



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Instituto de Geociências

Departamento de Geologia

**CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DO ORTOGNAISSE DA PONTA  
DO MARISCO E DA PRAIA DA JOATINGA, RIO DE JANEIRO, RJ**

Trabalho Final de Curso

**Matheus Lopes do Nascimento**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata da Silva Schmitt

Rio de Janeiro  
Fevereiro/2019

**Matheus Lopes do Nascimento**

**Caracterização geológica do ortognaisse da Ponta do Marisco e da Praia da Joatinga, Rio de Janeiro, RJ**

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:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata da Silva Schmitt

Rio de Janeiro  
Fevereiro/2019

NASCIMENTO, Matheus Lopes

**Caracterização geológica do ortognaisse da Ponta do Marisco e da Praia da Joatinga, Rio de Janeiro, RJ** / Matheus Lopes do Nascimento - Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO, 2019.

XI, 70 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2019.

Orientadora: Renata da Silva Schmitt

1. Geologia estrutural. 2. Domínio Costeiro. 3. Terreno Oriental. – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Renata da Silva Schmitt, II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, III. Caracterização geológica do ortognaisse da Ponta do Marisco e da Praia da Joatinga, Rio de Janeiro, RJ

Rio de Janeiro  
Fevereiro/2019

**Matheus Lopes do Nascimento**

**Caracterização geológica do ortognaisse da Ponta do Marisco e da Praia da Joatinga, Rio de Janeiro, RJ**

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:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata da Silva Schmitt

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019

Por:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata da Silva Schmitt

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvia Regina Medeiros

---

Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo

Rio de Janeiro  
Fevereiro/2019

## **Agradecimentos**

Agradeço à minha orientadora Renata Schmitt pela oportunidade e todo o auxílio na construção deste trabalho. Ao mestrando Eric Bernard pela amizade e grande ajuda, tendo ido ao campo comigo, ajudado na construção do mapa, assim como nas discussões geológicas. Gostaria de agradecer também aos amigos Guilherme Martins, Jhone Araújo, Rafael Cardoso, Pedro Semêdo e Lucas Roux que também me ajudaram e foram ao campo comigo.

Agradeço à todos os meus professores e à este curso, que me proporcionaram conhecimentos e experiências das quais levarei comigo para toda a vida. Aos amigos que fiz durante esse tempo, que estiveram comigo, me inspiraram, ajudaram e proporcionaram tantos bons momentos. Aos meus amigos desde os tempos de colégio, e que por sorte vieram parar no mesmo curso que eu: Felipe Martins, Felipe Cestari e Pedro Arnt.

Por fim, agradeço à minha família, que sempre me deu todo apoio e condição para chegar até aqui.

Rio de Janeiro  
Fevereiro/2019

## SUMÁRIO

RESUMO .....	I
ABSTRACT .....	II
LISTA DE FIGURAS. ....	III
LISTA DE TABELAS.....	XI
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos. ....	1
1.2. Localização e acessos.....	2
1.3. Materiais e métodos.....	5
1.3.1. Etapa de escritório.....	5
1.3.2. Etapa de campo. ....	6
1.3.3. Etapa de laboratório. ....	6
2. Geologia Regional. ....	7
2.1. Terreno Oriental. ....	11
2.2. Unidades litoestratigráficas da cidade do Rio de Janeiro.....	13
2.2.1. Gnaisse Archer.....	14
3. Geologia Local. ....	14

3.1. Unidades Litológicas.....	16
3.1.1. Ortognaisse Porfirítico.....	16
3.1.2. Ortoanfilito.....	27
3.1.3. Granada biotita gnaisse fino.....	32
3.1.4. Intrusões quartzo-feldspáticas.....	38
3.1.5. Dique de diabásio.....	47
3.2. Geologia Estrutural.....	48
3.2.1. Estruturas Primárias.....	48
3.2.2. Estruturas Tectônicas (secundárias).....	49
3.2.2.1. Estruturas dúcteis.....	49
3.2.2.2. Estruturas dúctil-rúpteis.....	60
3.2.2.3. Estruturas rúpteis.....	60
4. Discussão.....	63
5. Conclusão.....	65
6. Referências Bibliográficas.....	66

## Resumo

Nascimento, Matheus Lopes. **Caracterização geológica do ortognaisse da Ponta do Marisco e da Praia da Joatinga, Rio de Janeiro, RJ.** 2019, XI, 70p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2019.

As rochas que afloram na região da Ponta do Marisco e da Praia da Joatinga, na capital do estado do Rio de Janeiro, pertencem ao Terreno Oriental da Faixa Móvel brasileira Ribeira. Essa área apresenta excelentes afloramentos costeiros de um ortognaisse, denominado Gnaiss Archer na década de 80, sendo interpretado hoje como registro de um evento magmático pré-colisional correlacionável com o Arco ediacarano Rio Negro. Este trabalho tem como objetivo estudar e caracterizar este ortognaisse através de mapeamento geológico-estrutural em escala detalhada (1:2500), análises petrográfica, estrutural geométrica e cinemática. O ortognaisse, principal unidade aflorante, é uma rocha leucocrática a mesocrática de textura porfirítica recristalizada com composição granodiorítica a monzogranítica. Apresenta variação textural geralmente definida pela diferença de *strain* e também pela proporção de porfiroclastos (microclina). Apresenta inúmeras intrusões de veios de composição quartzo-feldspática (monzogranitos a sienogranitos) sin a pós tectônicos, normalmente paralelos a subparalelos à foliação tectônica principal  $S_n$ , ocorrendo em menor quantidade corpos com orientação discordante. Existe ainda enclaves de composição anfibolítica, que também são intrudidos por veios quartzo-feldspáticos, assim como há um enclave de granada biotita gnaiss fino interpretado como paraderivado, que sofreu fusão parcial gerando veios leucossomáticos contendo granada. Cortando todo o conjunto há um dique de diabásio de 45 metros de espessura. Com exceção deste e de veios pós tectônicos, todas as rochas exibem foliação com baixo a médio ângulo de mergulho para SW e NW. Ocasionalmente o ortognaisse apresenta lineação de estiramento mineral *down dip*. Ocorrem zonas de cisalhamento paralelas a subparalelas à  $S_n$ , com indicadores cinemáticos que mostram movimento extensional de topo para oeste-sudoeste e, subordinado, topo para leste, observados através de veios em *boudins* e arraste em foliação pretérita (*drag*). Posteriormente ocorrem zonas de cisalhamento com médio a alto ângulo de mergulho para o quadrante SW, mas também para o leste, que são oblíquas em relação a foliação principal  $S_n$ , e que demonstraram por indicadores cinemáticos como arraste (*drag*), componentes também extensionais. Os veios que preenchem essas zonas em geral não se apresentam deformados. Esse conjunto de estruturas dúcteis e dúcteis-rúpteis que afetam a  $S_n$  poderiam estar associadas a um ambiente colisional a tardi-colisional devido ao caráter extensional. Ocorrem duas direções principais de falhas e fraturas normais, a primeira associada à abertura do Atlântico Sul e a colocação do dique de diabásio, com direção NE-SW, e a segunda com direção ENE- WSW a WNW-ESSE, onde ocorrem por vezes cataclasitos e brechas.

### Abstract

Nascimento, Matheus Lopes. **Geological characterization of the orthogneiss in the Ponta do Marisco and Praia da Joatinga region, Rio de Janeiro, RJ.** 2019, XI, 70p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2019.

The outcropping rocks from the region of Ponta do Marisco and Praia da Joatinga, in the capital of Rio de Janeiro state, belongs to the Oriental Terrane of the Brasileiro Ribeira belt. This area presents excellent coastal outcrops of an orthogneiss denominated in the 80s as Gnaiss Archer, which is nowadays considered as a register of a pre-collisional magmatic event, correlatable to the Ediacaran Rio Negro Arc. This work has a goal that consists in studying and characterizing this orthogneiss through geological-structural mapping, with a detailed scale (1:2.500), as also petrographic, geometrical-structural and kinematic analysis. The orthogneiss is the main outcropping unit and consists in a leucocratic to mesocratic rock, with a recrystallized porphyritic texture and granodioritic to monzogranitic composition. It has a textural variance, normally defined through difference in deformation intensity as also as amount of phenocrysts (mostly microcline). It presents a large quantity of intrusions with quartz-feldspar composition (monzogranites to sienogranites), sin to post tectonic, usually parallel to subparallel towards the main tectonic foliation ( $S_n$ ), occurring also intrusions with discordant orientation. There are amphibolitic rocks, usually boudins, which are also intruded by the quartz-feldspar veins, as also a garnet biotite gneiss thought to be derived from sedimentary origin, that has been partially melted generating leucossomatic veins rich in garnet. The last rock to be crystallized is a mafic dyke of 45 meters of thickness that cuts all other rocks. Excluding the mafic dyke and the post tectonic veins, all the rocks presents foliation with low to medium dip towards SW-NW. The orthogneiss occasionally presents a down dip mineral stretching lineation. There are parallel to subparallel (to  $S_n$ ) shear zones with kinematics indicators that suggest extensional movement, with top moving to west-southwest, and, in less occurrence, to the east, analysed through veins inside boudins and preterit foliation drag. Afterwards, there are shear zones with medium to high dip towards the SW quadrant, but also towards the east, that are orthogonal to the main foliation ( $S_n$ ), and that has exhibited through kinematic indicators such as foliation and subparallel veins drag, an extensional movement. Some veins located in those shear zones do not show deformation. The ductile and ductile-brittle structures that affects the main foliation could be associated to a collisional to a late-collisional environment, due to their extensional characteristics. Two main normal faults and fractures directions occurs, the first is associated with the opening of the South Atlantic Ocean and to the mafic dyke intrusion, possessing NE-SW orientation, the second has ENE-WSW to WNW-ESSE orientation, occurring cataclasites and breccias.

## Lista de Figuras

- Figura 1: Imagem de satélite retirada do Google Earth mostrando a cidade do Rio de Janeiro. Está destacada em vermelho a região do bairro do Joá.....2
- Figura 2: Mapa editado do Google Maps delimitando em vermelho o bairro do Joá, entre a Barra da Tijuca e São Conrado, e mostrando a área de estudo inserida no retângulo preto..... 3
- Figura 3: Ortofoto do Rio de Janeiro retirada do ArcGis online (Mosaico\_2013\_WGS84) mostrando a área de estudo (equivalente ao retângulo preto na Figura 2). À direita da imagem encontra-se a ponta do Marisco e no centro, a praia da Joatinga .....3
- Figura 4: **A:** entrada do condomínio, na rua Pascoal Segreto, que dá acesso à praia e ao clube; **B:** entrada do Costa Brava clube, no final da rua Sargento José da Silva; **C:** Mirante Ricardo Menescal; **D:** começo da descida para a praia, junto ao mirante. ....4
- Figura 5: Praia da Joatinga com sua estreita faixa de areia, que pode estar completamente submersa em dias de maré alta ..... 5
- Figura 6: Sistema orogênico Mantiqueira: Segmento setentrional representado pelo Orógeno Araçuaí; Segmento central representado pelo Orógeno Ribeira, a porção sul do Orógeno Brasília e Apiaí; Segmento Meridional representado pelos Orógenos Dom Feliciano e São Gabriel (extraído de Heilbron *et al.*, 2004) .....8
- Figura 7: Mapa tectônico da Faixa Ribeira e porção sul da Faixa Brasília proposto por Trouw *et al.* (2013); 1. Bacia do Paraná e bacias de rift cenozoicas; 2. Plutons alcalinos do Cretáceo Superior e Cenozoico; Cráton São Francisco e ante-país (3-5), 3. Embasamento; 4. Cobertura (Grupo Bambuí); 5. Cobertura (Rochas metassedimentares autóctone e parautóctone); Orógeno Brasília (6-9), 6. Sistema de Nappe Andrelândia e Nappe Passos; 7. Nappe Socorro-Guaxupé; 8. Terreno Embú-Paraíba do Sul; 9. Terreno Apiaí; Faixa Ribeira (6-14), 10. Domínio externo; 11. Domínio Juiz de Fora; 12. Arco Rio Negro (Terreno Oriental); 13. Terreno Oriental; 14. Terreno Cabo Frio. Nota-se a larga zona de interferência entre as

- Faixas Ribeira e Brasília, delimitada pela linha tracejada, que demarca o limite da Faixa Ribeira .....9
- Figura 8: Seção geológica da Faixa Ribeira, desde o Cráton São Francisco a NW até o Bloco Angola a SE, modificado de Heilbron *et al.* (2004) por Schmitt *et al.* (2016)..... 11
- Figura 9: Mapa do Terreno Oriental da Faixa Ribeira; 1: Domínio Cambuci; 2: Domínio Italva; 3: Granitoides arco-relacionados do Complexo Rio Negro (Domínio Costeiro); 4: Grupo São Fidélis (Domínio Costeiro); 5: Granitoides sin colisionais (Domínio Costeiro); 6: Granitoides sin a tarde colisionais (Domínio Costeiro); 7: Granitoides pós colisionais (Domínio Costeiro); 8: Terreno Cabo Frio; 9: Terreno Ocidental (Tupinambá *et al.*, 2012)..... 12
- Figura 10: Imagem reduzida do mapa geológico-estrutural da Ponta do Marisco e praia da Joatinga, RJ..... 15
- Figura 11: Variação faciológica do Ortognaisse Porfirítico. A e B: Porções com maior proporção de porfiroclastos e com maior deformação (strain), os cristais são na maioria amendoados. C: Porção com menor quantidade de porfiroclastos e na maioria tabulares, com menor strain. D: Porção com alta quantidade de porfiroclastos, porém menos deformados que em A e B. .... 17
- Figura 12: Porfiroclastos orientados de K-feldspato no Ortognaisse Porfirítico. Nota-se cristais tabulares e cristais amendoados, de tamanho centimétrico..... 18
- Figura 13: Nível quartzo-feldspático no ortognaisse porfirítico contendo granada ..... 18
- Figura 14: Comparação entre a textura e composição das duas fácies do ortognaisse: A: Fácies principal do Ortognaisse Porfirítico; B: Fácies mais leucocrática (menor quantidade de biotita), que aflora localmente, do Ortognaisse Porfirítico.. ..... 19
- Figura 15: Matacão do Ortognaisse Porfirítico mostrando contato brusco entre as fácies, a principal (parte de baixo do bloco) com a mais leucocrática (acima). Nota-se que o contato concorda com a foliação, em ambas fácies.....20

Figura 16: A: Ortognaisse cortado por um granitoide deformado, leucocrático, subparalelo à foliação (1), e os dois cortados por um pegmatito posterior discordante (2). B: Ortognaisse porfirítico deformado, com os fenocristais estirados e com veios quartzo-feldspáticos e pegmatitos paralelos à sua foliação. C: lente de granada biotita gnaisse fino, com leucossomas in situ, contido no Ortognaisse Porfirítico. D: lente de ortoanfibolito contida no Ortognaisse Porfirítico..... 21

Figura 17: Diagrama QAP mostrando a composição das amostras do Ortognaisse Porfirítico..... 22

Figura 18: Textura porfirítica recristalizada (Amostra: Mat28, nicóis cruzados) com matriz constituída principalmente por cristais recristalizados de quartzo (Qtz), biotita (Bt) e plagioclásio (Plg) e com porfiroclasto de microclina (Mcl). O plagioclásio mostra geminação polissintética e a microclina exhibe geminação tartan.. ..... 23

Figura 19: Porção representativa da matriz do ortognaisse (Amostra: Mat29, nicóis cruzados), notam-se cristais de plagioclásio (Plg), quartzo (Qtz) e biotita (Bt).. ..... 23

Figura 20: Textura granoblástica a granolepidoblástica (Amostra: Mat30, nicóis cruzados) representada por cristais orientados de biotita (Bt) e cristais de quartzo (Qtz) e plagioclásio (Plg) que demarcam a foliação Sn. Há recristalização presente nos cristais, incluindo contatos poligonais.. ..... 24

Figura 21: Porfiroclasto de microclina (Amostra: Mat28, nicóis cruzados).....25

Figura 22: Porfiroclasto de plagioclásio (Amostra: Mat30, nicóis cruzados). Nota-se exsolução no cristal, anti-perfitas. .... 25

Figura 23: Intercrescimento mirmequítico presente em plagioclásio em contato com microclina (Amostra: Mat28, nicóis cruzados). ..... 26

Figura 24: Intercrescimento mirmequítico presente em plagioclásio em contato com microclina (Amostra: Mat29, nicóis cruzados). ..... 26

- Figura 25: Alteração em plagioclásios (Amostra: Mat04, nicóis cruzados e descruzados), nota-se a presença de sericita (Ser) sobrecrecendo o plagioclásio (Plg), assim como muscovita (Ms) .....27
- Figura 26: Lente de ortoanfibolito com cerca de 10 metros de comprimento e 1,5 metros de espessura, no ortognaisse porfirítico..... 28
- Figura 27: Lentes de ortoanfibolito. Nota-se corpos intrusivos de cor clara (pegmatitos) segmentando as lentes, e cortando também o ortognaisse porfirítico.. .....29
- Figura 28: Lente boudinada de ortoanfibolito em contato com veios quartzo-feldspáticos.....29
- Figura 29: boudin ortoanfibolítico, apresentando contato sinuoso com o gnaisse. No retângulo preto, foto ampliada do contato sinuoso demarcado.. .....30
- Figura 30: Veios quartzo-feldspáticos dobrados no ortoanfibolito (canto inferior esquerdo) .....31
- Figura 31: Aspecto geral do Ortoanfibolito (Amostra: Mat10, nicóis descruzados) em microscópio, caracterizado por cristais de hornblenda (Hbl), biotita (Bt) e plagioclásio (Plg) recristalizados e em paragênese. Nota-se uma orientação preferencial nos cristais da rocha .....32
- Figura 32: Afloramento do Granada biotita gnaisse fino, com bandamento composicional. É intercalado com leucossomas. .... 33
- Figura 33: Granada biotita gnaisse fino. Nota-se o gnaisse cinza rico em biotita (mineral escuro) de granulação fina e foliado, intercalado com níveis de fusão parcial leucossomáticos (com cor clara) e granulação mais grossa.....;.....34
- Figura 34: Nível leucossomático com granada, na unidade Granada biotita gnaisse fino..... 34
- Figura 35: Enclave de biotita gnaisse fino com leucossomas, inserido no ortognaisse

porfirítico, Praia da Joatinga..... 35

Figura 36: Aspecto geral do Granada biotita gnaiss fino (Amostra: Mat03a, nicóis cruzados):  
Nota-se cristais recristalizados, com contatos poligonais, além de uma orientação bem  
demarcada pelos cristais de biotita (Bt)..... 36

Figura 37: **A, B:** Cristais de granada presentes no Granada biotita gnaiss fino (Amostra:  
Mat03a, nicóis descruzados).....36

Figura 38: Cristais recristalizados de plagioclásio (Plg) e quartzo (Qtz) no leucossoma  
(Amostra: Mat03b, nicóis cruzados). .....37

Figura 39: Porfiroblastos de granada com até 5mm no leucossoma, contendo inclusão de  
biotita (Amostra: Mat03b, nicóis descruzados)..... 38

Figura 40. **A, B:** Diferentes corpos intrusivos com orientação subparalela à foliação Sn do  
ortognaiss encaixante. São pegmatíticos e com baixo grau de deformação, ou ausente. **C:**  
Intrusão quartzo-feldspática deformada, de coloração clara e granulação média a grossa  
(Amostra Mat03c), este corpo exhibe uma foliação Sn ( $240/25^\circ$ ) paralela à foliação da  
encaixante. **D:** Intrusão quartzo-feldspática deformada de granulação fina, com foliação Sn  
( $285/28^\circ$ ) bem visível e paralela a foliação da encaixante (Amostra Mat08). Nota-se um veio  
pegmatítico com mesma orientação no topo da figura..... 39

Figura 41: Paredão rochoso mostrando uma série de corpos intrusivos subparalelos à foliação,  
cortados por um dique ortogonal à foliação, exibindo uma separação aparente (em azul),  
indicando deslocamento. Há ainda arraste nos veios subparalelos por zonas de  
falha/cisalhamento de médio ângulo, com uma cinemática extensional demarcada em  
preto. .... 40

Figura 42: **A:** Pegmatito subparalelo à Sn contendo internamente lascas de veios mais finos,  
com mesma orientação (destacados em preto). **B:** Pegmatito subparalelo à Sn, com porção  
mais fina em seu interior, aparentemente o cortando. **C:** Intrusões quartzo feldspáticas  
subparalelas à foliação do Ortognaiss porfirítico, de diferentes granulações (em borda mais  
escura estão destacados os corpos pegmatíticos e em vermelho os de granulação fina a média).

