos ortogneisses félsicos, em detrimento dos anfibolitos, mostrando a diferença de comportamento mecânico entre essas camadas de competências díspares.

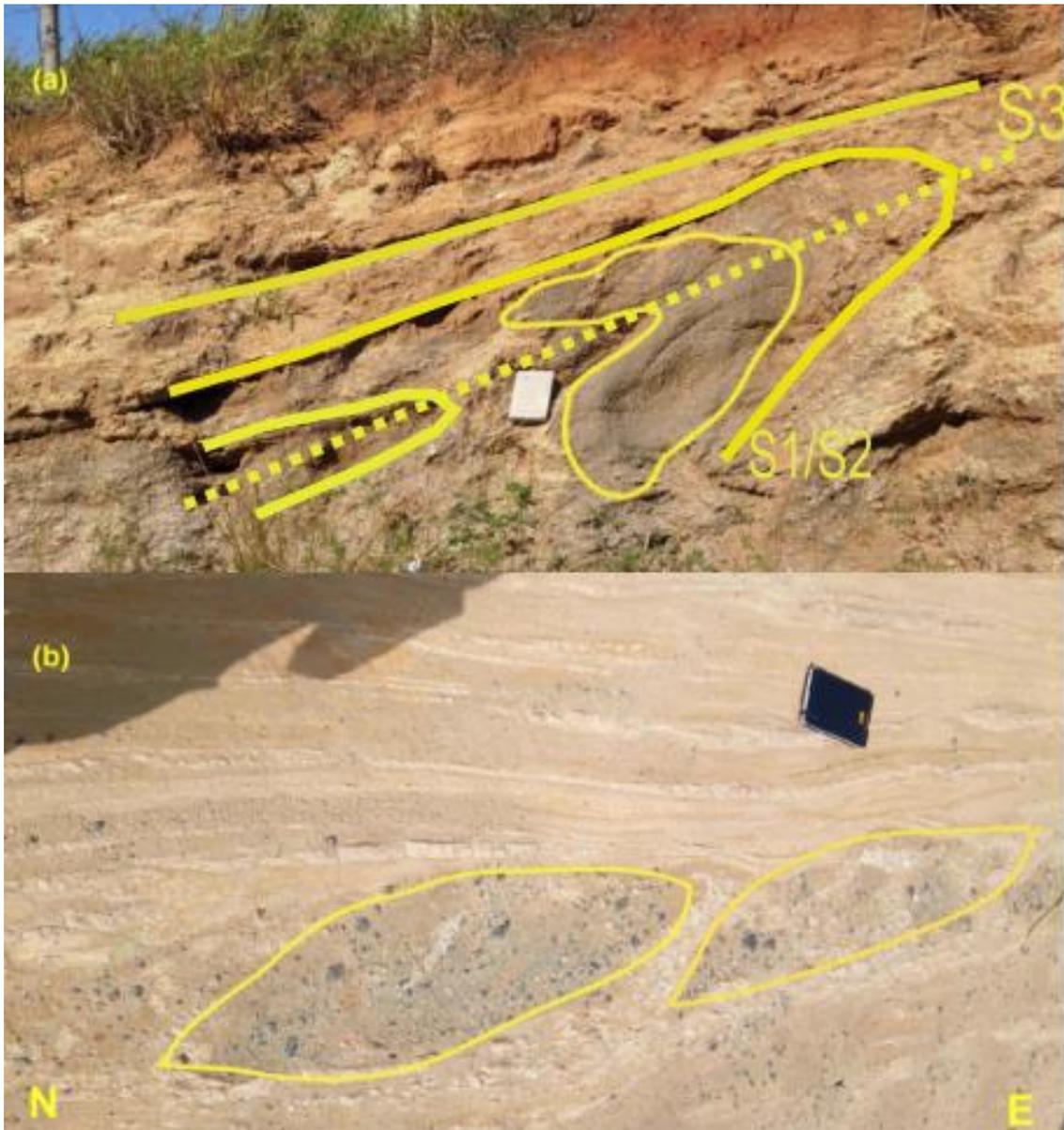


Figura 24 – Boudin de anfibolito dobrado pela fase D3 (a); boudins de anfibolito sigmoidais (b) e no afloramento SAPAL-III-24.3, às margens da rodovia Via Lagos.

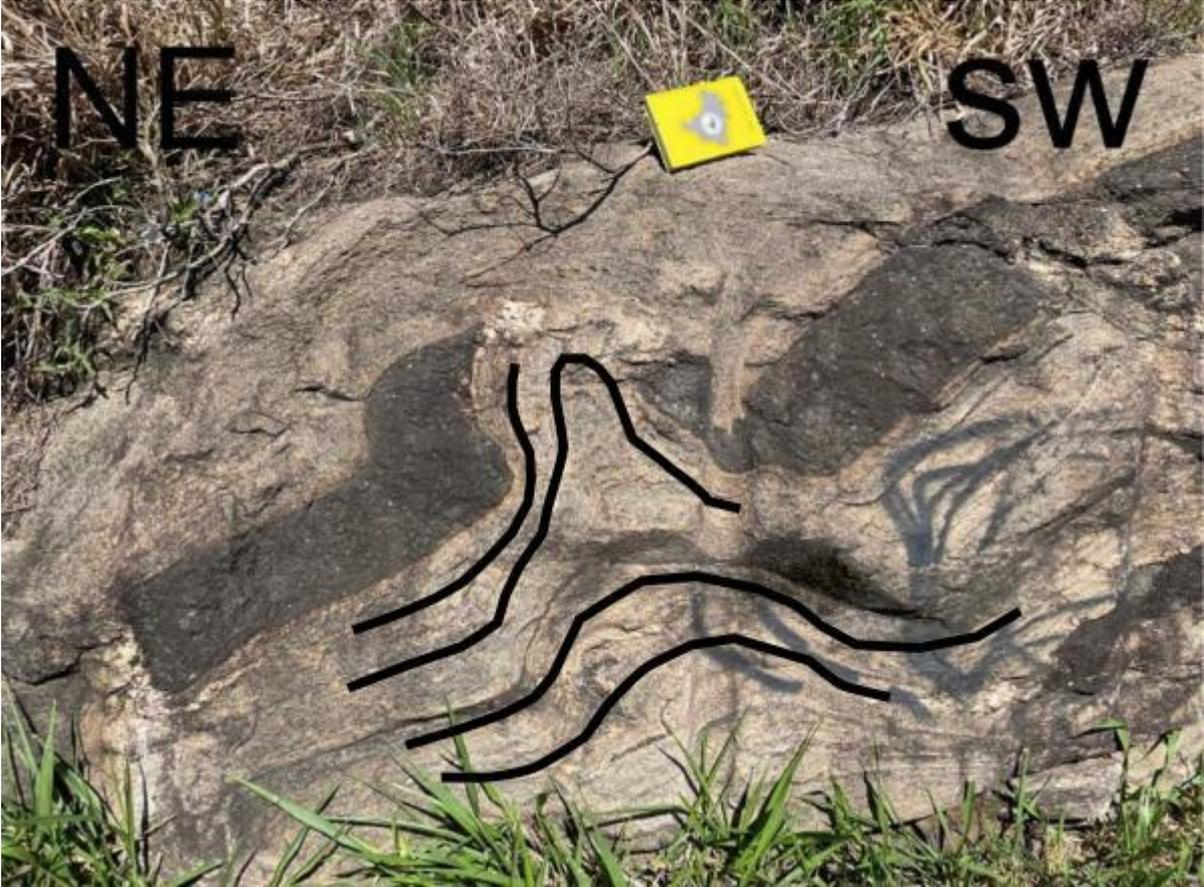


Figura 25 – Boudins de anfibolito dobrados envolvidos no ortogneisse bandado. Notar a diferença da geometria das dobras entre os dois litotipos. No anfibolito a dobra é aberta e no ortogneisse é apertada, mostrando a diferença de comportamento entre duas litologias. SAPAL-I-18.2.

Foram feitas 110 medidas da foliação principal $S_0/S_1/S_2$ (Figura 26). Essa foliação composta tem uma distribuição bimodal, com um grupo mergulhando entre 40° e 20° para SW e um segundo grupo mergulhando entre 60° e 40° para NE. O padrão de distribuição mostra notadamente uma guirlanda de dobramento. O eixo imaginário calculado para esse plano, eixo π , seria de aproximadamente $157/16$, que corresponde ao eixo de dobramento da F_3 .