- Nota-se que os corpos se truncam. **D:** Intrusão quartzo feldspática fina e homogênea com borda de pegmatito no contato com o ortognaisse ..... 41
- Figura 43: Diagrama QAP com a plotagem das amostras dos corpos intrusivos quartzo-feldspáticos..... 42
- Figura 44: Fotomicrografia da amostra Mat011a (nicóis cruzados). Notam-se cristais finos a médios e orientados de biotita (Bt), quartzo (Qtz), microclina (Mcl) e plagioclásio (Plg), em uma trama recristalizada..... 43
- Figura 45: Fotomicrografia da amostra Mat03c (nicóis cruzados), mostrando cristais recristalizados de microclina (Mcl), quartzo (Qtz) e plagioclásio (Plg), com contatos poligonais (120 graus) entre eles. Nota-se que o plagioclásio se encontra sericitizado (Ser) ..... 43
- Figura 46: Fotomicrografia da amostra Mat08 (nicóis cruzados), nota-se forte alteração no plagioclásio (Plg), também presente na biotita (Bt), substituídos para sericita (Ser) e muscovita (Ms)..... 44
- Figura 47: Banda com granulação mais grossa (Amostra: Mat08, nicóis cruzados)..... 45
- Figura 48: Intercrescimento mirmequítico (Amostra: Mat11b, nicóis cruzados)..... 46
- Figura 49: Intercrescimento de quartzo em microclina, textura granofírica..... 46
- Figura 50: Dique de diabásio com cerca de 45m de espessura cortando o Ortognaisse porfirítico na ponta do Marisco, junto a área da piscina natural do clube..... 47
- Figura 51: Segmentos do dique, em sua borda, cortando o Ortognaisse porfirítico..... 48
- Figura 52: Estereograma com as medidas da foliação tectônica principal (Sn) presente nas unidades Ortognaisse Porfirítico, Ortoanfíbrito, Granada biotita gnaisse fino e parte das intrusões quartzo-feldspáticas, representadas através dos polos de Sn e contornos de densidade. Apresentam baixo a médio ângulo de mergulho, para sudoeste e noroeste. O plano

- médio está destacado ( $290/21^\circ$ )..... 50
- Figura 53: Figura 11d interpretada. Em amarelo os traços dos planos da foliação Sn, no Ortognaisse Porfirítico, marcados pela orientação de biotita e dos fenocristais..... 51
- Figura 54: Afloramento do Ortognaisse Porfirítico com corte que permite a visualização da direção de estiramento mineral..... 51
- Figura 55: Estereograma com as medidas de lineação de estiramento mineral no Ortognaisse Porfirítico. O sentido de mergulho é o mesmo que em Sn, ou seja, é uma lineação down dip..... 52
- Figura 56: Afloramento interpretado mostrando uma porção do Ortognaisse porfirítico mais leucocrática que localmente contém um maior ângulo de mergulho em sua foliação, em relação a foliação da fácies principal. Nota-se corpos pegmatíticos destacados com contorno vermelho e em preto o contato entre as duas fácies.....52
- Figura 57: Afloramento do Granada biotita gnaisse fino demarcando planos de foliação Sn ( $251/20^\circ$ ), e leucossomas paralelos aos planos Sn (em vermelho) formando um bandamento composicional metamórfico. A atitude do plano Sn é a mesma do Ortognaisse porfirítico..... 53
- Figura 58: **A:** Lentes de Ortoanfíbólito cortadas por pegmatitos de orientação subparalela à foliação e que cortam também o Ortognaisse porfirítico. **B:** Figura 58A interpretada: Em vermelho estão destacados os corpos pegmatíticos e veios associados e em amarelo o traço dos planos de foliação, contida no Ortoanfíbólito e Ortognaisse porfirítico. .... 54
- Figura 59: **A:** Afloramento do Ortognaisse onde há diversas intrusões quartzo-feldspáticas, subparalelas à foliação Sn e também discordante. **B:** Figura 59A interpretada. Em contorno mais escuro está demarcado o veio oblíquo à foliação e em vermelho os subparalelos ao Sn (amarelo). Nota-se que o veio oblíquo parece aproveitar uma zona de cisalhamento extensional com topo descendo para leste, e também ter sofrido deflexão no pegmatito subparalelo..... 55

- Figura 60: Estereograma contendo todas as medidas de atitude das intrusões subparalelas à foliação das rochas encaixantes ou interna, quando deformadas. O plano médio tem atitude  $297/24^\circ$  e está demarcado no estereograma..... 56
- Figura 61: Intrusão quartzo feldspática fina e deformada (foliada - S<sub>nv</sub>) com orientação paralela ao S<sub>n</sub>. Nota-se que este corpo corta um pegmatito (canto superior esquerdo).. .....57
- Figura 62: Veio pegmatítico dobrado (demarcado em vermelho). Nota-se que a foliação do ortogneisse entra concordante com o plano axial da dobra ..... 57
- Figura 63: Estereograma com a atitude dos veios discordantes (n=21) da foliação S<sub>n</sub> das rochas encaixantes. .... 58
- Figura 64: *boudin* ortoanfibolítico com veios oblíquos, alguns dobrados, indicados em vermelho. A orientação da dobra no veio, e do estiramento e foliação do ortoanfibolito sugere a direção de maior esforço, indicado pelas setas pretas. A abertura de espaço para os veios mais espessos oblíquos indica a direção de fluxo. O movimento analisado é compatível com um campo de tensões extensional, com topo para oeste.....59
- Figura 65: *Boudins* de granitoide fino e homogêneo, envolvidos e cortados por pegmatito (ambos inseridos no Ortogneisse porfirítico). O padrão em dominó dos *boudins* mostra rotação horária com o movimento externo de topo para SW, extensional. .... 59
- Figura 66: Veio de pegmatito defletido, assim como a foliação no ortogneisse, em movimento topo para sul. A orientação desta zona de cisalhamento é concordante com a observada na Figura 43, que possuem direção ENE-WSW a WNW-ESE com mergulho médio a alto. .... 60
- Figura 67: **A:** Cataclasitos presentes em planos de falha com direção leste – oeste. **B:** Zona de brecha de falha no Ortogneisse porfirítico, com planos de cataclasitos associados preenchidos por sílica e óxido de ferro. .... 61
- Figura 68: Fraturas no Ortogneisse e em intrusões subparalelas, com direção leste – oeste e mergulho subvertical para norte ..... 61

Figura 69: Fraturas concordantes com a orientação do dique de diabásio, com direção NE-SW, ocorrendo também fraturas da direção E-W. Notar o dique na parte esquerda da foto..... 62

Figura 70: Fraturas de direção NE-SW, concordante com a orientação do Dique de diabásio..... 62

### **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Classificação da granulação proposta por Williams *et al.*, (1970) ..... 7

Tabela 2: Composição modal, com valores em porcentagem, das seções delgadas das amostras coletadas, obtidas através do método de contagem de pontos (800 pontos por amostra). ..... 16

## **1 Introdução**

Em 1989 foi descrito e delimitado um ortognaisse que ocorre na cidade do Rio de Janeiro, estendendo-se pela região da Floresta da Tijuca (Morro do Archer), Pedra da Gávea, Joá e grande parte da Baixada de Jacarepaguá, o qual foi nomeado de Gnaisse Archer (Pires & Heilbron, 1989).

Embora localizada em um centro urbano, em afloramentos de fácil acesso, esta unidade carece de estudos geológicos detalhados que permitam uma melhor caracterização e interpretação da sua gênese e contexto geotectônico. Não há tampouco trabalhos de datação absoluta realizados especificamente na mesma.

Apesar disso, esta unidade litológica foi associada ao Arco Magmático Rio Negro (RN) do Ediacarano e interpretada como de origem pré-colisional tardia (Valeriano *et al.*, 2012). Existe ainda uma unidade litológica adjacente ao Gnaisse Archer que possui composição e textura similar, embora seja interpretada como de origem sin-colisional (Gnaisse Facoidal). A distinção entre as duas unidades é de difícil reconhecimento, principalmente em zonas próximas ao contato (Pires & Heilbron, 1989).

Este trabalho apresenta descrições de campo realizadas durante mapeamento geológico-estrutural de detalhe na região da Praia da Joatinga e da Ponta do Marisco, assim como descrições petrográficas e análises estruturais, a fim de correlacionar o ortognaisse com as demais litologias adjacentes na cidade do Rio de Janeiro e contribuir para contextualizá-lo tectonicamente.

### **1.1 Objetivos**

O principal objetivo deste trabalho é caracterizar geologicamente o ortognaisse e as rochas associadas aflorantes na praia da Joatinga e na ponta do Marisco, zona oeste do município do Rio de Janeiro, através do mapeamento geológico-estrutural em escala 1:2.500, das análises petrográficas e dos dados estruturais.

Buscou-se especificamente: (1) descrever as principais estruturas deformacionais presentes, com enfoque nas de natureza dúctil, para compreender melhor os eventos deformacionais ocorridos; (2) analisar detalhadamente as diferentes rochas que ocorrem como lentes ou intrusões no ortognaisse, com o objetivo de entender as suas relações com os modelos evolutivos propostos para a área; (3) descrição dos corpos ígneos-metaígneos

intrusivos no ortognaisse, descrevendo a textura, dimensão e orientação da maioria dos corpos observados.

A finalidade deste trabalho é, portanto, oferecer e interpretar dados que contribuam para a contextualização tectônica do ambiente de formação e deformação do Gnaiss Archer.

## 1.2 Localização e acessos

A área de estudo localiza-se na região sudeste do Brasil, no estado do Rio de Janeiro, na cidade de mesmo nome e capital do estado, mais especificamente no bairro do Joá (Figuras 1 e 2), zona oeste da cidade. O mapeamento foi realizado na praia da Joatinga e na ponta do Marisco, onde se encontra o clube particular Costa Brava (Figura 3).

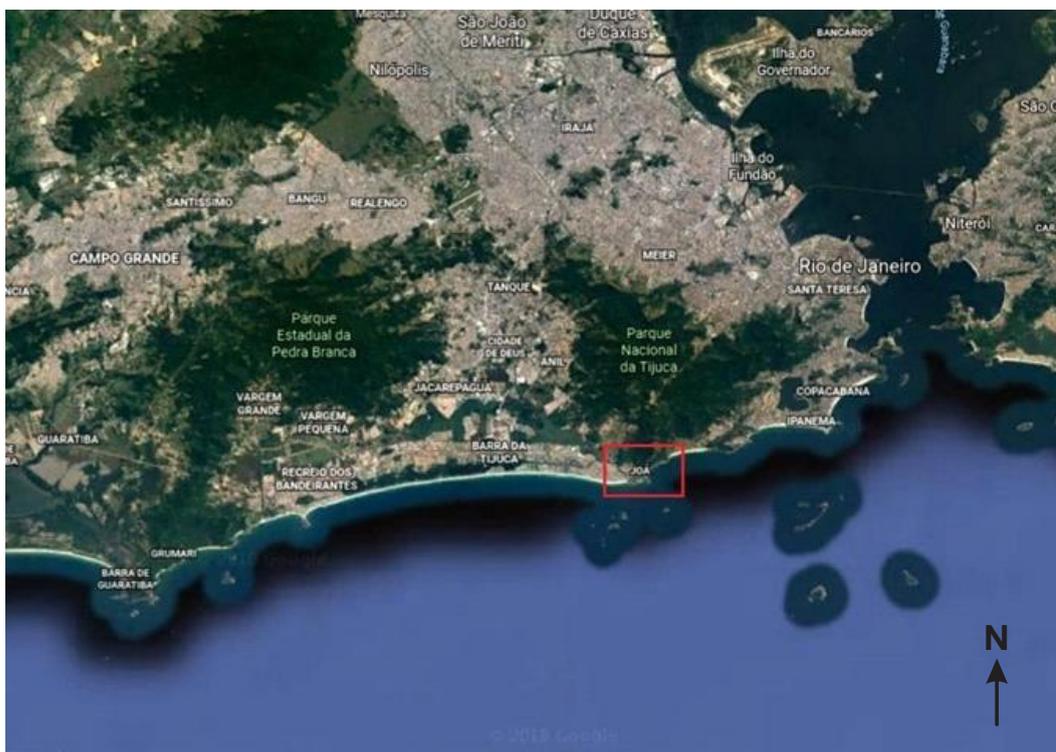


Figura 1: Imagem de satélite retirada do Google Earth mostrando a cidade do Rio de Janeiro. Está destacada em vermelho a região do bairro do Joá.



Figura 2: Mapa editado do Google Maps delimitando em vermelho o bairro do Joá, entre a Barra da Tijuca e São Conrado, e mostrando a área de estudo inserida no retângulo preto.



Figura 3: Ortofoto do Rio de Janeiro retirada do ArcGis online (Mosaico\_2013\_WGS84) mostrando a área de estudo (equivalente ao retângulo preto na Figura 2). À direita da imagem encontra-se a ponta do Marisco e no centro, a praia da Joatinga.

Para acessar a praia da Joatinga e a ponta do Marisco deve-se primeiro acessar a estrada do Joá e seguir até a rua Pascoal Segreto, onde há um condomínio, ao entrar nele deve-se então seguir até a rua Sargento José da Silva. No final desta rua está o começo de uma descida que leva até a praia da Joatinga, na altura do mirante Ricardo Menescal, o qual fica

um pouco antes da entrada do Costa Brava clube (Figura 4). Próximo à descida da praia, há um estacionamento para carros com 60 vagas. As linhas de ônibus municipais 557 e 332 passam pelo condomínio que dá acesso à praia e ao clube.



Figura 4: **A:** Entrada do condomínio, na rua Pascoal Segreto, que dá acesso à praia e ao clube; **B:** Entrada do Costa Brava clube, no final da rua Sargento José da Silva; **C:** Mirante Ricardo Menescal; **D:** Começo da descida para a praia, junto ao mirante.

O acesso à praia da Joatinga (Figura 5) pode ficar impossibilitado em dias de maré alta, pois o mar pode chegar a cobrir totalmente a faixa de areia.



Figura 5: Praia da Joatinga com sua estreita faixa de areia, que pode estar completamente submersa em dias de maré alta.

### **1.3 Materiais e métodos**

Este trabalho foi subdividido, dentro da metodologia adotada, em três etapas: campo, laboratório e escritório. A etapa de escritório ocorreu em duas fases, uma antes e outra após às demais etapas. As etapas de campo e laboratório foram desenvolvidas em conjunto, utilizando em laboratório dados e materiais obtidos em campo, conforme foram sendo adquiridos.

#### **1.3.1 Etapa de escritório**

Consistiu na realização de levantamento e estudo bibliográfico, fotointerpretação de ortofotos do município do Rio de Janeiro, na região do bairro do Joá, para o reconhecimento de estruturas maiores e áreas com afloramentos, elaboração de mapa topográfico em escala 1:2500 da área de estudo para ser usado em campo, construção de uma tabela com os dados de campo, confecção de mapa geológico digital na escala 1:2500 e seção geológica a partir dos dados obtidos em campo, análise e tratamento de dados estruturais, edição de fotos e

fotomicrografias e a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Durante o estudo bibliográfico foram analisados trabalhos contendo informações sobre as rochas e o contexto geológico regional da área estudada.

As ortofotos observadas e interpretadas foram obtidas no ArcMap 10.2.2, em seu banco de dados online. O mapa topográfico e o mapa geológico digital da área foram construídos utilizando o *software* ArcMap 10.2.2 e um modelo digital de elevação (MDE) com 1 metro de resolução, pertencente a prefeitura do Rio de Janeiro. A tabela de pontos foi construída usando o Microsoft Excel 365. As seções geológicas e as edições das fotos foram feitas no CorelDRAW X7 e os dados estruturais trabalhados no OpenStereo (Grohmann & Campanha, 2010). Este trabalho de conclusão de curso foi escrito utilizando o Microsoft Word 365.

### 1.3.2 Etapa de campo

Esta etapa consistiu na realização de mapeamento geológico-estrutural da área de estudo, em escala 1:2500. Durante sua execução foram descritos trinta e dois pontos de mapeamento, tendo sido coletadas onze amostras para laminação. Desses trinta e dois pontos, cinco ficaram fora do mapa, tendo sido mapeados ao longo da trilha da Pedra da Gávea, ao norte da área de estudo.

Durante as excursões de campo foram realizados: descrição de afloramentos e caracterização dos litotipos observados; medidas de dados estruturais como foliação, lineação e orientação de planos de falha e de corpos intrusivos; registro fotográfico; coleta de amostras para confecção de seções delgadas; croquis esquemáticos; posicionamento geográfico dos pontos de mapeamento. As coordenadas GPS foram obtidas em WGS84.

A notação utilizada para as medidas estruturais foi: Sentido de mergulho/mergulho (*dip direction/dip*) para planos, e sentido de caimento/caimento (*trend/plunge*) para lineações.

Em campo utilizou-se: mapa topográfico produzido em escritório, martelo geológico, bússola, GPS, lupa 10x, caderneta de campo, transferidor, régua, lápis, máquina fotográfica, sacos plásticos e fita crepe para a coleta de amostras.

### 1.3.3 Etapa de laboratório

Nesta etapa as amostras selecionadas para análise petrográfica foram preparadas no laboratório de laminação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), tendo sido

confeccionadas 11 lâminas para descrição. As seções delgadas foram descritas utilizando microscópio petrográfico binocular de luz transmitida.

A amostras foram descritas em relação ao seu índice de cor, textura, tamanho e forma dos cristais, composição mineral com descrição individual dos minerais e microtectônica.

A composição modal das amostras foi calculada utilizando o método de contagem de pontos, em contador automático, com uma malha de 800 pontos por amostra.

Os parâmetros de índice de cor foram utilizados de acordo com a definição de Nockolds *et al.*, (1978), onde: hololeucocrática (0-5% de minerais máficos), leucocrática (5-30%), mesocrática (30-60%), melanocrática (60-90%) e hipermelanocrática (90-100%).

A granulação refere-se aos padrões definidos por Williams *et al.*, (1970) (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação da granulação proposta por Williams *et al.*, (1970).

GRANULAÇÃO	MILÍMETROS
Muito Grossa	>30
Grossa	30 a 5
Media	5 a 1
Fina	1 a 0,1
Muito Fina	<0,1

O grau de desenvolvimento das faces cristalinas nos minerais foi classificado como euédrico, quando bem desenvolvido, subédrico quando apenas algumas faces são bem desenvolvidas e anédrico quando todas as faces são irregulares.

## 2 Geologia Regional

A cidade do Rio de Janeiro está geotectonicamente localizada na província Mantiqueira, um dos sistemas orogênicos formados do Neoproterozoico até o Ordoviciano, durante os eventos tectônicos que deram origem à porção ocidental do paleocontinente Gondwana, os eventos Brasileiro - Pan-africano (Heilbron *et al.*, 2004).

A província Mantiqueira, que se estende do sul ao sudeste do Brasil, representa diversas faixas móveis e é subdividida em três segmentos: meridional, central e setentrional (Figura 6).

Localizada no segmento central da província, a Faixa Ribeira é onde a área de estudo

está inserida.

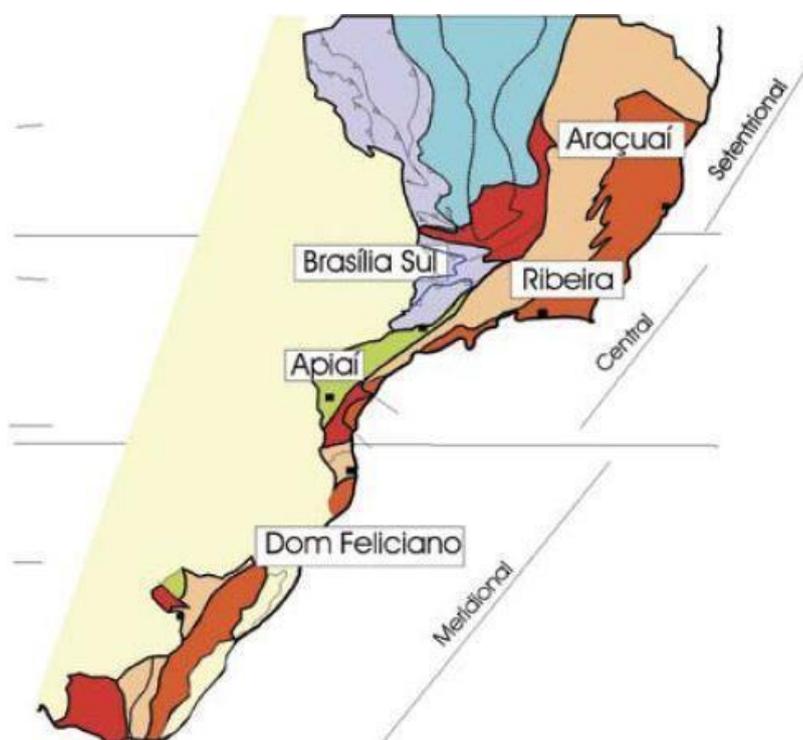


Figura 6: Sistema orogênico Mantiqueira: Segmento setentrional representado pelo Orógeno Araçuaí; Segmento central representado pelo Orógeno Ribeira, a porção sul do Orógeno Brasília e Apiaí; Segmento Meridional representado pelos Orógenos Dom Feliciano e São Gabriel (extraído de Heilbron *et al.*, 2004).

Esta Faixa móvel possui um *trend* estrutural de direção NE-SW (com 1400 km de extensão e 300 km de largura), estendendo-se ao longo do litoral brasileiro (Almeida., *et al* 1973; Heilbron & Machado, 2003; Heilbron *et al.*, 2008), sendo o resultado da colisão entre diversos blocos, que representavam os paleocontinentes São Francisco-Congo e a porção sudoeste do Cráton de Angola, tendo ocorrido participação de outras microplacas (Heilbron *et al.*, 2008). É limitada ao norte pela Faixa Araçuaí, a sul pelo Cráton de Luís Alves, a SW pela Faixa Brasília Meridional e a W-NW pela porção sul do Cráton São Francisco (Heilbron *et al.*, 2004; Trouw *et al.*, 2013).

O Segmento Central da Faixa Ribeira é subdividido em quatro terrenos tectono-estratigráficos, separados por zonas de cisalhamento transpressivas subverticais e por empurrões, que são: Terreno Ocidental, Terreno Paraíba do Sul – Embú, Terreno Oriental (que engloba o arco magmático Rio Negro), e o Terreno Cabo Frio (Heilbron *et al.*, 2004; Trouw *et al.*, 2013) (Figura 7). Este segmento é constituído principalmente por rochas metamórficas de alto grau, orto e para derivadas, de idade neoproterozoica, intercaladas com

rochas paleoproterozoicas pertencentes ao embasamento. O grau metamórfico varia de fácies anfibolito alto a granulito médio (Trouw *et al.*, 2013; Heilbron *et al.*, 2008; Tupinambá *et al.*, 2012).

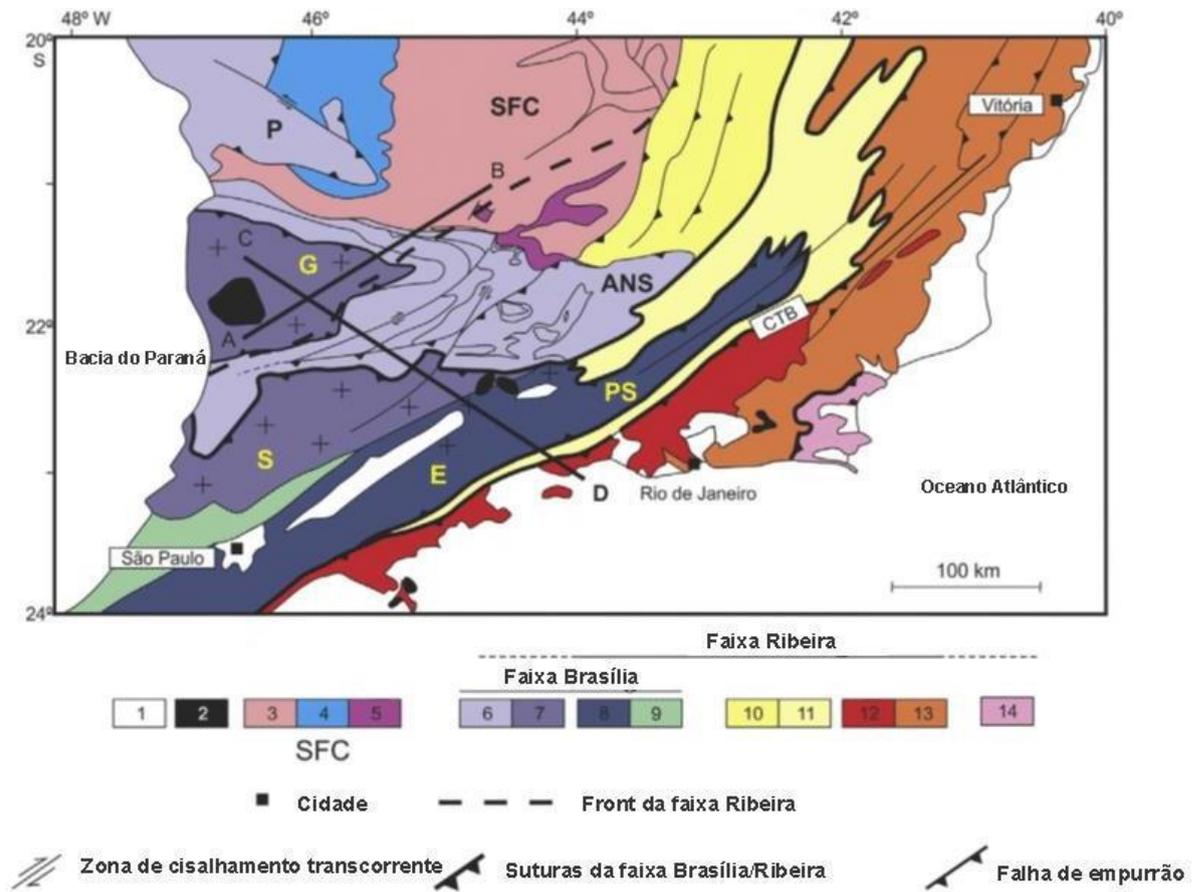


Figura 7: Mapa tectônico da Faixa Ribeira e porção sul da Faixa Brasília proposto por Trouw *et al.* (2013); 1. Bacia do Paraná e bacias de rift cenozoicas; 2. Plutons alcalinos do Cretáceo Superior e Cenozoico; Cráton São Francisco e ante-país (3-5), 3. Embasamento; 4. Cobertura (Grupo Bambuí); 5. Cobertura (Rochas metassedimentares autóctone e parautóctone); Orógeno Brasília (6-9), 6. Sistema de Nappe Andrelândia e Nappe Passos; 7. Nappe Socorro-Guaxupé; 8. Terreno Embú-Paraíba do Sul; 9. Terreno Apiaí; Faixa Ribeira (6-14), 10. Domínio externo; 11. Domínio Juiz de Fora; 12. Arco Rio Negro (Terreno Oriental); 13. Terreno Oriental; 14. Terreno Cabo Frio. Nota-se a larga zona de interferência entre os Orógenos Ribeira e Brasília, delimitada pela linha tracejada, que demarca o limite da Faixa Ribeira.

A história de sua formação, com seus diferentes estágios colisionais, teve início com a colisão que teve uma zona de interferência com a Faixa Brasília, entre 640 e 610 Ma. Esta foi interpretada como sendo o resultado da acreção da *Nappe Socorro*, em vergência NE-E, na porção setentrional do Paleocontinente São Francisco (Trouw *et al.*, 2000). As rochas do Terreno Ocidental representam o retrabalhamento de rochas do CSF, assim como as rochas

metassedimentares associadas à uma margem passiva com idade meso a neoproterozoica. Neste Terreno são reconhecidos três principais Domínios: Autóctone, Andrelândia e Juiz de Fora.

O segundo estágio é relacionado à colisão com os terrenos Paraíba do Sul - Embu (605-580 Ma), correspondendo ao principal metamorfismo registrado no Terreno Paraíba do Sul, que é contemporâneo à interação entre o Terreno Curitiba e a microplaca Luis Alves. As rochas deste Terreno são representadas principalmente por ortognaisses paleoproterozoicos do Complexo Quirino e as rochas metassedimentares do Complexo Paraíba do Sul.

A principal feição tectônica da porção central da Faixa Ribeira é o *Central Tectonic Boundary* (CTB) (Figura 7), o qual divide os terrenos Oriental e Ocidental, através de uma complexa zona de cisalhamento (Almeida *et al.*, 1998).

Em terceiro aconteceu a colagem do Terreno Oriental, onde se encontra o Arco magmático Rio Negro, com o Paleocontinente São Francisco (580-550 Ma). Isso ocorreu após o consumo da crosta oceânica entre os terrenos. É representado por ortognaisses do Arco Mágmatco Rio Negro e paragnaisses, intrudidos por granitoides sin a pós colisionais. Este Terreno será abordado na seção 2.1, pois é foco deste trabalho.

O último estágio foi o evento colisional com o Terreno Cabo Frio (530-510 Ma) (Heilbron *et al.*, 2008; Schmitt *et al.*, 2004). Este evento é representado pela Orogenia Búzios, que gerou a colagem do Terreno Cabo Frio ao Domínio Costeiro (Terreno Oriental). O mesmo é composto por um embasamento paleoproterozoico constituído por ortognaisses félsicos com intercalações anfibolíticas, e pelas unidades supracrustais Búzios e Palmital que se intercalam tectonicamente, ambas metamorfizadas em fácies anfibolito alto a granulito (Schmitt *et al.*, 2004; 2016).

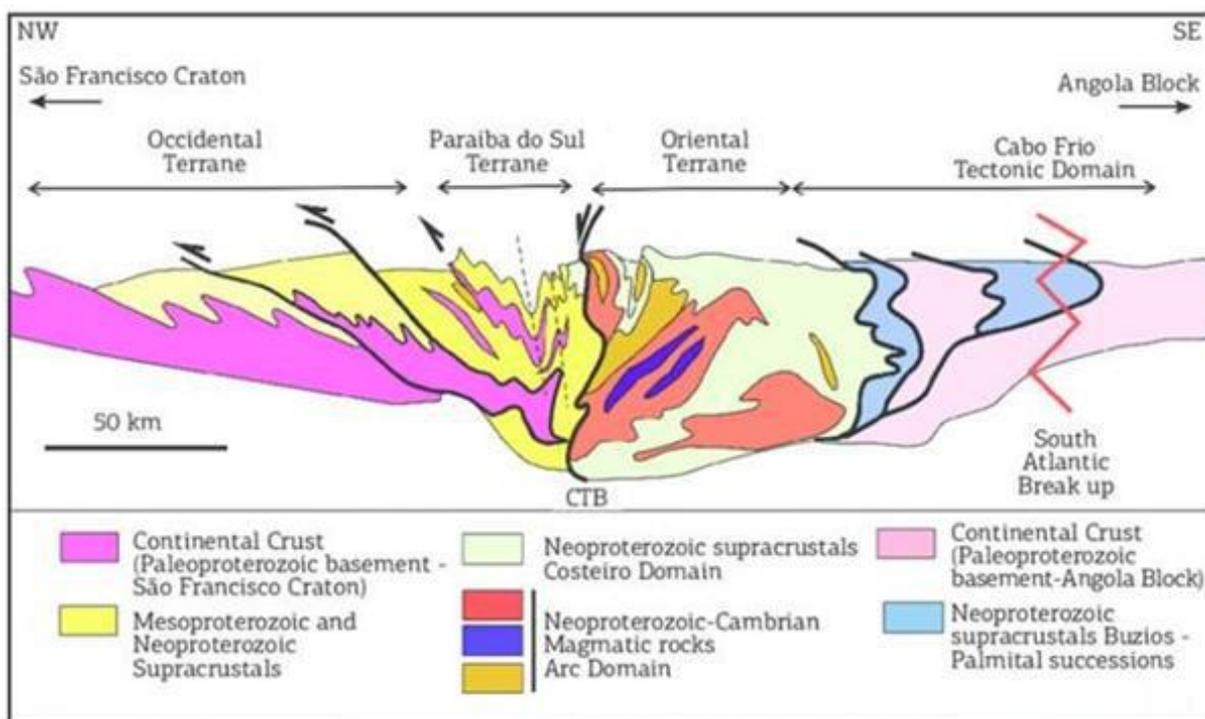


Figura 8: Seção geológica da Faixa Ribeira, desde o Cráton São Francisco a NW até o Bloco Angola a SE, modificado de Heilbron *et al.* (2004) por Schmitt *et al.* (2016).

## 2.1 Terreno Oriental

O Terreno Oriental é constituído por três domínios tectônicos distintos, separados como lascas de empurrão (Tupinambá *et al.*, 2000): Cambuci, Italva e Costeiro (Figura 9).

O Domínio Cambuci é a base do Terreno Oriental e é representado por granada-biotita gnaisses, contendo também lentes calcio-silicáticas e mármore. Esse protólito sedimentar é interpretado como proveniente de uma bacia de antearco, associada ao Arco Magmático Rio Negro (Heilbron *et al.*, 2008). Trata-se de uma sucessão metavulcanossedimentar com metamorfismo fácies anfibolito alto a granulito, cortada por metagranitoides.

O Domínio Italva representa uma *klippe*, que está sobre o Domínio Costeiro, sendo o topo das lacas tectônicas do Terreno Oriental. É uma sucessão de rochas metavulcanossedimentares de baixo grau metamórfico, que apresenta carbonatos plataformais como mármore calcítico, intercalados a anfibolitos com idade de 840 Ma (U-Pb), interpretados como depositados em um ambiente de margem passiva, ou em retro- arco (Heilbron *et al.*, 2003; 2008).

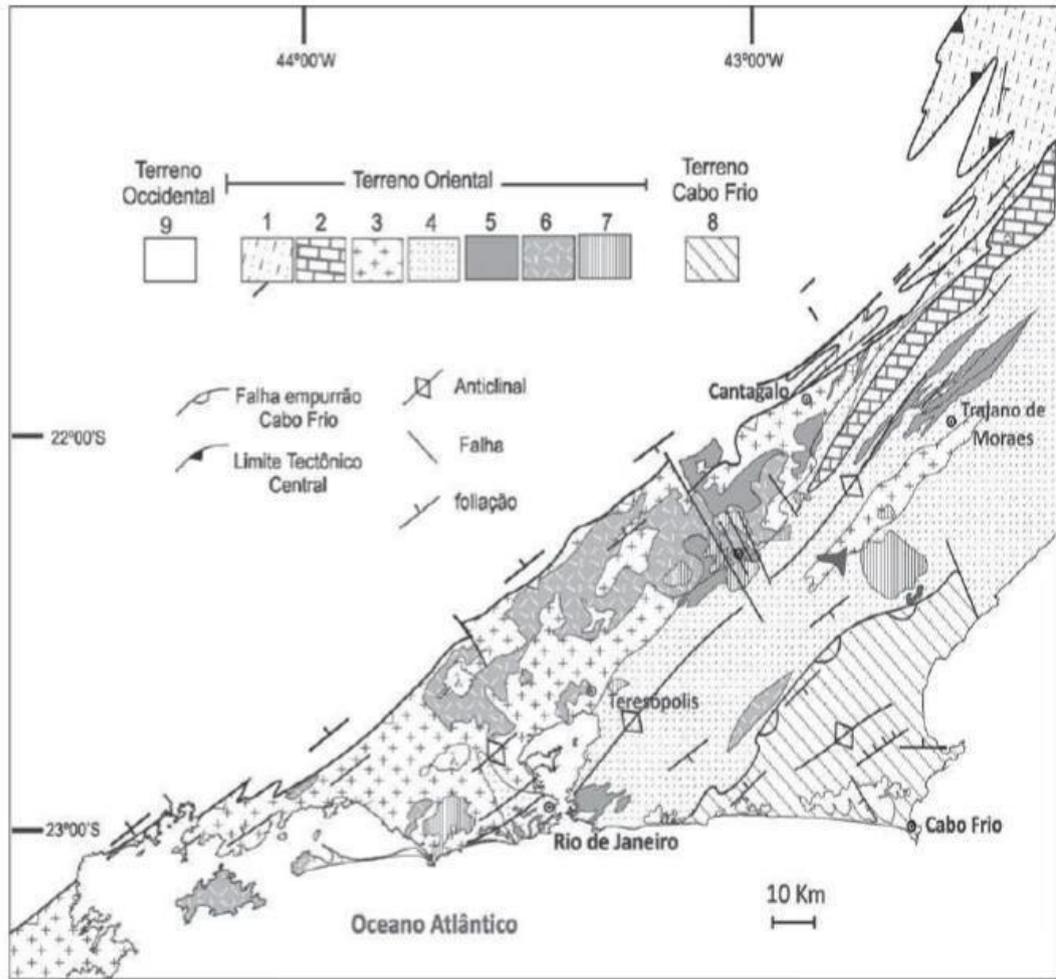


Figura 9: Mapa do Terreno Oriental da Faixa Ribeira; 1: Domínio Cambuci; 2: Domínio Italva; 3: Granitoides arco-relacionados do Complexo Rio Negro (Domínio Costeiro); 4: Grupo São Fidélis (Domínio Costeiro); 5: Granitoides sin colisionais (Domínio Costeiro); 6: Granitoides sin à tarde colisionais (Domínio Costeiro); 7: Granitoides pós colisionais (Domínio Costeiro); 8: Terreno Cabo Frio; 9: Terreno Ocidental (Tupinambá *et al.*, 2012).

O Domínio Costeiro está sobreposto ao Domínio Cambuci e é a região onde se desenvolveu o arco magmático da Faixa Ribeira, constituído por ortognaisses do Rio Negro (RN) intrusivos nos paragnaisses de alto grau metamórfico do Grupo São Fidélis, sendo ambos intrudidos por granitoides sin a pós colisionais (Heilbron *et al.*, 2008).

O Grupo São Fidélis corresponde a um conjunto de paragnaisses predominantemente pelíticos, que costumam conter granada e sillimanita. Este grupo foi interpretado em parte como produto de sedimentação em ambiente de antearco (Fernandes *et al.*, 2015).

Os ortognaisses do RN foram datados entre 790 e 605 Ma (Heilbron & Machado, 2003; Tupinambá *et al.*, 2012), consistindo em uma série de gerações de granitoides. São rochas pré colisionais que incluem tonalitos, granodioritos, granitos, dioritos, gabros e

trondhjemitos (Tupinambá *et al.*, 2012). Há também intrusões sin a pós colisionais associados a leucogranitos, e ao Batólito Serra dos Órgãos (Silva *et al.*, 2003).

A unidade foi primeiramente proposta como um conjunto migmatítico a granítico (Matos *et al.*, 1980) e foi redefinida posteriormente como um complexo ortoderivado constituído por ortognaisses e metagranitoides (Tupinambá *et al.*, 1996). Aflora ao longo de uma extensão de 300 km dentro do Terreno Oriental (Tupinambá *et al.*, 2012). Análises lito-geoquímicas indicam uma série de médio a baixo K de rochas calci-alcalinas metaluminosas. As rochas desta série possuem elevado conteúdo em Ca, padrões achatados de distribuição de elementos de terras raras e apresentam características de magmatismo de arco pré colisional em diagramas geoquímicos de discriminação tectônica (Tupinambá, 1999; Tupinambá *et al.*, 2012). Ocorre também uma série de alto K, assim como rochas shoshoníticas (Tupinambá *et al.*, 2012).