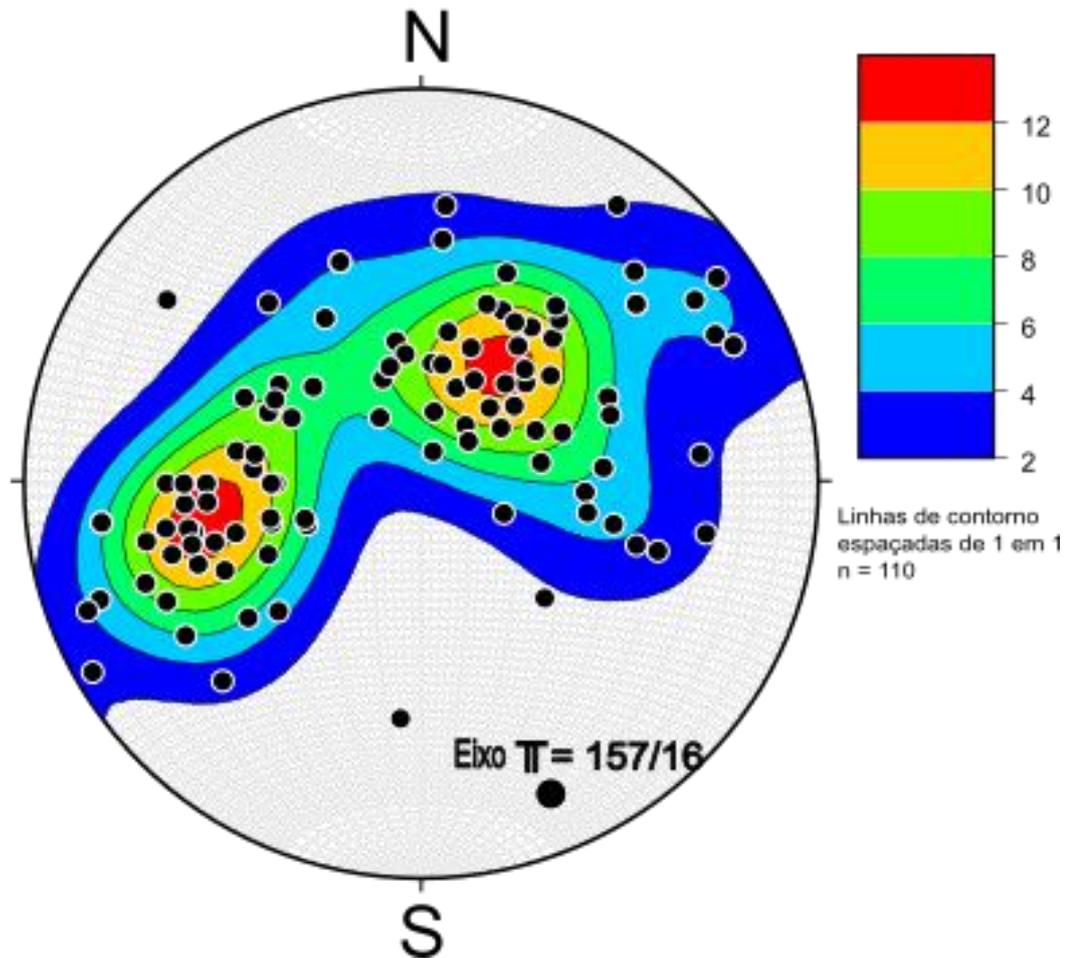


Figura 26 – Rede estereográfica dos pólos da foliação $S_0/S_1/S_2$ obtidas em campo.

Essa dobra é representada no campo pelas estruturas recumbentes (figuras 19, 27 e 28). Sua amplitude pode variar de alguns metros, como na figura 27 a algumas dezenas de centímetros, como na figura 28. Essa diferença de dimensão está relacionada às distintas competências entre os litotipos (Figura 25).

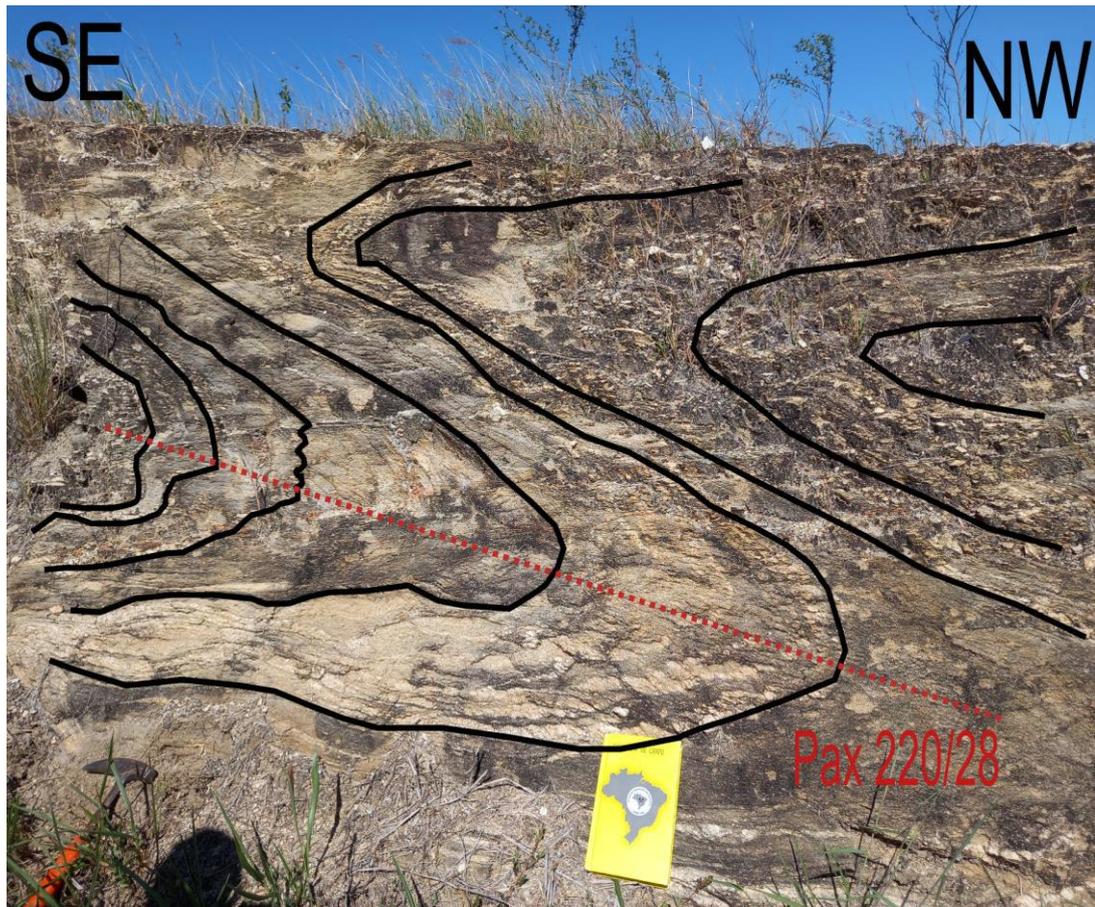


Figura 27 – Foliação $S_0/S_1/S_2$ formando uma dobra recumbente com plano axial medido em 220/28 no ponto SAPAL-II-18.6. Ortognaisse bandado.

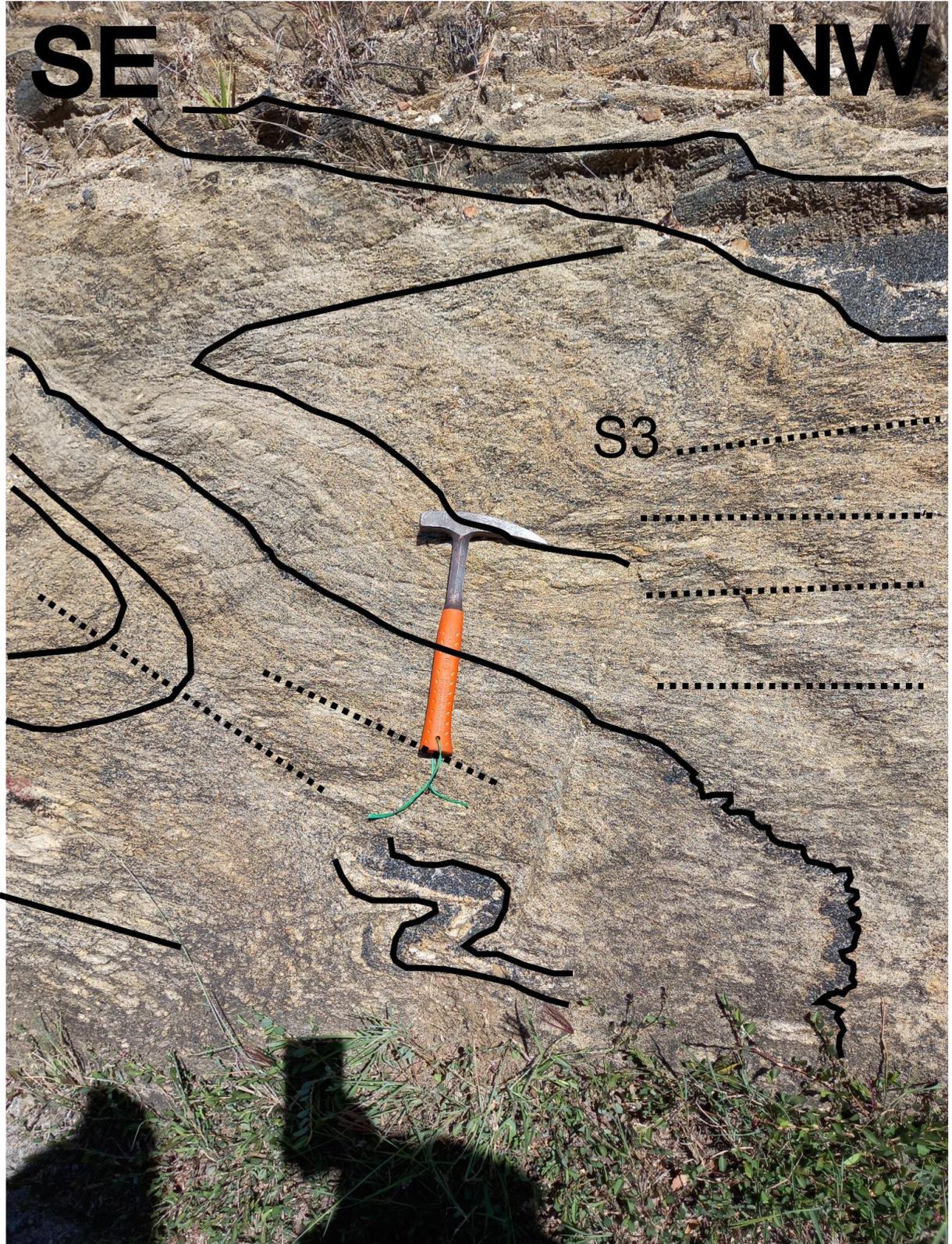


Figura 28 – Foliação $S_0/S_1/S_2$ formando dobras recumbentes em afloramento de ortogneisse no ponto SAPAL-II-18.4.

Uma outra família de foliação tectônica, descontinua, é S_3 . Essa foliação é paralela ao plano axial das dobras F_3 . Essa foliação é apenas bem desenvolvida nas camadas rochosas mais micáceas, principalmente nos paragnaisses e, às vezes, nos ortognaisses. Os planos axiais S_3 medidos em campo estão representados numa rede estereográfica, que une medidas de foliação nas camadas mais micáceas e superfície axial das dobras, ambas coincidindo. Apesar da dispersão das 43 medidas, obteve-se um plano médio de baixo ângulo para SSW (figura 29).

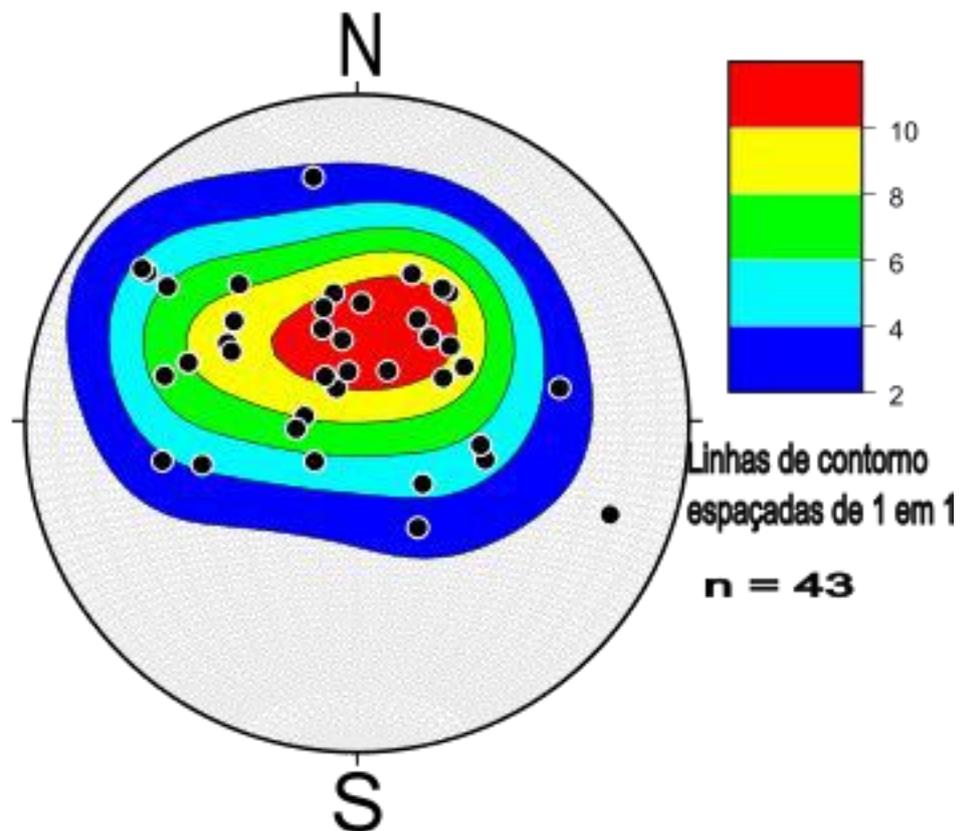


Figura 29 – Rede estereográfica das medidas de Plano axial das dobras F_3 e S_3 medidas em campo produzida através do *software stereonet*.

4.2.2.2 Estruturas dúcteis lineares (Lineações tectônicas)

Observamos que as camadas mais quartzo-feldspáticas apresentam lineação de estiramento mineral de baixo caimento principalmente para sudeste e, subordinadamente para sudoeste (Figura 30). A lineação de estiramento pode ser marcada por quartzo e feldspato. Nos paragneisses geralmente é paralela à lineação mineral de sillimanita .

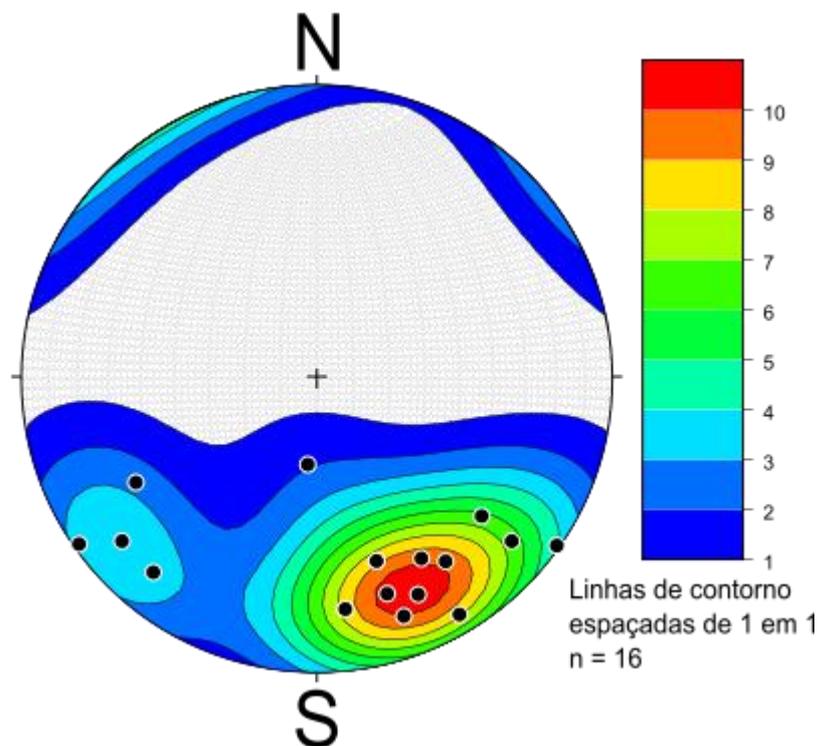


Figura 30 – Rede estereográfica com as medidas de lineação de estiramento.

Os eixos das dobras F3, que deformam a foliação $S_0/S_1/S_2$, também apresentam caimento baixo para sul-sudeste (Figura 31).