Na porção sudeste do Domínio Costeiro, mais próximo do litoral e também do Terreno Cabo Frio, há rochas de origem sin-colisional, com assinatura cálcio-alcalina e idade Ediacarana, que são as Unidades gnaiss Facoidal e o granito Itacoatiara (570-560 Ma - Mendes *et al.*, 2006, 2014; Silva *et al.*, 2003; Heilbron e Machado, 2003), e também as Unidades Cassorotiba, Maricá e Tinguí (551 Ma) (Martins *et al.*, 2016). Posteriormente, com natureza pós colisional, há diversos corpos magmáticos plutônicos do Cambro-ordoviciano, como as Unidades Silva Jardim, Cesário Alvim, Sana, Friburgo, entre outras (Valeriano *et al.*, 2012).

As rochas mais novas do Domínio Oriental são basaltos de idade cretácea associados à abertura do Atlântico Sul e, por último, rochas provenientes de pulsos de magmatismo alcalino, que geraram corpos intrusivos na crosta continental rasa, do Cretáceo Superior ao Eoceno (Valeriano *et al.*, 2012).

A principal deformação registrada no Terreno Oriental é caracterizada por uma progressão de dois episódios tectônicos. O primeiro gerou uma xistosidade de baixo ângulo, subparalela aos bandamentos, e que foi sobreposta por uma foliação plano axial relacionada a dobras isoclinais. Os dados de U-Pb analisados em granitos sin-colisionais, em minerais metamórficos da paragênese associada, indicam um intervalo de idade entre 580-550 Ma (Heilbron & Machado, 2003; Tupinambá *et al.*, 2000).

## **2.2 Unidades litoestratigráficas da cidade do Rio de Janeiro**

As principais rochas que afloram na cidade do Rio de Janeiro são as unidades

metassedimentares associadas ao Grupo São Fidélis, constituídas por kinzigitos e biotita gnaisses bandados intercalados com lentes de rochas calciossilicáticas e quartzitos, os ortognaisses associados ao Arco magmático Rio Negro incluindo a unidade Gnaiss Archer (Seção 2.2.1), os ortognaisses sin-colisionais representados principalmente pelo gnaiss Facoidal (Suíte Rio de Janeiro), corpos plutônicos pós-colisionais Ediacaranos representados principalmente pela Suíte Suruí (Granito Pedra Branca) e Nova Friburgo (Granito Favela), assim como os corpos alcalinos, e os basaltos do Cretáceo (Valeriano *et al.*, 2012).

### 2.2.1 Gnaiss Archer

Consiste em um ortognaiss que apresenta variação transicional em sua textura, gradando de porções bandadas para semi-facoidais. A facies semi-facoidal caracteriza-se pela presença de porfiroblastos de K-feldspato, e suas porções bandadas são identificadas com aumento na proporção de biotita, e pela menor quantidade ou ausência de fenocristais. Ocorre também variação composicional em relação à proporção de plagioclásio e de microclina, de forma que a unidade foi separada em plagioclásio gnaiss, que reúne litotipos com composição variando de quartzo diorito a granodiorito, e em microclina gnaiss, que reúne litotipos com composição variando de granodiorito a granito (Valeriano *et al.*, 2012).

A unidade é expressivamente intrudida por uma série de veios pegmatíticos e aplíticos subparalelos e também discordantes da foliação/bandamento que foram interpretados em grande parte como produtos de processos anatéticos (Pires & Heilbron 1989). O Gnaiss Archer possui ainda interdigitações com bandas anfíbolíticas (Valeriano *et al.*, 2012).

## 3 Geologia Local

A área mapeada inclui os costões rochosos da Ponta do Marisco, na região do Clube Costa Brava, e da praia da Joatinga, RJ (Figura 10).

# Mapa Geológico-Estrutural da região da Ponta do Marisco e Praia da Joatinga, Rio de Janeiro, RJ

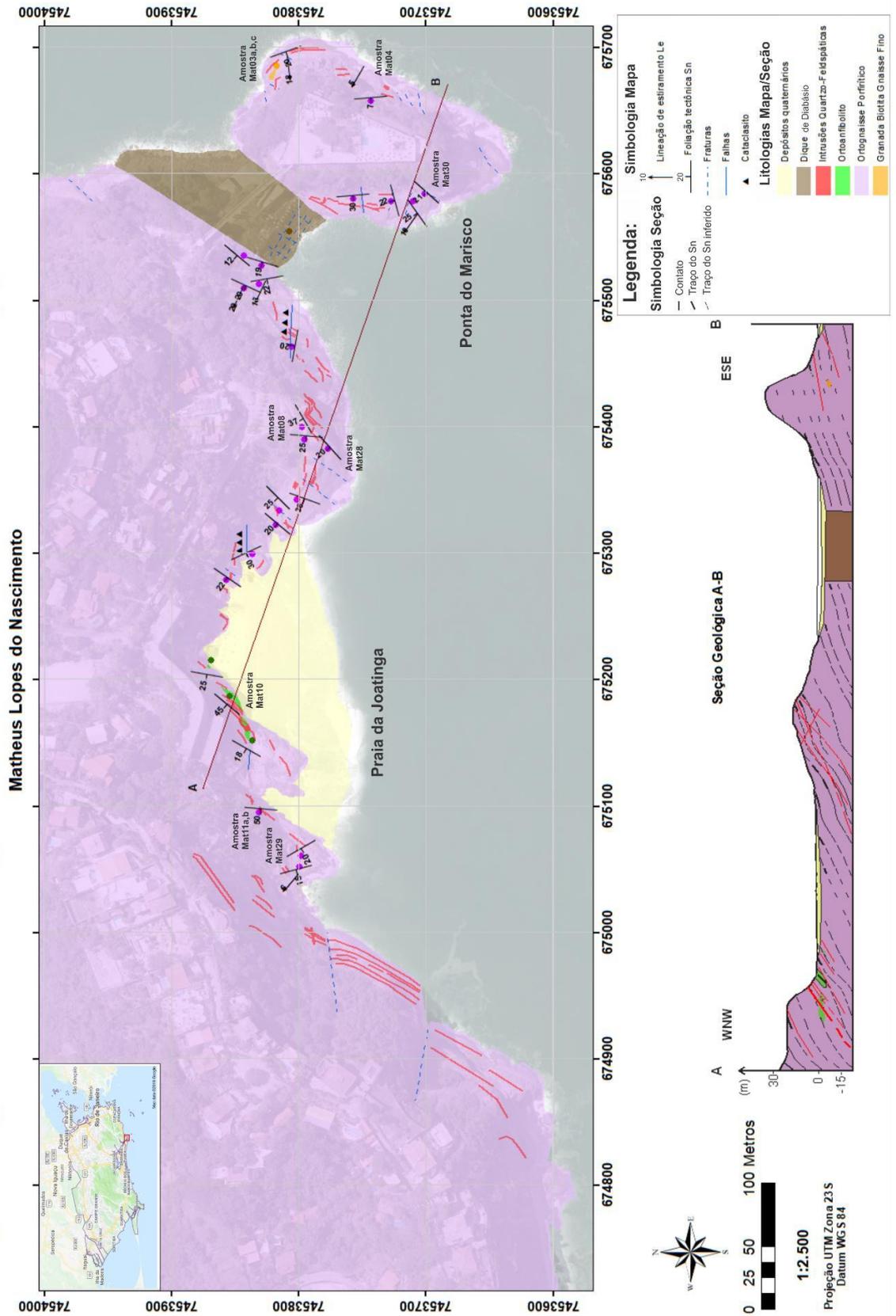


Figura 10: Imagem reduzida do mapa geológico-estrutural da Ponta do Marisco e Praia da Joatinga, RJ.

### 3.1 Unidades litológicas

Durante o mapeamento geológico cinco unidades litológicas distintas foram reconhecidas (Figura 10) e onze amostras foram coletadas (Figura 10 e Tabela 2).

Os dados das contagens estão apresentados na Tabela 2 e representam a composição modal, em porcentagem, das amostras.

Tabela 2: Composição modal, com valores em porcentagem, das seções delgadas das amostras coletadas, obtidas através do método de contagem de pontos (800 pontos por amostra).

Amostras:	Grgbt gnaiss leucossoma			Intrusões quartzofeldspáticas			Ortognaiss porfirítico				Ortoanfíbrito
Minerais:	Mat03a	Mat03b	Mat03c	Mat08	Mat11a	Mat11b	Mat04	Mat28	Mat29	Mat30	Mat10
Quartzo	26,8	43	20,6	29,6	20,2	21,3	23,5	26,5	27,8	31,6	5,1
K-Feldspato	20	1,2	36,7	30,1	36,7	49,8	7,7	13,3	16,5	16	
Plagioclásio	17,8	36,8	29,8	20,7	21	6,3	40,7	35,5	27,8	32,5	20,2
Biotita	30,8	6	9,1	9,5	15	16,6	19,2	18,2	21,8	15,3	21,6
Titanita		0,2		0,1	0,1	0,2	0,1			0,6	0,6
Apatita	0,3	0,2			0,2	0,1	0,7	0,2	0,6		1,8
Sericita	0,1		0,5	2,3	1	1	3,6	2,2	1	0,1	2,8
Muscovita	0,5		1,6	4,2	1,3	0,1	2,7	2,2	1,3	1,5	
Zircão	0,8	3	0,6	0,7	2,2	2,1	0,2	0,3	1	1	0,3
Granada	1,5	8,4									
Allanita		0,4									0,1
Epidoto											0,5
Clorita											0,1
Hornblenda											45,2
Opacos	1	0,8	0,8	2,5	2	2,1	1,2	1,2	1,8	1,2	1,2

#### 3.1.1 Ortognaiss Porfirítico

Essa unidade aflora ao longo de toda a área mapeada, em contato com todas as demais unidades litológicas. Ocorre na forma de lajedos, costões e paredões rochosos (Figura 5).

Corresponde a um gnaiss porfirítico de cor cinza claro a escuro, com porfiroclastos esbranquiçados a rosados (Figura 11). O índice de cor varia de 20 até cerca de 35% (rocha leucocrática a mesocrática). A granulação é fina a média na matriz (0,8 a 4,5 mm), e grossa a muito grossa nos porfiroclastos (Figura 12). Sua mineralogia essencial é composta por quartzo, K-feldspato, plagioclásio e biotita. Eventualmente pode-se encontrar granada, associada a níveis quartzofeldspáticos (Figura 13).

Possui uma foliação principal marcada pela orientação da biotita e pelos porfiroclastos, com uma variação textural que reflete o grau de deformação, e também a quantidade de porfiroclastos (Figura 11).

Os porfiroclastos são principalmente K-feldspato, e em menor proporção, plagioclásio. Costumam aparecer estirados e orientados seguindo a foliação da rocha e possuem forma tabular a amendoada (Figura 12). Há alguns fora da orientação principal, em zonas menos deformadas. Estão presentes em proporção variada ao longo da unidade, podendo chegar a representar até cerca de 40% da rocha, e variam de 1 até 9 cm de comprimento.

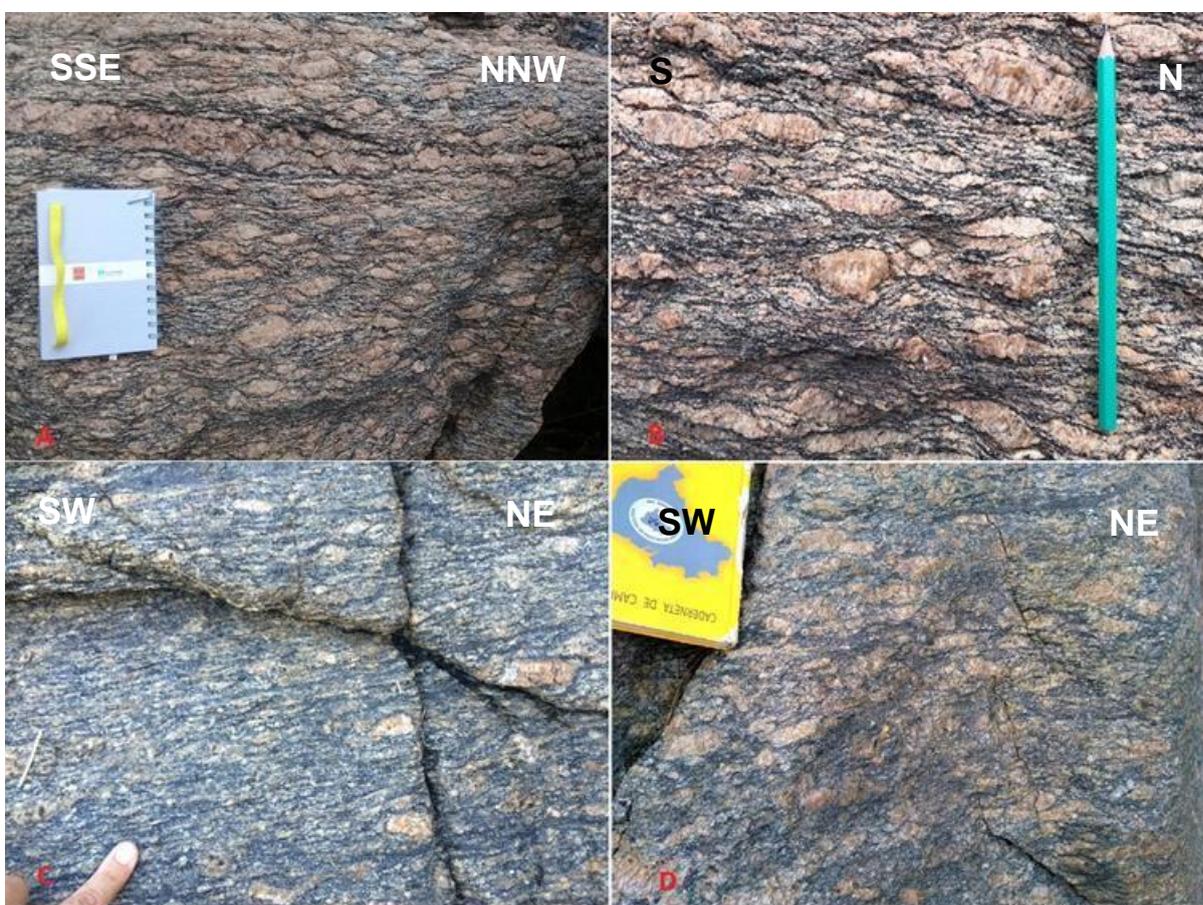


Figura 11: Variação faciológica do Ortognaisse Porfírico. **A e B:** Porções com maior proporção de porfiroclastos e com maior deformação (*strain*), os cristais são na maioria amendoados. **C:** Porção com menor quantidade de porfiroclastos e na maioria tabulares, com menor *strain*. **D:** Porção com alta quantidade de porfiroclastos, porém menos deformados que em **A e B**.



Figura 12: Porfiroclastos orientados de K-feldspato no Ortognaisse Porfírico. Nota-se cristais tabulares e cristais amendoados, de tamanho centimétrico.



Figura 13: Nível quartzo-feldspático no Ortognaisse porfírico contendo granada.

Aparece localmente outra litofácies do Ortognaisse Porfírico, sendo também

porfiroclástica, mas com composição relativamente mais leucocrática (Figura 14). Esta fácies contém a mesma foliação e deformação presente na fácies principal da unidade (Figura 15).



Figura 14: Comparação entre a textura e composição das duas fácies do ortognaisse: **A:** Fácies principal do Ortognaisse Porfírico; **B:** Fácies mais leucocrática (menor quantidade de biotita), que aflora localmente, do Ortognaisse Porfírico.



Figura 15: Matação do Ortognaisse Porfirítico mostrando contato brusco entre as fácies, a principal (parte de baixo do bloco) com a mais leucocrática (acima). Nota-se que o contato concorda com a foliação, em ambas fácies.

O ortognaisse porfirítico faz contato com outras rochas (Figura 16). Ocorrem lentes ortoanfíbolíticas (Figura 16D) na maioria boudinadas assim como lentes de granada biotita gnaisse fino, com níveis de fusão parcial (Figura 16C). O ortognaisse é também cortado por diversos corpos graníticos que possuem predominantemente uma orientação subparalela à sua foliação (Figura 16B), mas também ocorrendo intrusões discordantes da foliação (Figura 16A). Essas intrusões ocorrem ao longo de toda a área.



Figura 16: **A:** Ortognaisse cortado por um granitoide deformado, leucocrático, subparalelo à foliação (1), e os dois cortados por um pegmatito posterior discordante (2). **B:** Ortognaisse porfirítico deformado, com os fenocristais estirados e com veios quartzo-feldspáticos e pegmatitos paralelos à sua foliação. **C:** lente de granada biotita gnaiss fino, com leucossomas *in situ*, contido no Ortognaisse Porfirítico. **D:** lente de ortoanfibolito contida no Ortognaisse Porfirítico.

## Petrografia

Foram descritas 4 lâminas desta unidade (amostras Mat04, Mat28, Mat29, Mat30), de amostras coletadas tanto no clube Costa Brava como na praia da Joatinga (Figura 10).

As amostras do Ortognaisse Porfirítico analisadas em microscópio apresentaram uma proporção maior de plagioclásio (média de 33%) em relação ao k-feldspato (média de 14%). Os cristais de K-feldspato constituem a maioria dos porfiroclastos e os cristais de plagioclásio são dominantes na matriz da rocha. Em diagrama QAP as amostras estão classificadas como granodiorito e monzogranito (Figura 17), essa composição tende a representar principalmente a matriz da rocha, visto que os cristais muito grossos são evitados na amostragem e no método de contagem de pontos em lâmina petrográfica.

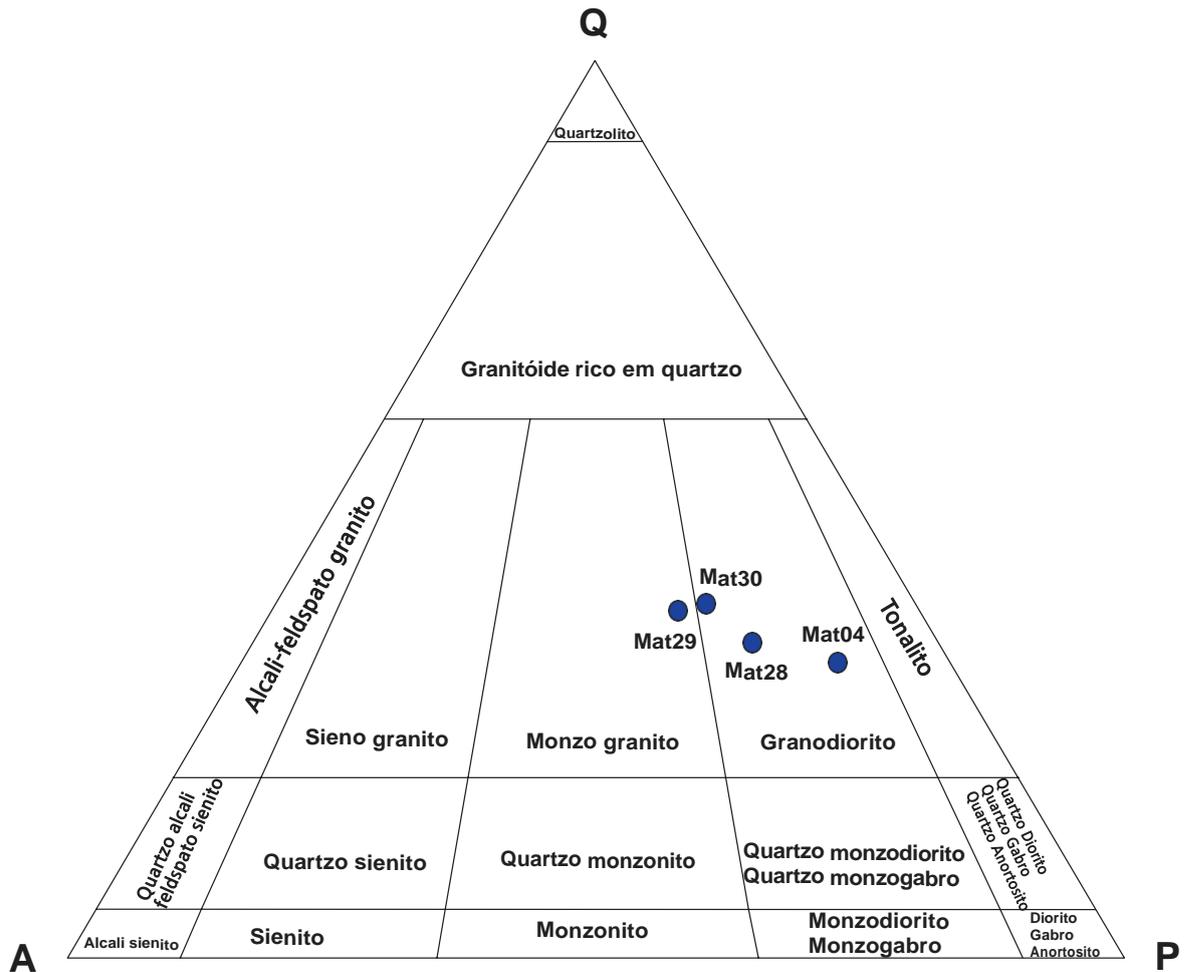


Figura 17: Diagrama QAP mostrando a composição das amostras do Ortognaisse Porfírico.