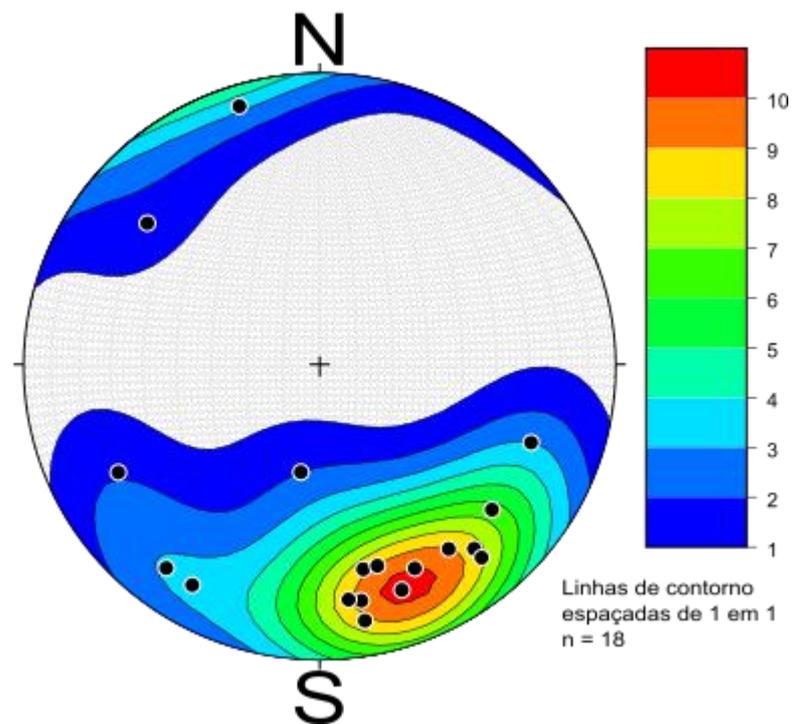


Figura 31 – Rede estereográfica das medidas de eixo das dobras F3.

Observa-se através das redes estereográficas que o eixo das dobras é paralelo à lineação de estiramento e concordante com o eixo π calculado através da rede estereográfica de $S_0/S_1/S_2$.

4.2.2.3 Dobras

Estudos detalhados de foliações e afloramentos em campo nos permitiram identificar duas principais famílias de dobras (figura 32). A primeira é caracterizada por dobras isoclinais e fechadas, que frequentemente se manifestam como dobras intrafoliais e são classificadas como dobras F_2 . A segunda família consiste nas dobras F_3 , cujo plano axial é paralelo à foliação S_3 .



Figura 32 – Dobras F2 e F3 lado a lado em afloramento de ortogneisse no ponto SAPAL-II-19.6.

4.2.2.4 Boudins

Frequentemente podem ser encontrados boudins de anfibolito nos ortognaisses e boudins de rochas calcissilicáticas nos paragnaisses. Ambos casos esses boudins estão contidos no bandamento gnáissico principal ($S_0/S_1/S_2$). Nota-se que esses boudins às vezes estão dobrados, o que significaria que uma camada de anfibolito, mais competente que a camada de biotita-gnaisse, teria sido submetido a um esforço extensional (Df_2 ou deformação 1) e, posteriormente, submetido a um esforço de deformação convergente (Df_3 ou deformação 2), dobrando a camada de boudin formada anteriormente. Na Figura 21 é possível observar um boudin de anfibolito que está dobrado.

4.2.2.5 Zonas de cisalhamento

Foram identificadas, em alguns afloramentos referentes à Unidade Região dos Lagos, zonas de cisalhamento dextral (Figura 33), indicando comportamento reológico dúctil-rúptil.

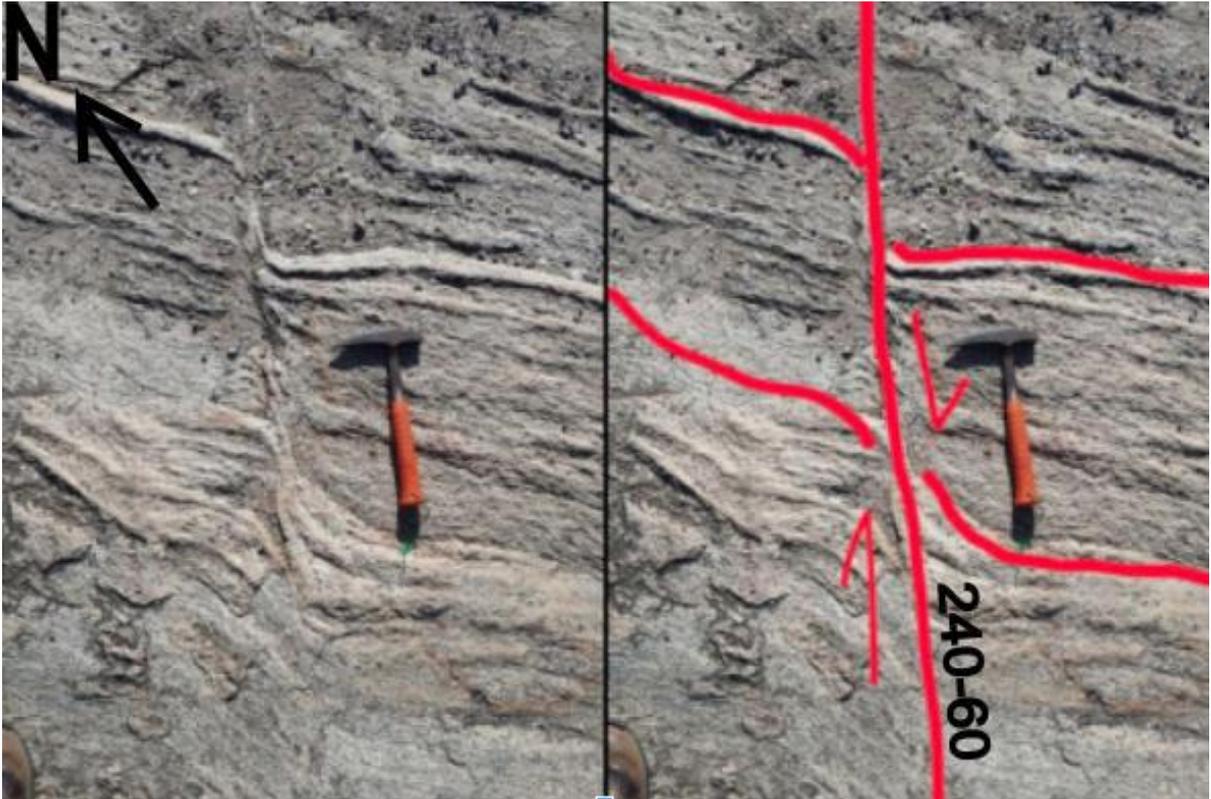


Figura 33 – Cisalhamento dextral no afloramento SAPAL-I/26.1. Sentido: 240-60.

4.2.3 ESTRUTURAS RÚPTEIS

4.2.3.1 Falhas e fraturas

As fraturas são raras na maior parte da região e podem ser observadas em maior abundância nos diques de diabásio, onde apresentam padrão de fraturamento esferoidal ou hexagonal e direção preferencial ENE-WSW.

As falhas podem ocorrer em escala de afloramento, podendo ser dextrais ou normais. Em menor frequência, também foram identificadas falhas regionais normais, as quais, por sua vez, foram caracterizadas como falhas dextrais oblíquas. Essas falhas de maior escala são encontradas apenas na parte sul da Serra de Sapatiba.

A “Falha do Bico Preto”, a qual se encontra na área mapeada no afloramento SAPAL I- 20.3, que apresenta uma zona de brecha com atitude $107^{\circ}/37^{\circ}$ (Figura 34).

Essa falha apresenta continuidade quilométrica e atravessa todo o sul da Serra de Sapiatiba, gerando um pequeno rejeito, como é possível observar no mapa produzido (figura 11). Ainda nesse afloramento, também foram observados indicadores cinemáticos que permitiram identificar a direção e caimento da falha, com estrias (Figura 35) e, com isso, foi possível classificá-la como uma falha normal dextral oblíqua.

Na Falha do Bico Preto foi possível observar uma estrutura “em flor” (Figura 34), contendo estrias de direção $309^{\circ}/80^{\circ}$, que seria a direção aproximada da falha que corta o Sul da Serra de Sapiatiba.



Figura 34 – Zona cataclástica com brecha na Falha do Bico Preto (SAPAL I-20.3). Falha normal dextral oblíqua, com fraturas quase perpendiculares (em branco) ao plano da falha. Estrutura “em flor” a direita, contendo estrias de direção $309^{\circ}/80^{\circ}$.



Figura 35 – SAPAL-I-20.3; estrias foram observadas no afloramento, possuindo uma média de $40^{\circ}/60^{\circ}$, indicando que se trata de uma falha dextral oblíqua.

4.3 Metamorfismo

A descrição dos minerais em campo e em amostras macroscópicas permitiu a identificação de minerais metamórficos que em equilíbrio indicam metamorfismo de alto grau nos paragneisses, como sillimanita, quartzo, biotita e feldspato em equilíbrio. A associação mineral descrita, mais a presença de feições de fusão parcial *in situ* nos gnaisses de ambas unidades, permitiu estimar que as rochas da Unidade Palmital foram submetidas a condições de temperatura superiores a 700°C (Figura 36 e 37.). Além disso, a ausência de muscovita e presença de feldspato potássico e sillimanita nos veios leucossomáticos são indicativos de que a rocha ultrapassou o campo da fusão parcial, e pressões de no máximo 12 Kb, estando contida na fácies granulito, também corroborado pela evidência de fusão parcial em alguns afloramentos.