As amostras são rochas leucocráticas, com índice de cor de aproximadamente 20%. A textura é porfírica recristalizada e granolepidoblástica (Figura 18). Sua granulação é fina a média na matriz (Figura 19) e grossa nos porfiroclastos, sendo seus cristais subédricos a euédricos.

Os minerais essenciais são quartzo, plagioclásio, microclina e biotita. A mineralogia acessória é representada por apatita, zircão, titanita e minerais opacos. A muscovita e a sericita compõem a mineralogia secundária, substituindo plagioclásio e biotita.

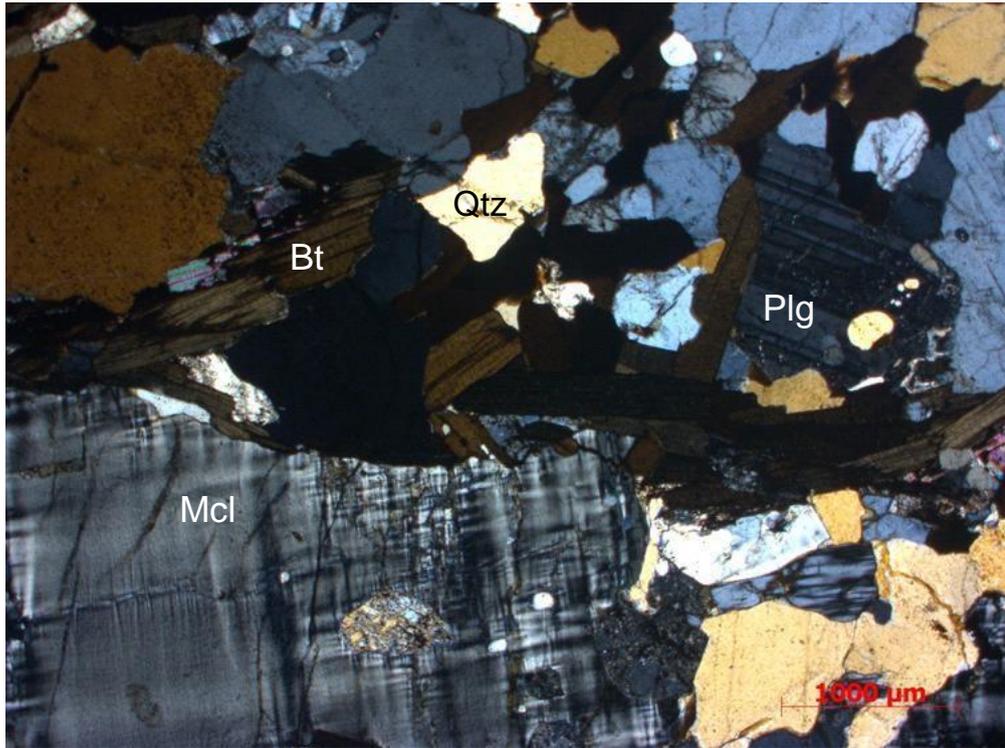


Figura 18: Textura porfirítica recrystalizada (Amostra: Mat28, nicóis cruzados) com matriz constituída principalmente por cristais recrystalizados de quartzo (Qtz), biotita (Bt) e plagioclásio (Plg) e com porfirclosto de microclina (Mcl). O plagioclásio mostra geminação polissintética e a microclina exibe geminação tartan.

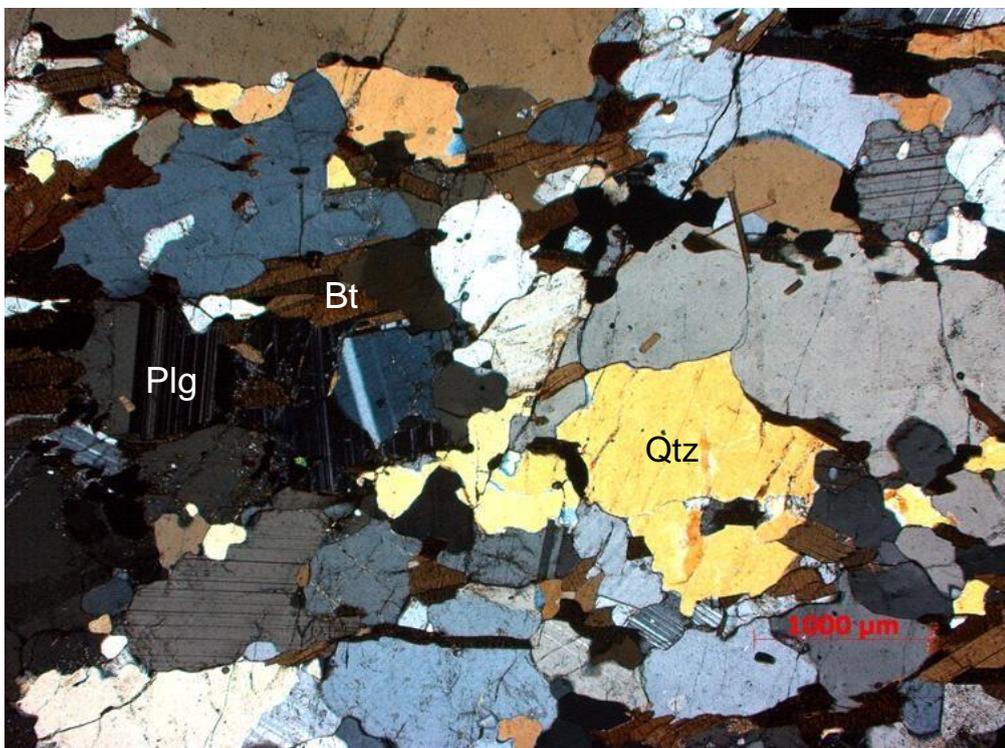


Figura 19: Porção representativa da matriz do ortogneisse (Amostra: Mat29, nicóis cruzados), notam-se cristais de plagioclásio (Plg), quartzo (Qtz) e biotita (Bt).

A rocha apresenta aspectos de recristalização mineral, tais como a formação de subgrãos, formação de novos grãos e presença de contatos poligonais entre alguns de seus cristais (principalmente entre cristais de quartzo, mas ainda plagioclásio e microclina). Há também uma orientação preferencial de cristais na rocha, evidenciada principalmente nos cristais de biotita. Essas evidências em conjunto caracterizam uma foliação tectônica Sn (Figura 20).

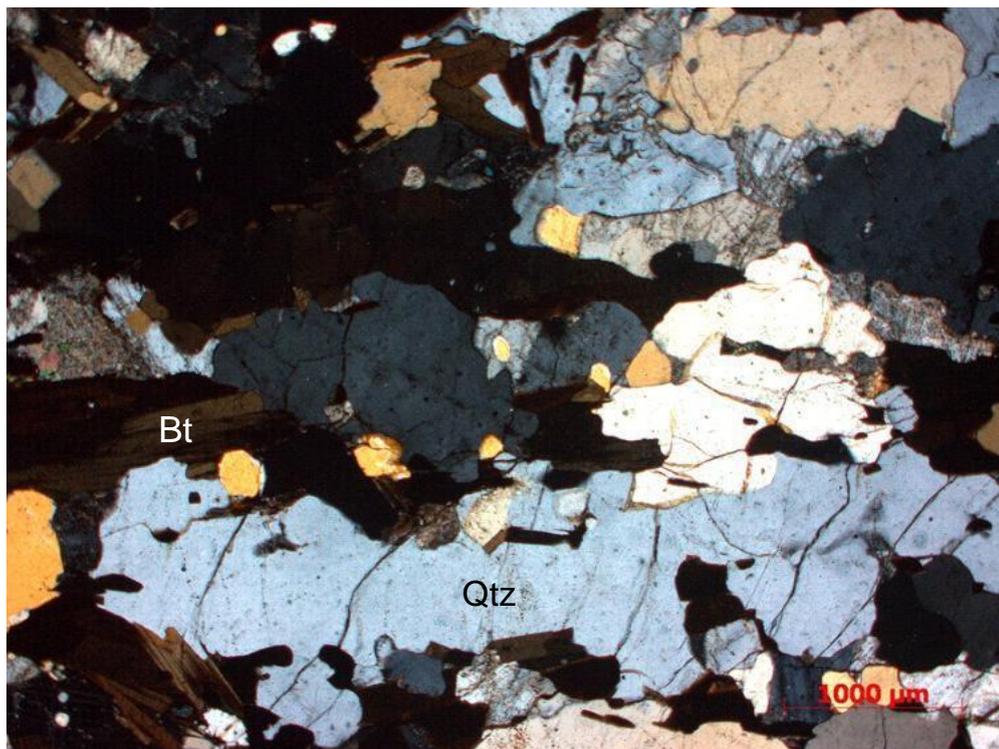


Figura 20: Textura granoblástica a granolepidoblástica (Amostra: Mat30, nicóis cruzados) representada por cristais orientados de biotita (Bt) e cristais de quartzo (Qtz) que demarcam a foliação Sn. Há recristalização presente nos cristais, incluindo contatos poligonais.

Os minerais essenciais e acessórios representam uma paragênese anterior e concomitante ao desenvolvimento da foliação tectônica, enquanto os secundários são minerais posteriores, associados a processos de alteração.

A maioria dos fenocristais são compostos por microclina (Figuras 18 e 21), e o restante por plagioclásio (Figura 22) ou quartzo (Figura 20). As bordas destes fenocristais encontram-se comumente recristalizadas. Na matriz da rocha é predominante o plagioclásio em relação à microclina.

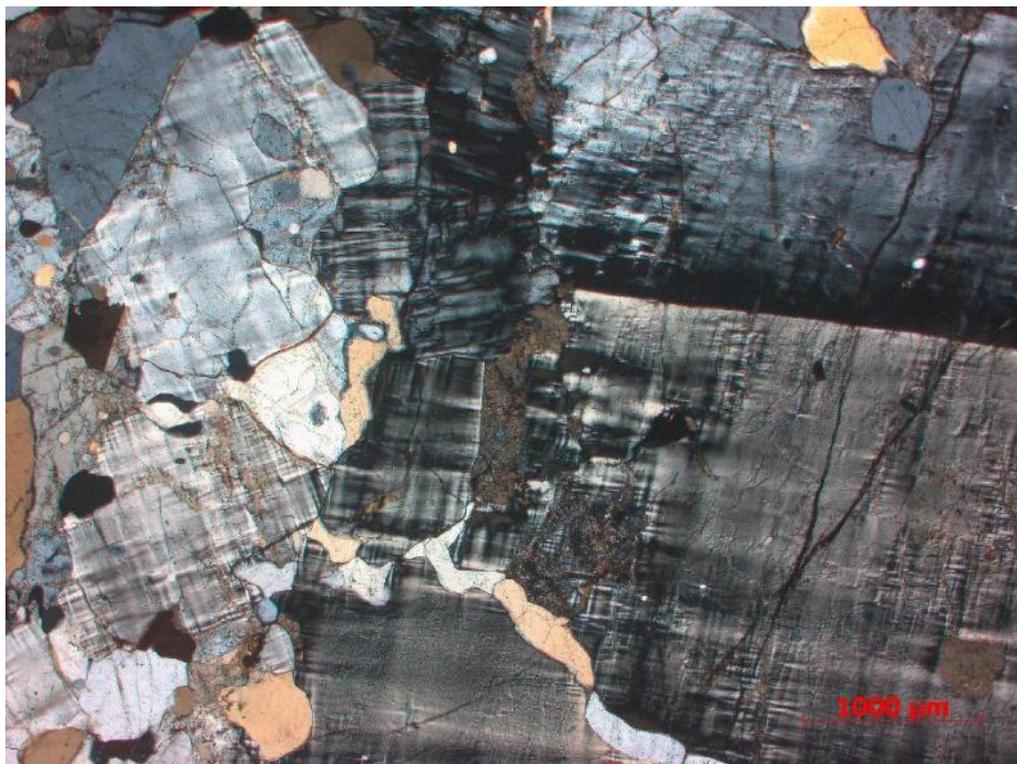


Figura 21: Porfiroclasto de microclina (Amostra: Mat28, nicóis cruzados).

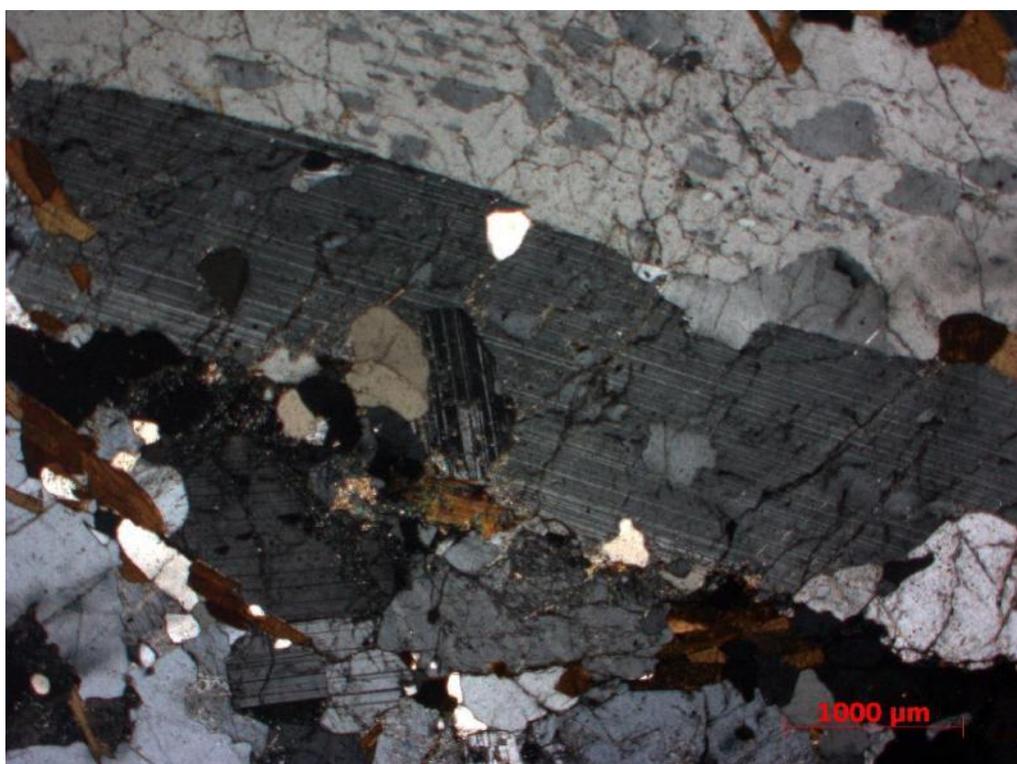


Figura 22: Porfiroclasto de plagioclásio (Amostra: Mat30, nicóis cruzados). Nota-se exsolução no cristal, anti-pertitas.

Alguns cristais de plagioclásio apresentam intercrescimento mirmequítico (Figuras 23 e 24) outros, intercrescimento anti-pertítico (Figura 22).



Figura 23: Intercrescimento mirmequítico presente em plagioclásio em contato com microclina (Amostra Mat28, nicóis cruzados).

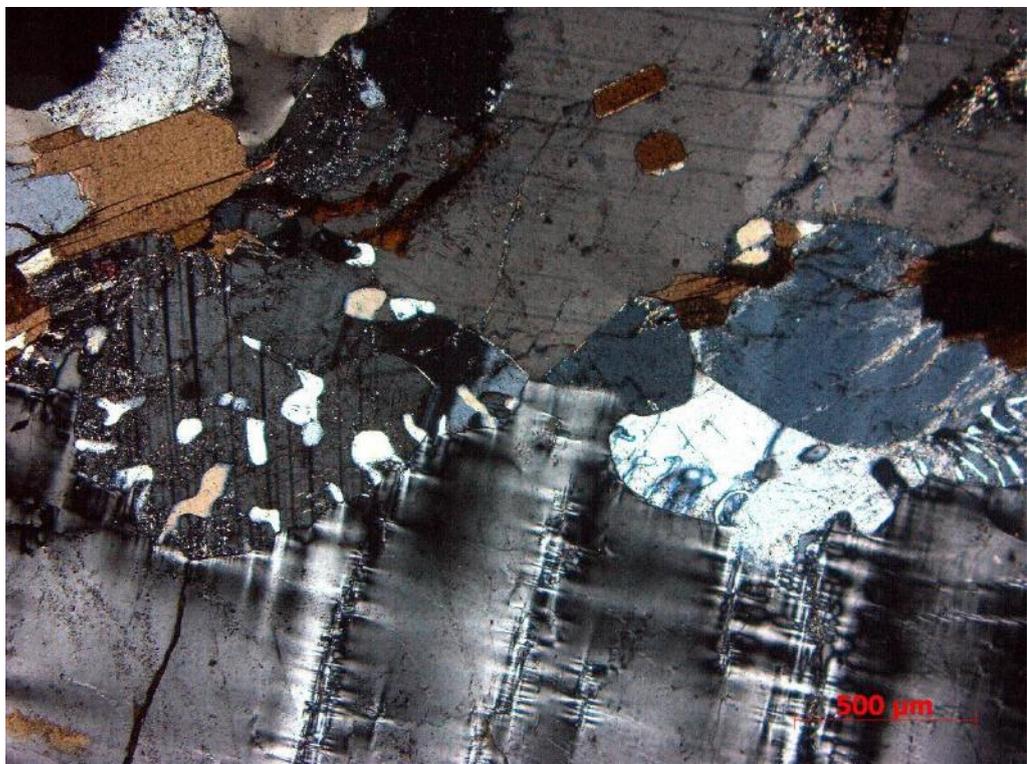


Figura 24: Intercrescimento mirmequítico presente em plagioclásio em contato com microclina (Amostra Mat29, nicóis cruzados).

Há amostras que exibem sericitização de plagioclásio em estágio avançado (Figura 25).

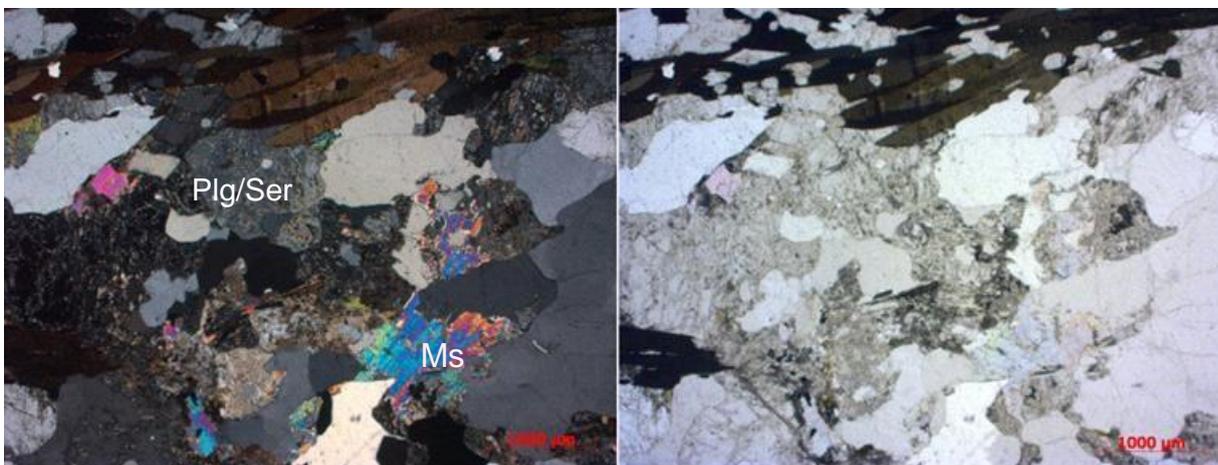


Figura 25: Alteração em plagioclásios (Amostra: Mat04, nicóis cruzados e paralelos), nota-se a presença de sericita (Ser) sobrecrecendo o plagioclásio (Plg), assim como muscovita (Ms).

### 3.1.2 Ortoanfíbólito

A unidade aflora na praia da Joatinga, em uma série de lentes alongadas e estiradas conforme a foliação do Ortognaisse, onde estão inseridas. São comumente segmentadas por intrusões de composição granítica com granulação grossa. Os corpos anfibolíticos medem de 1 até 10 metros de extensão, com espessura variando de 0,2 até cerca de 2 metros (Figuras 26, 27, 28).



Figura 26: Lente de ortoanfibolito com cerca de 10 metros de comprimento e 1,5 metros de espessura, no ortognaisse.

Trata-se de uma rocha máfica, com índice de cor entre 60-65% (mesocrática a melanocrática), com granulação variando de 0,5 a 1,5 mm (fina a média). Sua mineralogia é composta por plagioclásio, anfibólio, biotita e quartzo.

Apresenta uma homogeneidade textural e composicional e exibe uma foliação paralela à foliação do ortognaisse.



Figura 27: Lentes de ortoanfibolito. Nota-se corpos intrusivos de cor clara (pegmatitos) segmentando as lentes, e cortando também o ortognaisse porfirítico.

Os corpos podem aparecer na forma de *boudins*. Apresentam eventualmente um padrão de contato sinuoso com o ortognaisse (Figura 29).

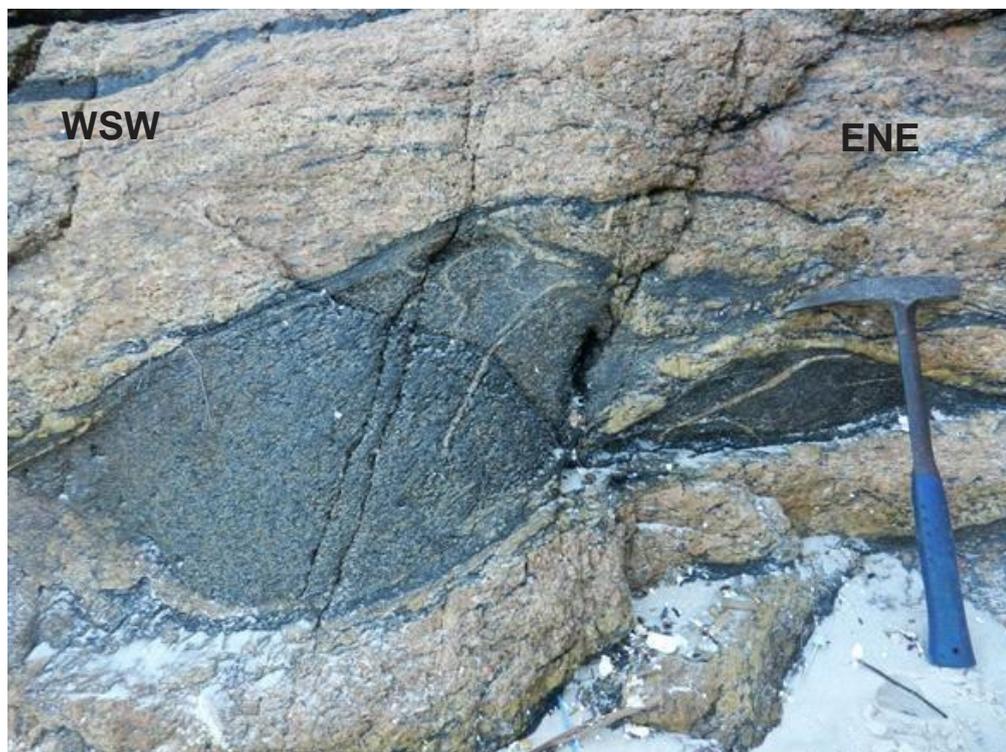


Figura 28: Lente boudinada de ortoanfibolito em contato com veios quartzo-feldspáticos.

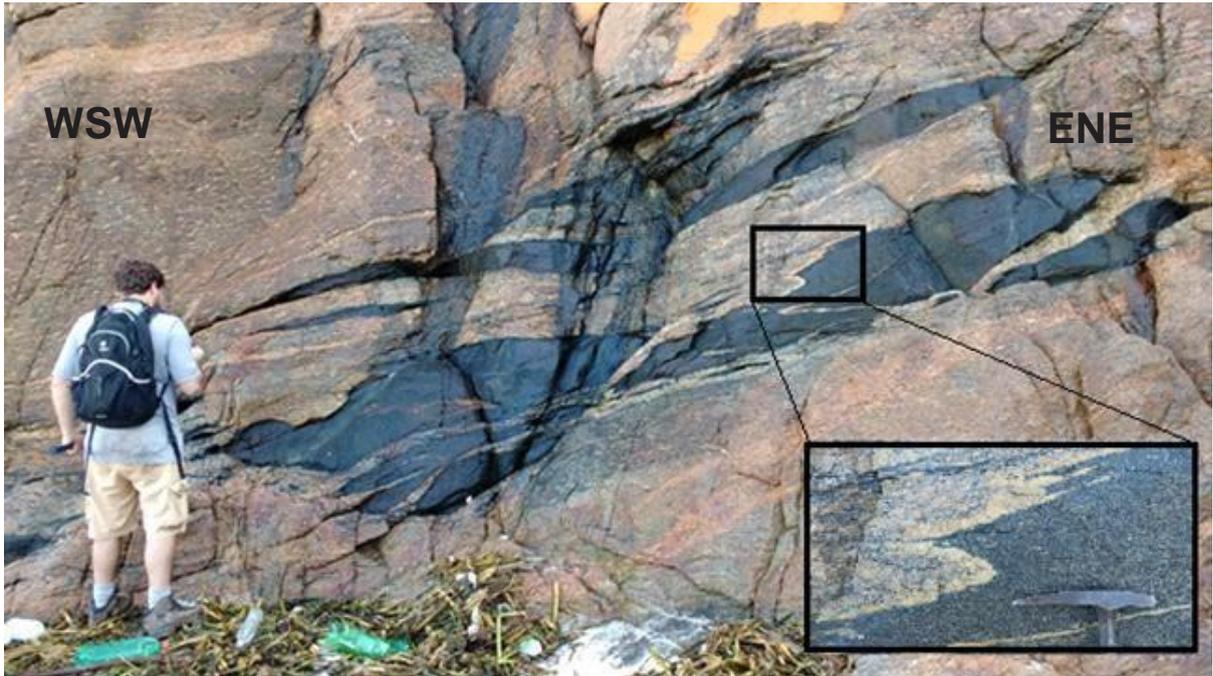


Figura 29: *boudin* ortoamfibolítico, apresentando contato sinuoso com o gnaiss. No retângulo preto, foto ampliada do contato sinuoso demarcado.

Os corpos ortoamfibolíticos também contêm veios quartzo-feldspáticos dobrados (Figura 30), assim como veios oblíquos a eles (Figura 29).

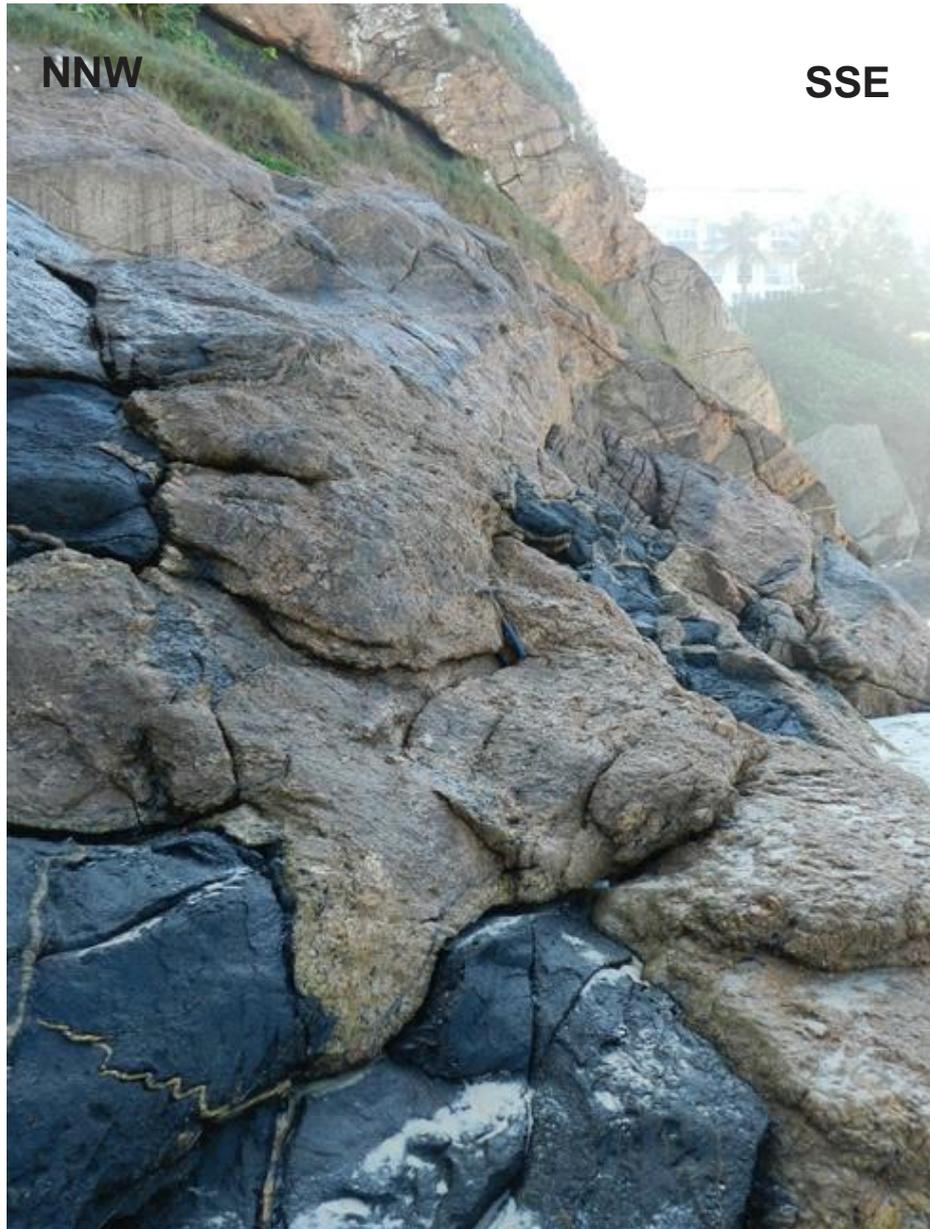


Figura 30: Veios quartzo-feldspáticos dobrados no ortoanfibolito (canto inferior esquerdo).

### Petrografia

Foi descrita uma amostra da unidade, coletada na praia da Joatinga (Figura 10).

A rocha possui índice de cor em torno de 67% (melanocrática), sua textura é granonematoblástica a granolepidoblástica e sua granulação é fina a média (até 2,5mm) com cristais subédricos a euédricos (Figura 31). Apresenta uma foliação tectônica definida pela orientação preferencial dos cristais de biotita e também de anfibólio.

Estão intercrescidos: hornblenda, plagioclásio, biotita, apatita, titanita, quartzo e parte

dos opacos. Os minerais dessa paragênese encontram-se recristalizados e por vezes marcam o Sn.

Os anfibólios são cristais de hornblenda com cor verde-amarronzada. A biotita é amarronzada, mas também ocorre avermelhada, demonstrando possivelmente um teor maior de titânio, típico de temperaturas altas. O plagioclásio apresenta um zonamento, indicando progressão de temperatura.

A sericita aparece substituindo o plagioclásio, portanto é um mineral secundário, produto de alteração posterior ao desenvolvimento do Sn. Há minerais opacos que substituem parcialmente as bordas da biotita.

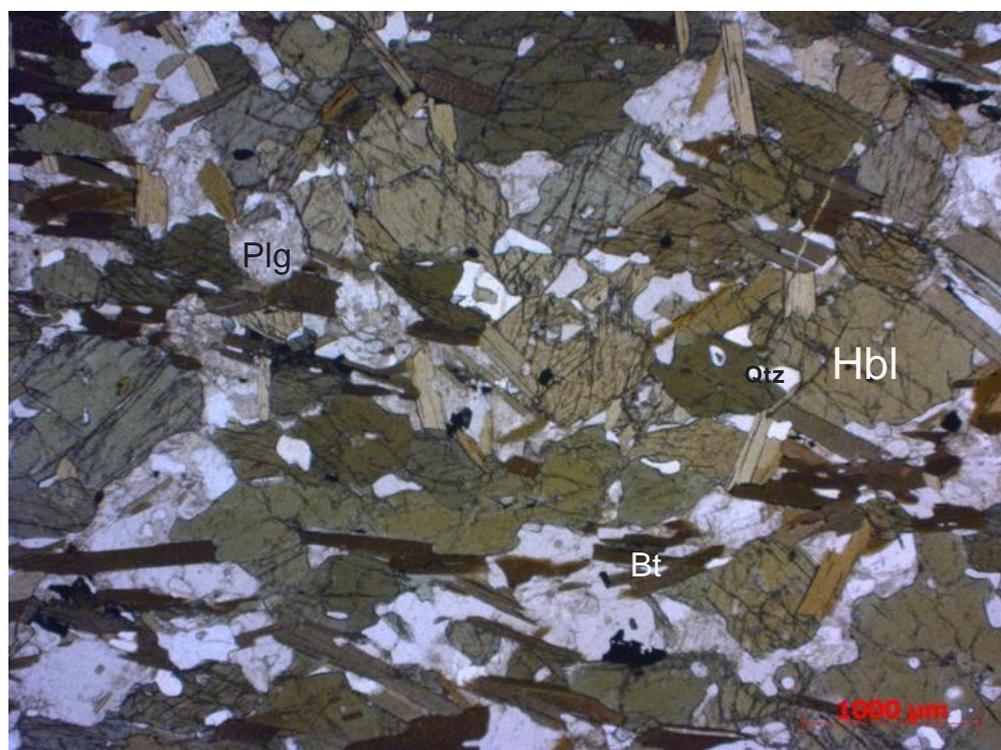


Figura 31: Aspecto geral do Ortoanfíbrito (Amostra Mat10, nicóis paralelos) em microscópio, caracterizado por cristais de hornblenda (Hbl), biotita (Bt) e plagioclásio (Plg) recristalizados e em paragênese. Nota-se uma orientação preferencial nos cristais da rocha.

### 3.1.3 Granada biotita gnaisse fino

Aflora na parte leste da área (Figura 10), possui dimensão de cerca de 6 metros de extensão e até 60 cm de espessura, dentro do Ortognaisse porfírico (Figura 32 e 16C).

Trata-se de uma rocha de cor cinza (com índice de cor em torno de 40%, mesocrática), com granulação

variando de 0,3 até 0,8 mm (fina). A mineralogia inclui quartzo, plagioclásio, K-feldspato, biotita e granada. Apresenta bandamento composicional que consiste em uma intercalação com níveis de fusão parcial, formados por leucossomas de granulação média a grossa (de 1 até 8 mm) compostos por quartzo, plagioclásio, K-feldspato, granada (até 10 %) e biotita (Figura 33 e 34). O Granada biotita gnaiss fino possui uma foliação concordante com a foliação do ortognaiss, onde está inserido, e paralela também ao seu bandamento composicional.



Figura 32: Afloramento do Granada biotita gnaiss fino, com bandamento composicional. É intercalado com leucossomas.



Figura 33: Granada biotita gnaiss fino. Nota-se o gnaiss cinza rico em biotita (mineral escuro) de granulação fina e foliado, intercalado com níveis de fusão parcial leucossomáticos e granulação mais grossa.



Figura 34: Nível leucossomático com granada, na unidade Granada biotita gnaiss fino.

Ocorre também outra uma outra lente, formada por biotita gnaiss fino, com

leucossomas, que aflora na praia da Joatinga (Figura 35). Ela foi correlacionada com o granada biotita gnaissé do clube (leste da área).



Figura 35: Enclave de biotita gnaissé fino com leucossomas, inserido no ortognaissé porfirítico, Praia da Joatinga.

## Petrografia

Foram descritas duas amostras, uma representando o granada biotita gnaissé (Mat03a), e outra representando os leucossomas (Mat03b, Tabela 2).

### Granada biotita gnaissé fino (Mat03a)

Rocha mesocrática (IC em torno de 35%) de textura equigranular e granolepidoblástica, com granulação fina a média (até cerca de 1,5 mm) (Figura 36). Ela apresenta indícios de recristalização tais como: contatos poligonais; formação de subgrãos e também de novos grãos. Possui também uma foliação tectônica  $S_n$ , bem demarcada pela orientação preferencial dos cristais de biotita. Os cristais presentes na rocha são subédricos a euédricos.

Estão intercrescidos os minerais: quartzo, K-feldspato, biotita, plagioclásio, granada (Figura 37), minerais opacos, zircão e apatita. Há sericita substituindo plagioclásio. O

plagioclásio pode conter mirmequita, assim como intercrescimento anti-perfítico.

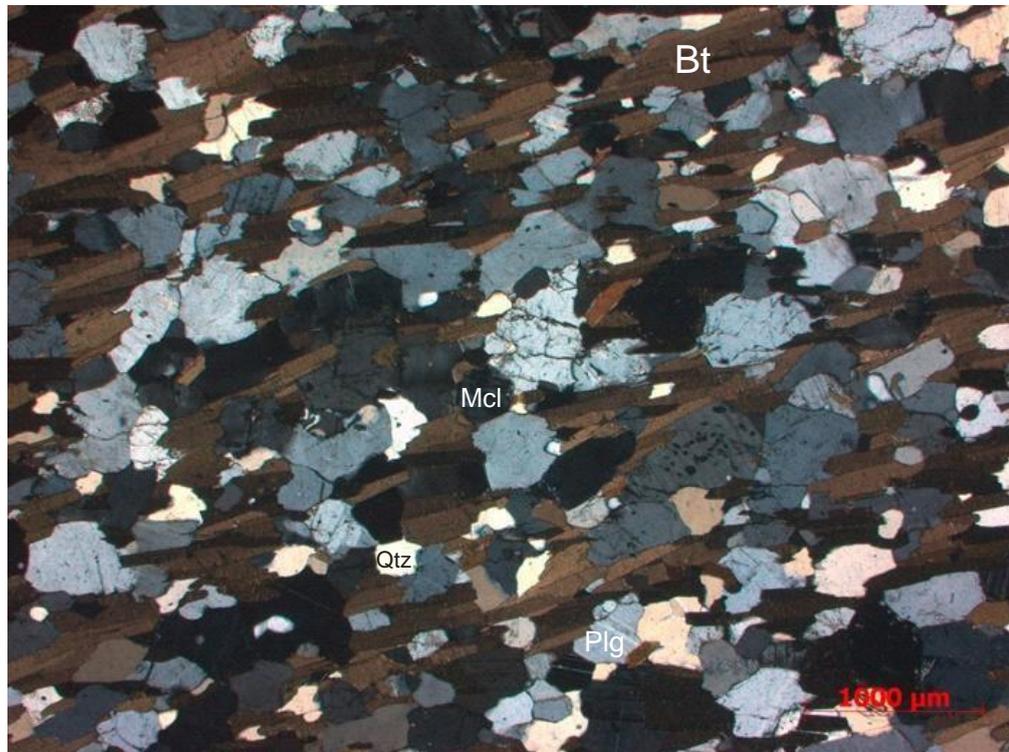


Figura 36: Aspecto geral do Granada biotita gnaissse fino (Amostra Mat03a, nicóis cruzados). Nota-se cristais recrystalizados, com contatos poligonais, além de uma orientação bem demarcada pelos cristais de biotita (Bt).