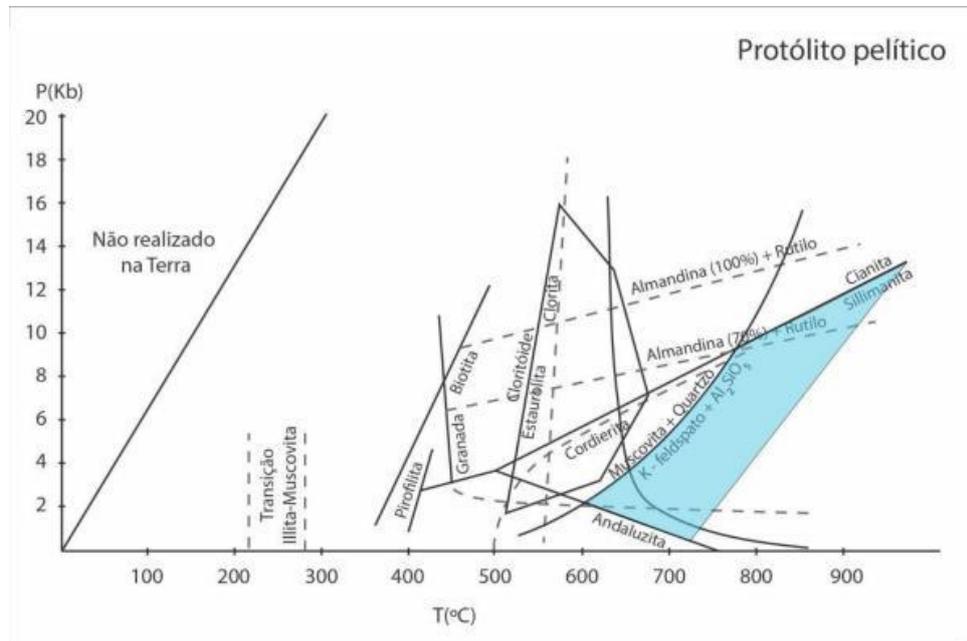


Figura 36 – Diagramas metamórficos (P-T); Protólito Pelítico, com destaque para o provável campo de formação da Unidade Palmital.

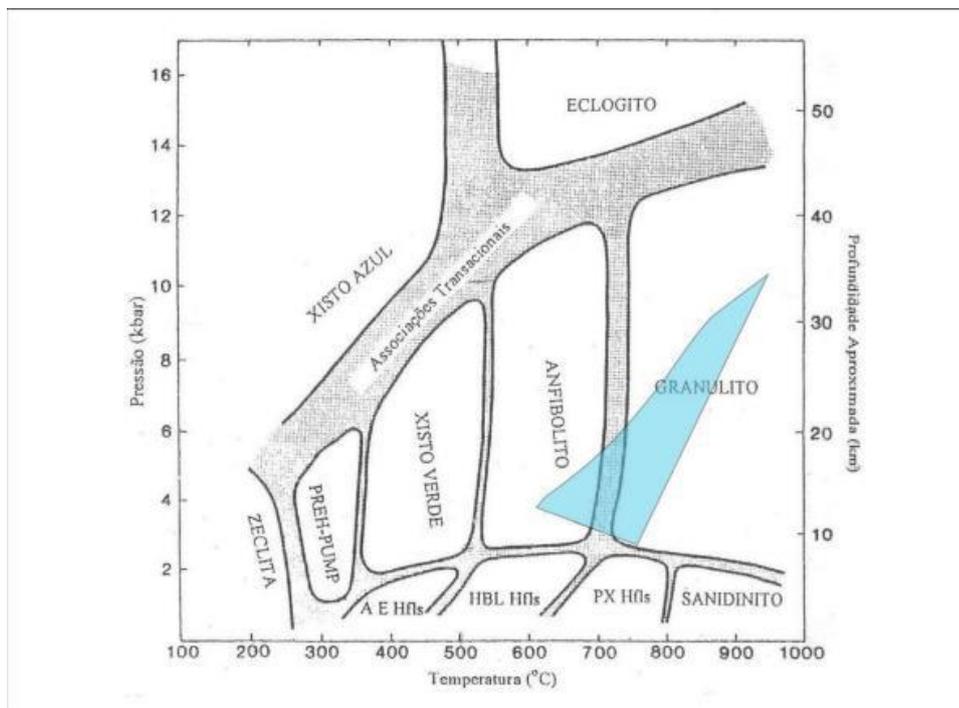


Figura 37 – Diagramas metamórficos (P-T); Fácies Metamórficas, com destaque para o provável campo de formação da Unidade Palmital.

Apesar de se presumir pressões máximas de 12 Kb, foi encontrado um cristal de cianita substituído por silimanita (Figura 38), o que pode ser indicativo de que as rochas da Unidade Palmital sofreram ação de pressão ainda maior.



Figura 38 – Amostra retirada do afloramento SAPAL-I-18.7, circulado em vermelho se encontra uma cianita preservada, parcialmente substituída por sillimanita.

Foi possível observar em campo que rochas da Unidade Região dos Lagos também apresentam muitos indicativos de fusão, sugerindo que essas rochas foram submetidas a temperaturas superiores a 700 °C.

5 DISCUSSÕES

5.1. PROTÓLITOS DOS GNAISSES

A região que compõe as serras da Sapiatiba e Sapiatiba Mirim é constituída por dois tipos principais de rocha: ortognaisses, representados pela Unidade Região dos Lagos, e paragnaisses, representados pela Unidade Palmital.

5.1.1 UNIDADE REGIÃO DOS LAGOS

Os ortognaisses da unidade Região dos Lagos são caracterizados por possuir uma composição rica em K-feldspato, plagioclásio, quartzo, biotita e, em alguns pontos, hornblenda. Nos domínios menos deformados e migmatíticos, pode-se observar uma textura de rocha ígnea plutônica, com fenocristais, enclaves, etc. Essa assembleia mineralógica, assim como aspecto visual e textural, remete a rochas metamórficas derivadas de protólitos graníticos e dioríticos. As lentes de anfibolitos intercaladas são homogêneas, textura média fina. Devido à homogeneidade mineralógica/textural dos corpos máficos e ainda a intercalação com rochas plutônicas, esses anfibolitos são interpretados como intrusões subvulcânicas básicas.

5.1.2 UNIDADE PALMITAL

Os paragnaisses são predominantemente constituídos por K-feldspato, plagioclásio, quartzo, sillimanita e biotita, podendo conter localmente granada, além de minerais como epidoto e tremolita, estes últimos nas rochas calcissilicáticas. Essa

composição mineralógica sugere protólitos pelíticos, onde a variação na quantidade de quartzo e micas, dependendo da camada observada, é semelhante à variação de camadas mais ou menos arenosas em uma sucessão sedimentar. Uma interpretação possível para os ambientes deposicionais desse protólito pelítico é de que teriam se formado em sistemas turbidíticos, em ambientes marinhos ou lacustres abaixo do nível base das ondas, onde fluxos gravitacionais subaquáticos influenciaram a formação de camadas mais ricas em quartzo. Capistrano *et al.* (2017) realizaram análises geoquímicas nos paragnais desta unidade na Serra do Palmital e concluiu que os protólitos seriam sedimentos siliciclásticos imaturos do tipo litoarenitos. Fernandes *et al.* (2015) apresentaram datações em zircões detríticos das amostras dessa unidade e identificaram como a principal fonte dos sedimentos rochas do Ediacarano (ca. 630-600 Ma). Segundo esses autores, as fontes seriam as rochas magmáticas do Terreno Oriental a oeste.

5.2 Síntese da evolução estrutural da área

Nas serras de Sapatiba e Sapatiba Mirim é possível identificar três fases de deformação, as quais foram responsáveis por gerar as foliações S_1 , S_2 e S_3 e estão dispostas no esquema da Figura 39.