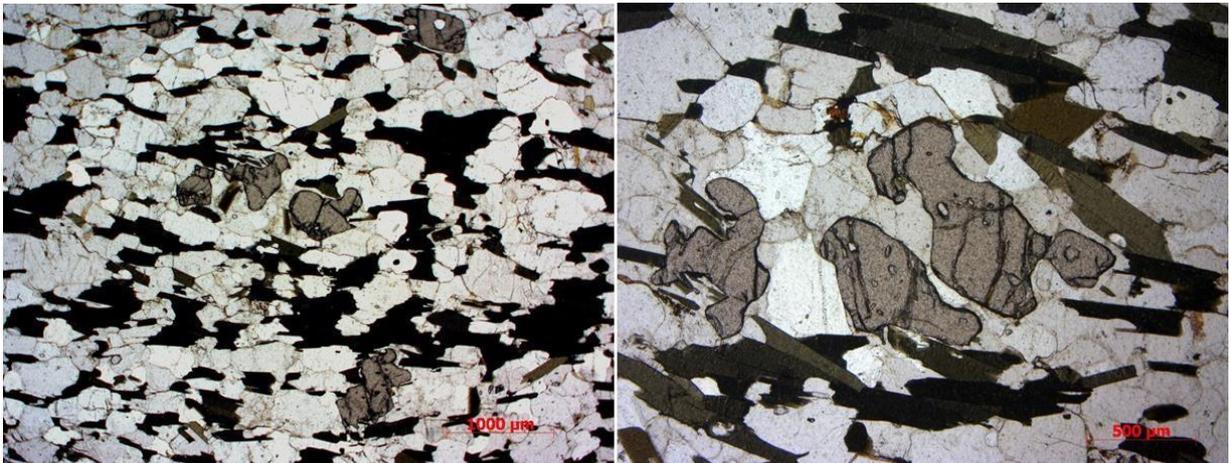


Figura 37. **A, B:** Cristais de granada presentes no Granada biotita gnaissse fino (Amostra: Mat03a, nicóis paralelos).

#### Leucossoma do granada biotita gnaissse fino (Mat03b)

Rocha leucocrática (IC em torno de 7%) de textura inequigranular seriada e granoblástica. A granulação é média a grossa, com predominância dos cristais grossos. A

proporção de plagioclásio é predominante em relação ao K-feldspato no leucossoma (Tabela 2). O teor de granada observado foi de 8,4%.



Figura 38. Cristais recrystalizados de plagioclásio (Plg) e quartzo (Qtz) no leucossoma (Amostra: Mat03b, nicóis cruzados).

Há uma foliação presente, mas incipiente, melhor observada através da orientação preferencial dos cristais de biotita. Os cristais apresentam-se recrystalizados, com formação de subgrãos, novos grãos e também contatos poligonais (Figura 38). A mineralogia é composta por quartzo, plagioclásio, biotita, microclina, titanita, apatita, allanita, zircão, granada (Figura 39) e minerais opacos (Tabela 2).

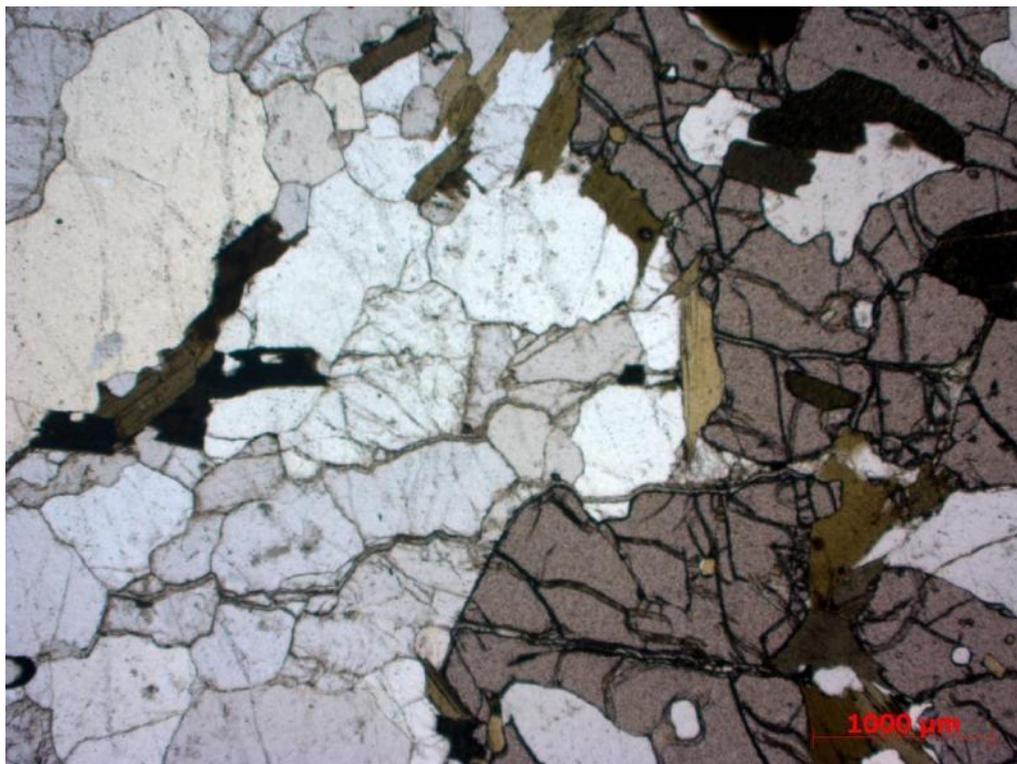


Figura 39: Porfiroblastos de granada com até 5 mm no leucossoma, contendo inclusão de biotita (Amostra: Mat03b, nicóis descruzados).

#### 3.1.4 Intrusões quartzo-feldspáticas

Essa unidade representa uma série de corpos intrusivos no Ortognaisse porfirítico e nos ortoanfibolitos (Figura 40 e 58). Estão expressivamente presentes ao longo de toda a área mapeada (Figura 10). As intrusões possuem composição granítica (são compostos por quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita e muscovita) e medem de 2,5 centímetros até 2 metros de espessura. São corpos que apresentam textura variada, existindo desde corpos aplíticos até pegmatíticos, com granulação variando de submilimétrica até centimétrica. Diferem também em grau de deformação, orientação e composição.

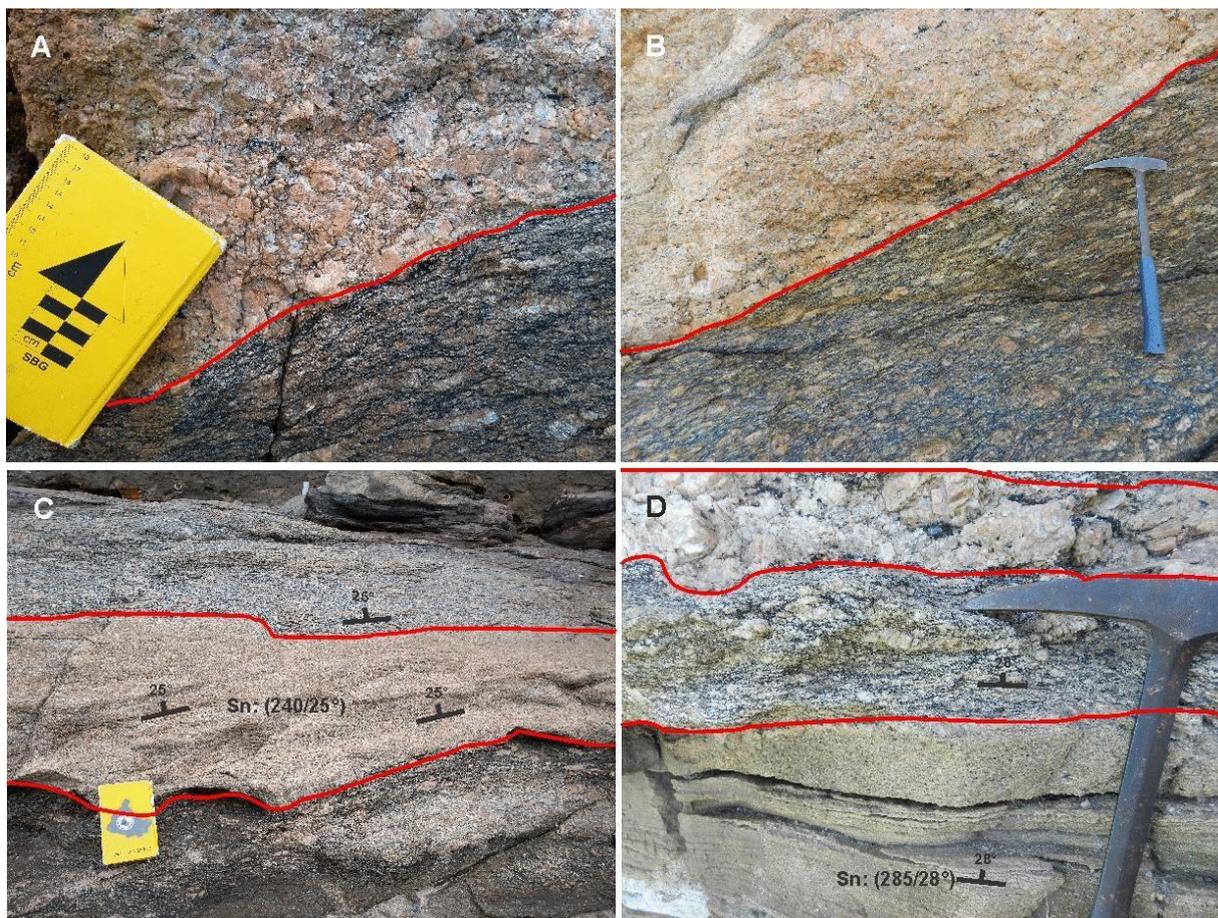


Figura 40. **A, B:** Diferentes corpos intrusivos com orientação subparalela à foliação Sn do ortognaisse encaixante. São pegmatíticos e com baixo grau de deformação, ou ausente. **C:** Intrusão quartzo-feldspática deformada, de coloração clara e granulação média a grossa (Amostra Mat03c), este corpo exhibe uma foliação Sn ( $240/25^\circ$ ) paralela à foliação da encaixante. **D:** Intrusão quartzo-feldspática deformada de granulação fina, com foliação Sn ( $285/28^\circ$ ) bem visível e paralela a foliação da encaixante (Amostra Mat08). Nota-se um veio pegmatítico com mesma orientação no topo da figura.

A grande maioria dessas intrusões é subparalela à foliação da rocha encaixante (ortognaisse) (Figura 40 A,B,C,D e 41). Existem outras, em menor quantidade, com orientação discordante da foliação, sendo possível observar intrusões desta característica cortando intrusões subparalelas (Figura 41 e 16A).



Figura 41: Paredão rochoso mostrando uma série de corpos intrusivos subparalelos à foliação, cortados por um dique ortogonal à foliação, exibindo uma separação aparente (em azul), indicando deslocamento. Há ainda arraste nos veios subparalelos por zonas de falha/cisalhamento de médio ângulo, com uma cinemática extensional demarcada em preto.

Corpos ígneos paralelos e subparalelos geralmente são foliados, mas demonstram uma variação de *strain*, alguns são fortemente foliados e outros apresentam uma foliação mais incipiente ou ausente (Figura 40). A textura quando muito grossa pode dificultar a visualização da foliação.

Pode-se observar porções pegmatíticas na borda de intrusões mais finas (Figura 42D).

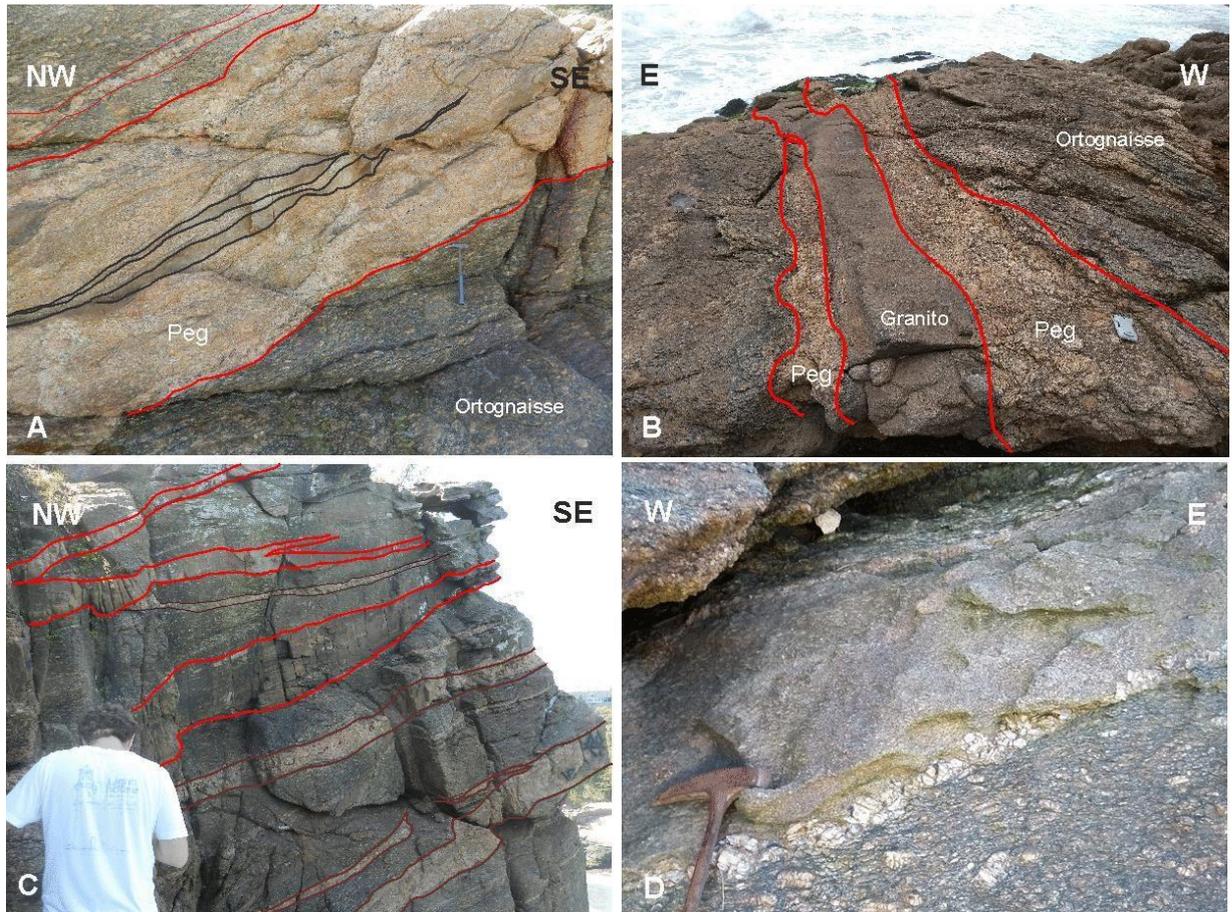


Figura 42. **A:** Pegmatito subparalelo à Sn contendo internamente lascas de veios mais finos, com mesma orientação (destacados em preto). **B:** Pegmatito subparalelo à Sn, com porção mais fina em seu interior, aparentemente o cortando. **C:** Intrusões quartzo feldspáticas subparalelas à foliação do Ortogneise porfirítico, de diferentes granulações (em borda mais escura estão destacados os corpos pegmatíticos e em vermelho, os de granulação fina a média). Nota-se que os corpos se truncam. **D:** Intrusão quartzo feldspática fina e homogênea com borda de pegmatito, no contato com o ortogneise encaixante.

## Petrografia

Ao todo foram descritas 4 amostras (Mat03c, Mat08, Mat11a e Mat11b), de 3 corpos intrusivos distintos, todos com orientação subparalela à foliação do ortogneise, sendo também foliados. Essas amostras foram classificadas no diagrama QAP (Figura 43) como monzogranitos e sienogranito. Possuem uma porcentagem maior de K-feldspato, quando comparadas ao ortogneise Porfirítico.

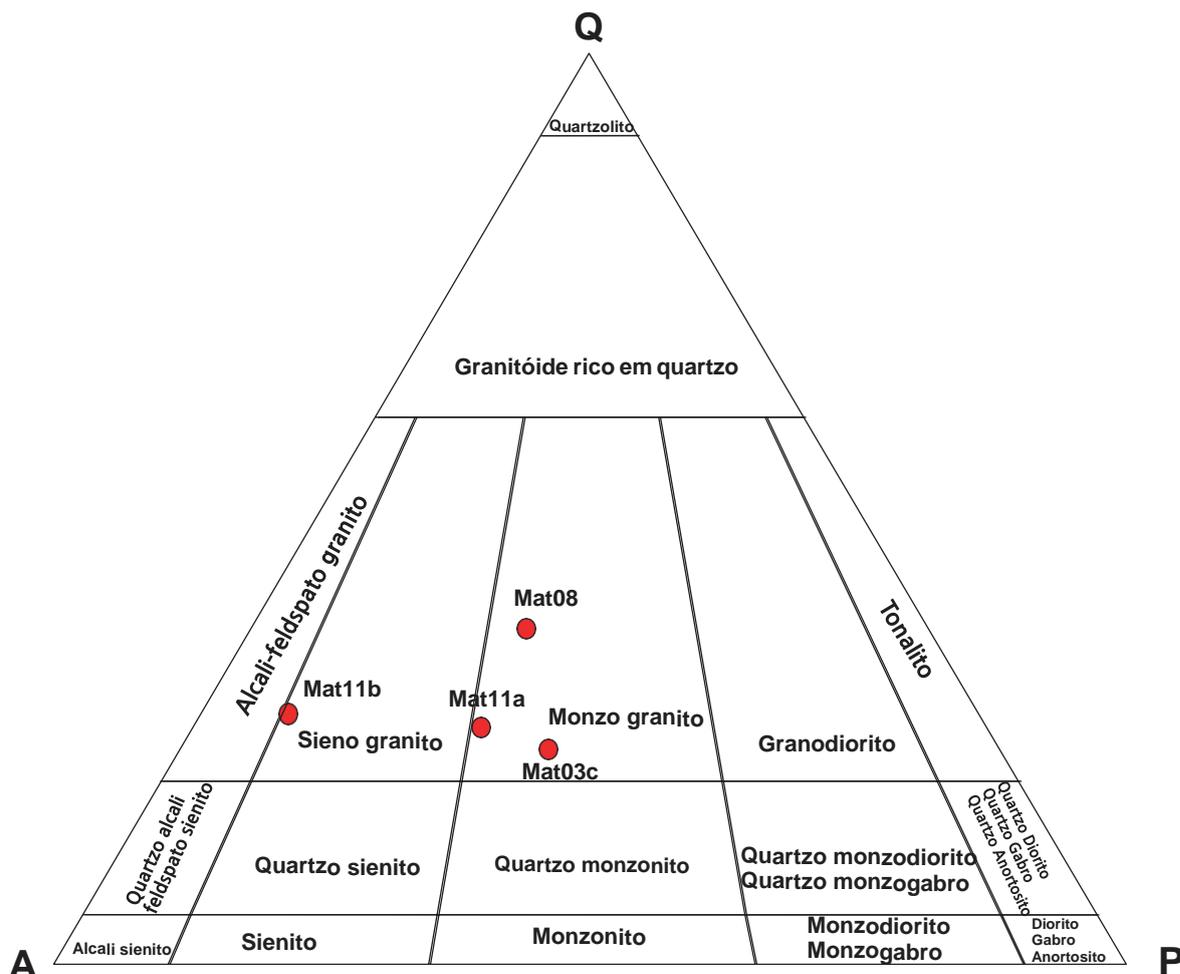


Figura 43: Diagrama QAP com a plotagem das amostras dos corpos intrusivos quartzo-feldspáticos.

As rochas são leucocráticas (Tabela 2). A granulação varia de fina até grossa, e a textura de granoblástica a granolepidoblástica (Figura 44).

A mineralogia é constituída por quartzo, microclina, biotita, plagioclásio, muscovita, zircão, apatita, titanita e minerais opacos. A sericita, parte da muscovita, e alguns dos minerais opacos estão associados a processos de alteração, de substituição. A muscovita tardia parece substituir a biotita, ou estar associada com sericita, a qual substituiu cristais de plagioclásio (Figuras 45 e 46). Ocorre intercrescimento mirmequítico em cristais de plagioclásio (Figura 48). Em microclina ocorre intercrescimento de quartzo, configurando uma textura granofírica (Figura 49).