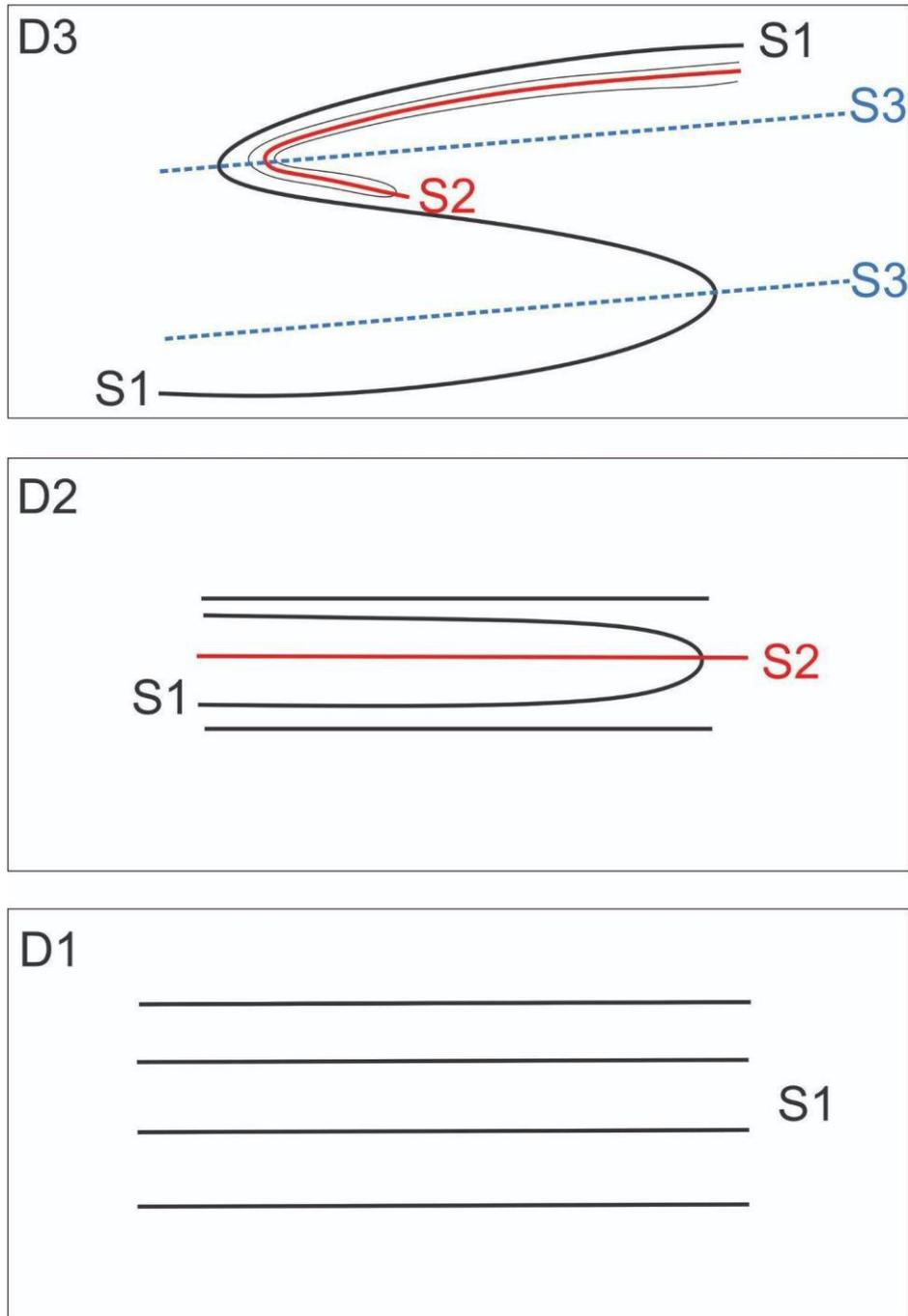


Figura 39: esquema com as estruturas geradas em três fases de deformação presentes na região de estudo.

5.3 Relação estrutural entre os ortognaisses e os paragnaisses e implicações tectônicas

Existe na literatura geológica uma discussão sobre a relação estrutural entre os ortognaisses e paragnaisses no Domínio Tectônico do Cabo Frio. Duas hipóteses para justificar a ocorrência dos paragnaisses da Unidade Palmital nas serras da Sapiatiba e Sapiatiba Mirim são a seguir apresentadas. A primeira alternativa é que os paragnaisses representam uma janela estrutural, onde parte dos ortognaisses da unidade Região dos Lagos teria sido erodida, expondo a unidade abaixo, Unidade Palmital (Schmitt *et al.*, 2009). Essa proposição implica que a unidade paraderivada estaria por baixo da ortoderivada, significando que uma estrutura de cavalgamento inicial deve ter colocado o embasamento paleoproterozoico por sobre os paragnaisses neoproterozoicos, antes do dobramento principal (F3). Ou seja, o empurrão deve ser associado a alguma fase de deformação dúctil D1 e/ou D2. Uma evidência observada em campo, que favorece essa possibilidade, é que nos contatos ambas unidades apresentam estiramento mineral de quartzo e feldspato. A lineação de estiramento bem desenvolvida pode indicar a uma zona de alto *strain*, compatível com uma zona de empurrão.

A segunda hipótese também preconiza a existência de um contato por empurrão, mas nesse caso os paragnaisses neoproterozoicos estariam por sobre os ortognaisses paleoproterozoicos. Portanto os gnaisses das Serras da Sapiatiba e Sapiatiba Mirim seriam uma klippe tectônica (Capistrano *et al.*, 2021) (Figura 8).

As foliações $S_0/S_1/S_2$ se apresentam e seu plano axial forma a foliação S_3 com mergulho baixo para Sul/Sudoeste (figura 28), também foi representado na seção XZ (Figura 12). Essas dobras F3 são as de maior amplitude na área. Nas redes estereográficas (Figura 26), os flancos mergulham para SW e para NE, sendo interpretadas como dobras recumbentes com base no que foi observado em campo e proposto na seção geológica produzida (Figura 12).

O mapeamento das estruturas F3 se dá principalmente pelas dobras parasíticas. O contato entre os paragneisses e ortogneisses tem evidências de deformação (Lineações de estiramento – Figura 40) e de fusão parcial in situ (estão mais migmatíticos – Figura 41). A presença de migmatização e o aumento na deformação em áreas próximas ao contato permite concluirmos que é um contato tectônico. Isso não elimina a possibilidade de antes ter sido um contato por discordância originalmente.

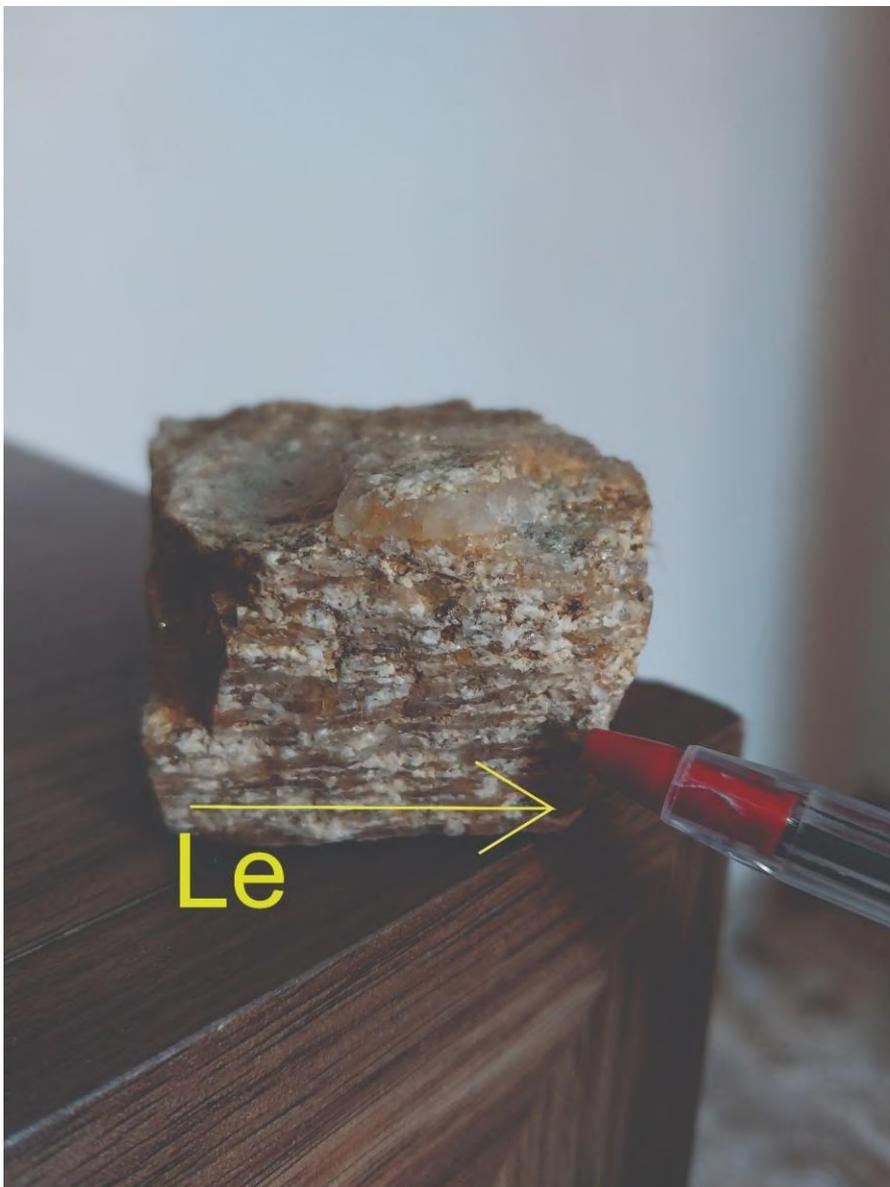


Figura 40: lineação de estiramento em quartzito. Amostra retirada do afloramento SAPAL-II-24.1.



Figura 41: Fusão parcial in situ no ortognaisse. Afloramento SAPAL-II-19.7.

O contato entre as duas unidades é formado por dobras recumbentes de ambos os lados da serra, o que pode fazer com que a Unidade Região dos Lagos esteja por cima da Unidade Palmital localmente ou regionalmente, formando uma inversão

estratigráfica, a qual pode ser apenas reflexo de quais flancos correspondem aos contatos (Figura 42 e 43).

Minha interpretação é de que o contato entre os para- e ortognaisses das Serras de Sapatiba e Sapatiba Mirim se deu em regime dúctil, não sendo possível afirmar com certeza qual a unidade litoestratigráfica que está por cima devido a configuração estrutural proposta na seção da Figura 12. Ao extrapolar o pensamento geológico, utilizando como referência a seção XZ, podemos propor que esse contato poderia ser ligado por cima (Figura 42), configurando um cenário onde a Unidade Região dos Lagos estaria por cima da Unidade Palmital, confirmando que houve uma inversão estratigráfica antes do dobramento F3. Outra possibilidade é fechar o contato por baixo (Figura 43), com a unidade paraderivada por cima da unidade ortoderivada, sem inversão estratigráfica antes das dobras F3. Em ambas as proposições, ao retirarmos a deformação F3, surge uma dobra regional F2 com plano axial S2 de alto mergulho (Figura 42 e 43).

No mapa das serras de Sapatiba e Sapatiba Mirim (Figura 11) observa-se que ocorre o fechamento dos paragnaisses da unidade Palmital ao sul. Isso concorda com a atitude dos eixos da dobra F3 (Figura 30) cujo baixo ângulo de caimento é para SE e SW. Esse fato seria evidência para a primeira hipótese, em que é o contato ortognaisses e paragnaisses seria fechado por cima (Figura 42), em uma janela estrutural e confirmando a inversão estratigráfica pré-F3.

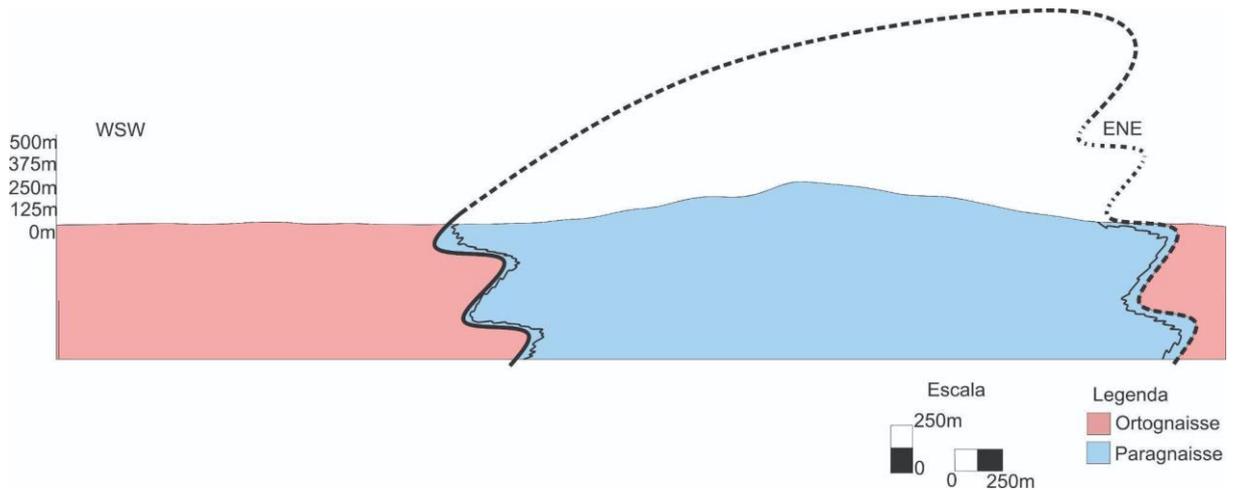


Figura 42 - Esquema da seção de Sapiatiba com fechamento da dobra por cima, mostrando a Unidade Região dos Lagos por cima da Unidade Palmital, mostrando que a serra de Sapiatiba representaria uma janela estrutural.

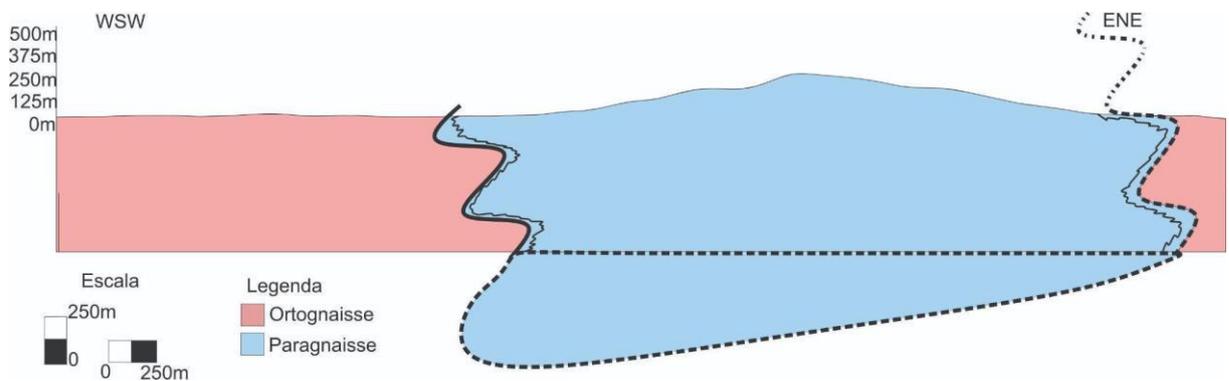


Figura 43 - Esquema da seção de Sapiatiba com fechamento da dobra por baixo, mostrando uma situação sem inversão estratigráfica.

As serras da Sapiatiba e Sapiatiba Mirim apresentam paragnaises muito semelhantes àqueles definidos na Serra do Palmital a oeste, portanto foram diretamente correlacionados com a Unidade Palmital (Figura 8). Caso seja válida a hipótese de que essa ocorrência na região da Sapiatiba seja uma janela estrutural, os paragnaises devem se conectar em subsuperfície com os paragnaises da Serra do Palmital. Essa hipótese concorda com a proposta de Freitas *et al.* (2021) de que a unidade Palmital estaria por baixo dos ortognaisses do Domínio Tectônico do Cabo Frio. Esses autores defendem uma subducção seguida de colisão em que o DTCF seja a placa de cima.

Na proposição de que os paragnaisses das serras da Sapiatiba e Sapiatiba Mirim seriam parte de uma klippe, esses poderiam se conectar com a lente de paragnaisses da Serra do Palmital por um empurrão pré-F2, de oeste para leste (Fig. 8).

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A maior parte da Serra de Sapatiba é composta por ortognaisses da Unidade Região dos Lagos e paragnaisses da Unidade Palmital. Os ortognaisses derivam de protólitos graníticos, enquanto os paragnaisses derivam de protólitos pelíticos, com características sedimentares que podem ser marinhas, de acordo com a análise mineralógica e estrutural dessas rochas.

A relação estrutural que existe entre essas unidades é controversa e complicada. A relação entre isso é explicada por duas teorias principais: a hipótese de uma janela estrutural, na qual os paragnaisses subjacentes foram expostos pela erosão do ortognaisse; e a hipótese de um klippe, na qual blocos de rocha foram deslocados por falhas de empurrão. De acordo com as observações realizadas no campo, a área foi submetida a deformações em um grau totalmente dúctil. A configuração estrutural sugere que a Unidade Região dos Lagos pode estar localizada acima da Unidade Palmital, o que indica uma inversão estratigráfica observada empiricamente. Mas não há certeza sobre o fechamento das dobras, o que impede de chegar a uma conclusão definitiva sobre a posição relativa das unidades.

Apenas com os dados apresentados neste trabalho não é possível dizer quais das duas hipóteses para o fechamento da dobra da serra de Sapatiba seria mais provável. Em trabalhos futuros, é possível que uma correlação entre a Serra de Sapatiba e a Serra do Palmital possa ajudar a esclarecer melhor a relação entre estas unidades. Além disso, seria importante buscar entender por que a Unidade Palmital, apesar de ser mais frágil e suscetível ao intemperismo, está presente nas regiões topograficamente mais altas, enquanto a unidade ortoderivada está presente em regiões topográficas mais baixas

REFERÊNCIAS

- Almeida, F. F. M. de *et al.* Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, Amsterdã, v. 17, p. 1-29, abr. 1981. Disponível: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0012825281900039>. Acesso em: 27 fev. 2024.
- ALMEIDA, F. F. M. de. 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/item/002962915>. Acesso em: 27 fev. 2024.
- CAPISTRANO, G. G. *et al.* Ediacaran ophiolite relics in the SE Brazilian coast: field, geochemical and geochronological evidence from metabasites and paragneisses. **Journal of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 105, jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103040>. Acesso em: 27 fev. 2024.
- CAPISTRANO, G. G. *et al.* Evidence of a Neoproterozoic active continental margin geochemistry and isotope geology of high-grade paragneiss from the Ribeira Orogen, SE, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 77, p. 170-184, ago. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.05.006>. Acesso em: 28 fev. 2024.
- FERNANDES, G L. de *et al.* Unraveling the tectonic Evolution of a Neoproterozoic-Cambrian active margin in the Ribeira Orogen (SE Brazil): U-Pb and Lu-Hf provenance data. **Precambrian Research**, Amsterdã, v. 266, p. 337-360, 2015. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002710408>. Acesso em: 29 fev. 2024.
- FREITAS, N. C. de *et al.* The Cabo Frio Thrust: A folded suture zone, Ribeira belt, SE Brazil. **Journal of Structural Geology**, v. 149, ago. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0191814121001036>. Acesso em: 03 jun. 2024.
- GUARDADO, L. R.; GAMBOA, L. A. P.; LUCCHESI, C. F. Petroleum geology of the Campos Basin, Brazil, a model for a producing atlantic type basin: part 1. **MEMOIR**, [S. l.] v. 48, p. 3-79, 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.1306/M48508C1>. Acesso em: 29 fev. 2024.
- HEILBRON, M. *et al.* A província mantiqueira. *In*: MANTESSO-NETO, V. *et al.* (Org.). **Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Beca, 2004, p. 203–234.
- HEILBRON, M. *et al.* Geologia do Cabo dos Búzios (Estado do Rio de Janeiro). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 553-562, 1982.
- HEILBRON, M. *et al.* The Serra da Bolívia complex: the record as a new Neoproterozoic arc-related unit at Ribeira belt. **Precambrian Research**, Amsterdã, v. 238, p. 158-175, nov. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2013.09.014>. Acesso em: 29 fev. 2024.

HEILBRON, M.; MACHADO, N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic–Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). **Precambrian Research**, Amsterdã, v. 125, p. 87-112, jul. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(03\)00082-2](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(03)00082-2). Acesso em: 29 fev. 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.103040>. Acesso em: 28 fev. 2024.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e recursos minerais das folhas Rio das Ostras e Cabo Frio**: SF.24-Y-A-IV e SF.23-Z-B-VI: escala 1:100.000: estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte: CPRM, 2012. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17682>. Acesso em: 29 fev. 2024.

SCHMITT R.S *et al.* Mapa Geológico da Folha Cabo Frio SF.23-Z-B-VI. *In*: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e recursos minerais das folhas Rio das Ostras e Cabo Frio**: SF.24-Y-A-IV e SF.23-Z-B-VI: escala 1:100.000: estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte: CPRM, 2012. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/17682?mode=full>. Acesso em: 29 fev. 2024.

SCHMITT, R. da S. *et al.* The tectonic significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian margin: a paleoproterozoic through cretaceous saga of a reworked continental margin. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, v. 46, p. 37-66, jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2317-4889201620150025>. Acesso em: 27 fev. 2024.

SCHMITT, R. S. *et al.* Late amalgamation in the central part of West Gondwana: the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). **Precambrian Research**, Amsterdã, v. 133, p. 29-61, ago. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2004.03.010>. Acesso em: 28 fev. 2024.

TROUW, R. *et al.* The central segment of the Ribeira Belt. *In*: Cordani, U. G. *et al.* (Ed.) **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31^o International Geological Congress, 2000, p. 287-310. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19419>. Acesso em: 28 fev. 2024.

TUPINAMBÁ, M.; TEIXEIRA, W.; HEILBRON, M. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira entre o Neoproterozóico e Paleozóico inferior na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 140–151, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6943>. Acesso em: 28 fev. 2024.

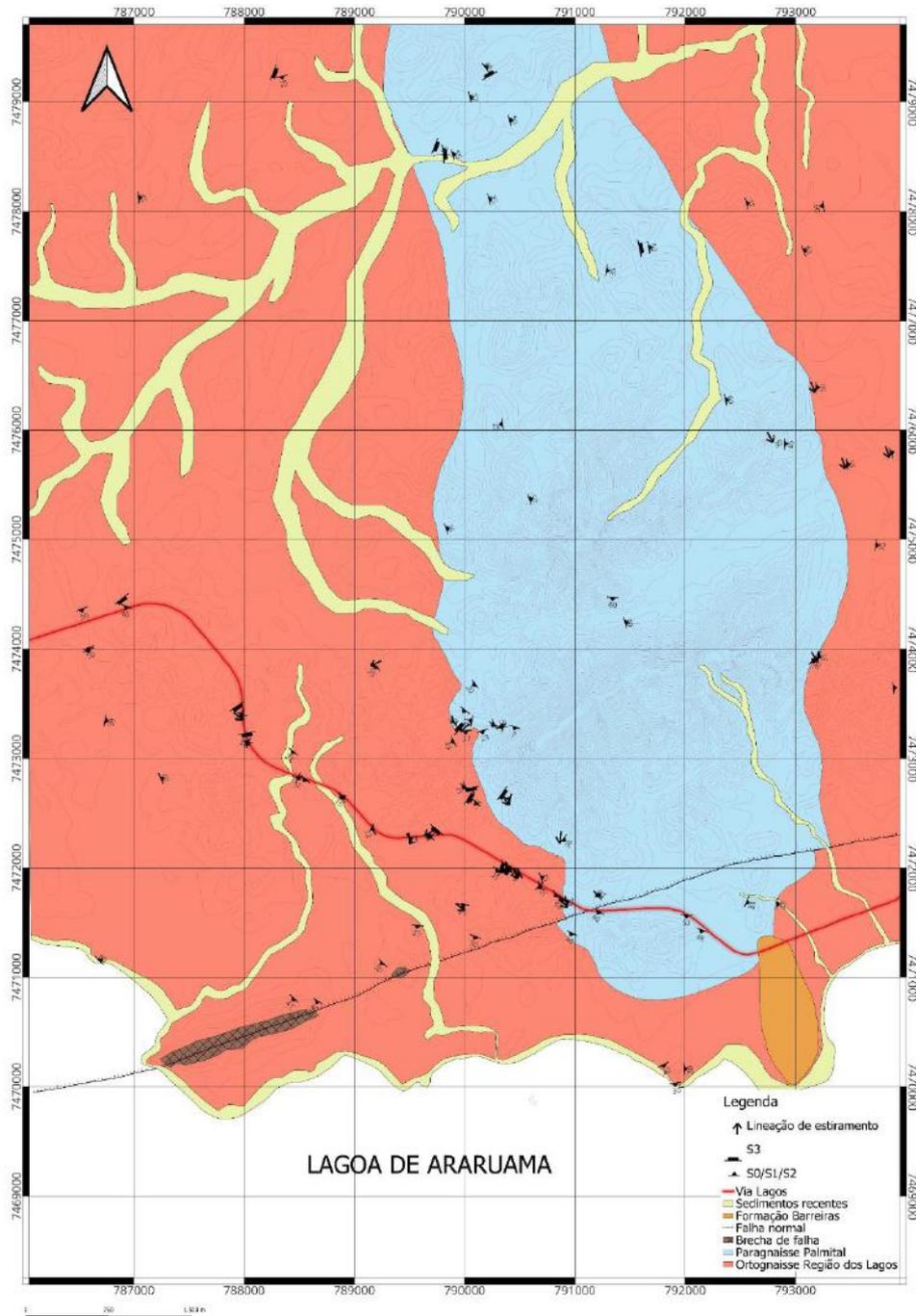
VALERIANO, C.M. *et al.* 2016. Cambro-Ordovician post-collisional granites of the Ribeira Belt, SE-Brazil: a case of terminal magmatism of a hot orogen. **Journal of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 68, p. 269-281, jul. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981115301097?via%3Di> hub. Acesso em: 27 fev. 2024.

VIEIRA, T. A. T. *et al.* Contrasting P-T-t paths of basement and cover within the Búzios Orogen, SE Brazil: tracking ediacaran **Precambrian Research**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106479>. Acesso em: 29 fev. 2024.

ANEXO A – PONTOS VISITADOS DURANTE AS ATIVIDADES DE CAMPO

A tabela de pontos dos 194 pontos visitados durante as atividades de campo, assim como as principais informações coletadas estão dispostas a seguir:

ANEXO B - MAPA EM ESCALA DA ÁREA DE ESTUDO
Mapa Geológico das Serras de Sapiatiba e
Sapiatiba Mirim em escala 1:12.500



Disponível para visualização também através do link: [Mapa da Serra de Sapiatiba e Sapiatiba Mirim em escala.pdf](#)