Todas as amostras exibem indícios de recristalização mineral em fase sólida. Cristais de quartzo, plagioclásio e microclina principalmente, podem exibir extinção ondulante, formação de subgrãos, formação de novos grãos e eventualmente contatos poligonizados (Figura 45). Os minerais se mostram orientados, principalmente a biotita, que demarca bem a direção preferencial, definindo uma foliação tectônica Sn. Os cristais presentes nas rochas são

principalmente subédricos a euédricos.

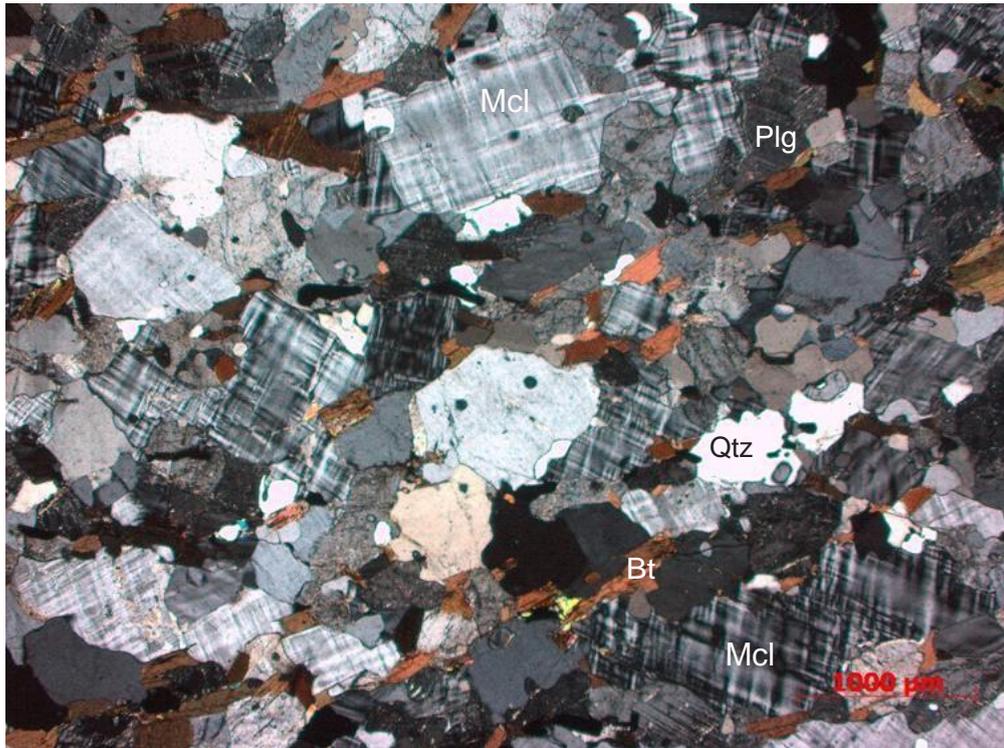


Figura 44: Fotomicrografia da amostra Mat011a (nicóis cruzados). Notam-se cristais finos a médios e orientados de biotita (Bt), quartzo (Qtz), microclina (Mcl) e plagioclásio (Plg), em uma trama recrystalizada.

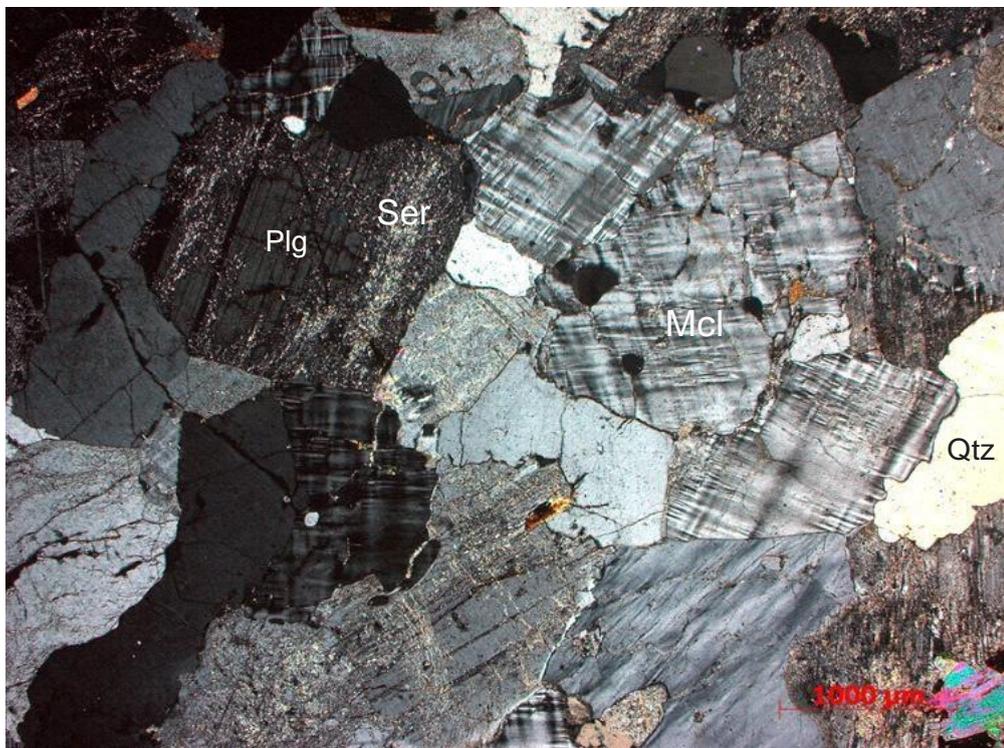


Figura 45: Fotomicrografia da amostra Mat03c (nicóis cruzados), mostrando cristais recrystalizados de microclina (Mcl), quartzo (Qtz) e plagioclásio (Plg), com contatos poligonais (120 graus) entre eles. Nota-se que o plagioclásio se encontra sericitizado (Ser).

A amostra Mat08 é a de granulação mais fina entre as amostras analisadas. No diagrama QAP, está no campo do monzogranito (Figura 43), e possui a maior porcentagem de quartzo (Tabela 2). Nesta lâmina ocorre uma banda com granulação mais grossa (Figura 47).

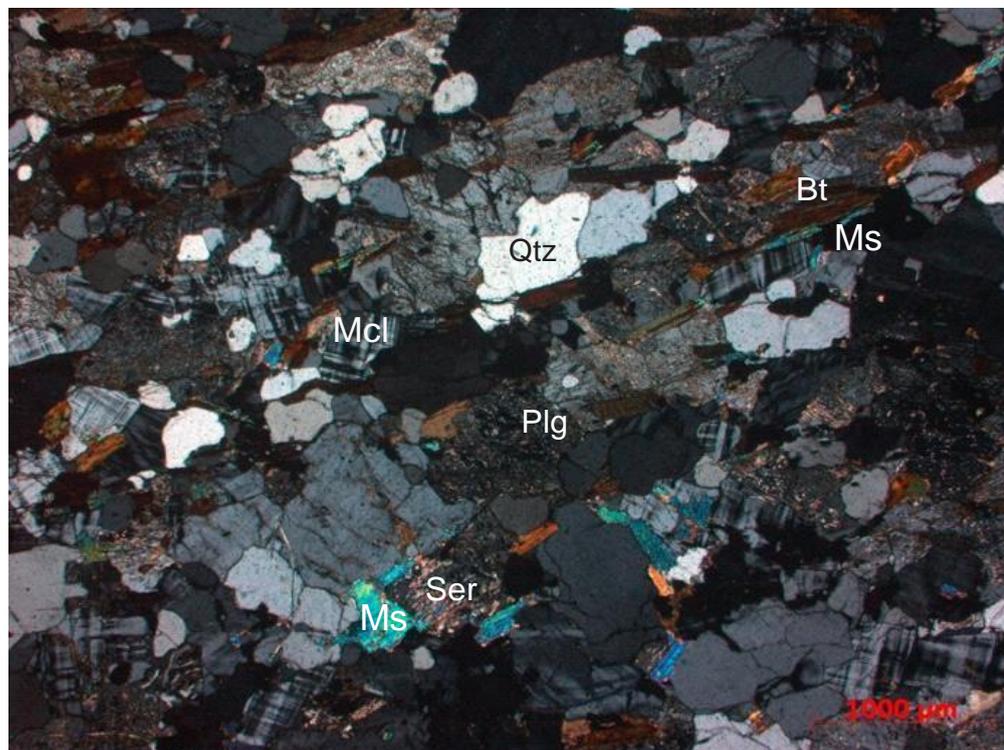


Figura 46: Fotomicrografia da amostra Mat08 (nicóis cruzados), nota-se forte alteração no plagioclásio (Plg), também presente na biotita (Bt), substituídos para sericita (Ser) e muscovita (Ms).

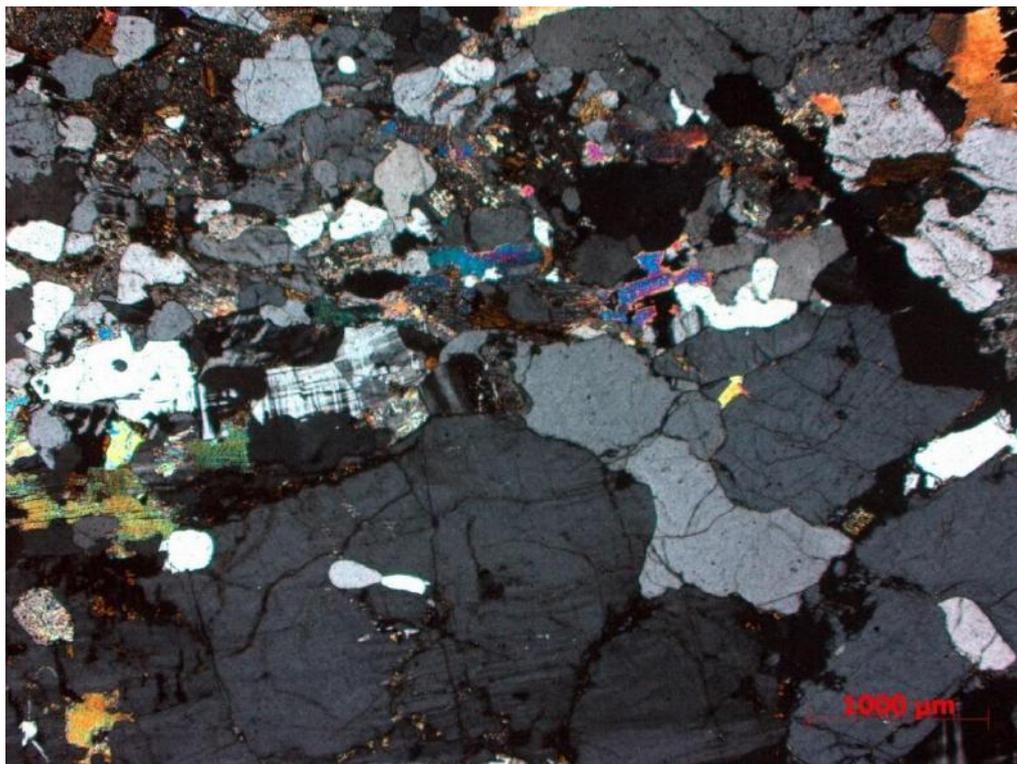


Figura 47: Banda com granulação mais grossa em intrusão quartzo feldspática fina (Amostra Mat08, nicóis cruzados).

A amostra Mat03c também pertence ao campo dos Monzogranitos no diagrama QAP. Possui a granulação mais grossa entre as amostras deste litotipo e o menor teor de minerais micáceos, sendo mais homogênea que as demais (Figura 45).

As amostras Mat011a e b foram coletadas do mesmo corpo intrusivo, porém apresentaram uma variação composicional, representada pela proporção de k-feldspato/plagioclásio. A amostra Mat11a foi classificada no diagrama QAP como um monzogranito enquanto a amostra Mat11b foi classificada como sienogranito, bem próxima do campo de álcali-feldspato granito. A granulação observada é fina a média (0,4 até 3mm).



Figura 48: Intercrescimento mirmequítico (Amostra: Mat11b, nicóis cruzados).

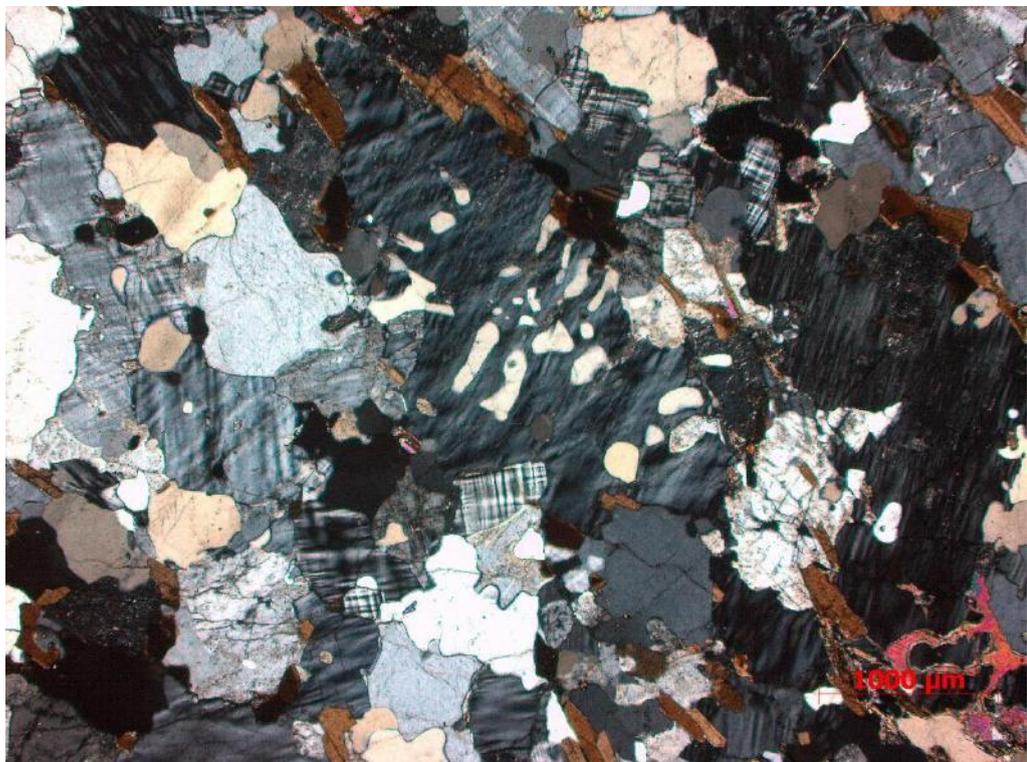


Figura 49: Intercrescimento de quartzo em microclina, textura granofílica.

### 3.1.5 Dique de diabásio

Trata-se de um corpo intrusivo que aflora na ponta do Marisco (na área da piscina natural do Costa Brava clube), com cerca de 45m de espessura (Figura 10 e 50). A rocha é afanítica, máfica, e possui estrutura maciça. É composto por plagioclásio, piroxênio e um pouco de quartzo. Ocorre um aumento de granulação das bordas até a porção central do corpo, evidenciando um efeito de resfriamento mais lento no centro do que nas bordas.

O dique intrude o Ortognaisse, e foi associado ao magmatismo toleítico relacionado à abertura do Atlântico sul.



Figura 50: Dique de diabásio com cerca de 45m de espessura cortando o ortognaisse, na ponta do Marisco, junto a área da piscina natural do clube.



Figura 51: Segmentos do dique, em sua borda, cortando o Ortognaisse porfirítico.

### 3.2 Geologia Estrutural

A análise estrutural teve como principal foco as estruturas dúcteis e dúctil-rúpteis da unidade Ortognaisse porfirítico e as litologias associadas, relativas aos eventos tectônicos do Brasileiro. As estruturas rúpteis nas rochas metamórficas/ígneas e no dique máfico são analisadas secundariamente, pois relacionam-se ao evento extensional de formação do Atlântico Sul, que não é o foco deste trabalho.

#### 3.2.1 Estruturas primárias

Estruturas de natureza ígnea, portanto primárias, foram observadas no Ortognaisse Porfirítico. A textura porfirítica do mesmo é aqui interpretada como primária, uma vez que nos domínios de baixo *strain*, os porfiroclastos de feldspato podem ser euédricos (Figura 11C), não estirados e seriam portanto fenocristais semi-preservados. Além disto, a injeção de veios quartzo-feldspáticos no ortognaisse também indica um contato ígneo, apesar de controlado com estruturas que podem ter significado tectônico.

Os contatos entre os corpos anfibolíticos e o ortognaisse tem uma interpretação indefinida. Como estão deformados (os corpos máficos estão *boudinados* na maior parte das vezes), existe uma dúvida com relação a ordem intrusiva. Sabe-se que ambos são intrudidos pelos veios quartzo-feldspáticos (graníticos).

### 3.2.2 Estruturas Tectônicas (secundárias)

#### 3.2.2.1 Estruturas dúcteis

Ao longo deste trabalho observaram-se estruturas deformacionais relacionadas a tramas metamórficas de alto grau, tais como bandamento gnáissico e lineação de estiramento (Figura 53 e 54). Foram medidas 56 atitudes de planos da foliação tectônica (plano médio 290/21°), denominada *S<sub>n</sub>*, que representa a principal estrutura observada nos diversos litotipos presentes. Essas medidas foram registradas e representadas em rede estereográfica (Figura 52), assim como foram plotadas no mapa e ilustradas na seção geológica A-B (Figura 10). Os planos exibem mergulho com baixo a médio ângulo, e sentido que varia de sudoeste a noroeste.

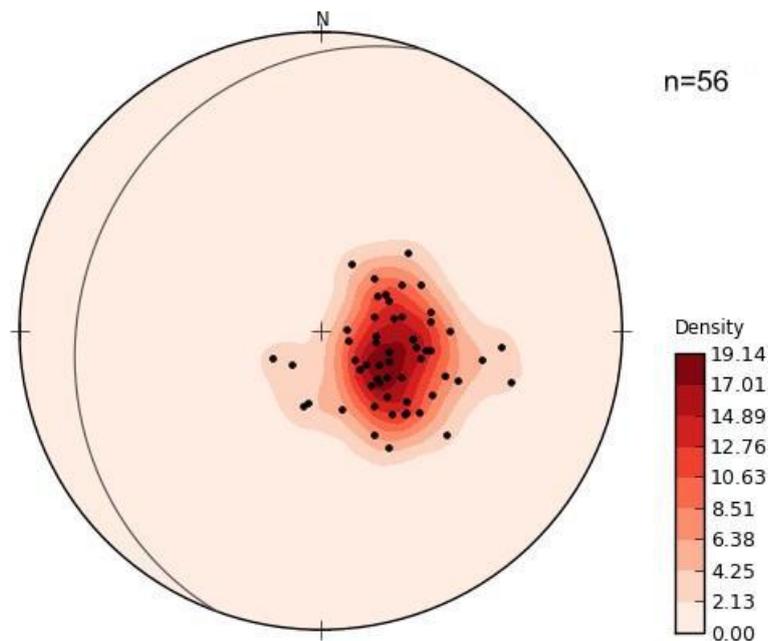


Figura 52: Estereograma com as medidas da foliação tectônica principal (Sn) presente nas unidades Ortognaisse Porfirítico, Ortoanfibolito, Granada biotita gnaiss fino e parte das intrusões quartzo-feldspáticas, representadas através dos polos de Sn e contornos de densidade. Apresentam baixo a médio ângulo de mergulho, para sudoeste e noroeste. O plano médio está destacado (290/21°).

No Ortognaisse Porfirítico a foliação Sn é demarcada principalmente por cristais orientados de biotita e fitas de quartzo recristalizado (Figura 20 e 53). Cristais maiores orientados e achatados de feldspato (porfiroclastos) demarcam bem a foliação e podem exibir localmente estiramento mineral linear (Le) (Figura 54 e 55). A Le tem caimento para noroeste e também sudoeste, configurando uma relação *down dip* entre as estruturas (Sn e Le).

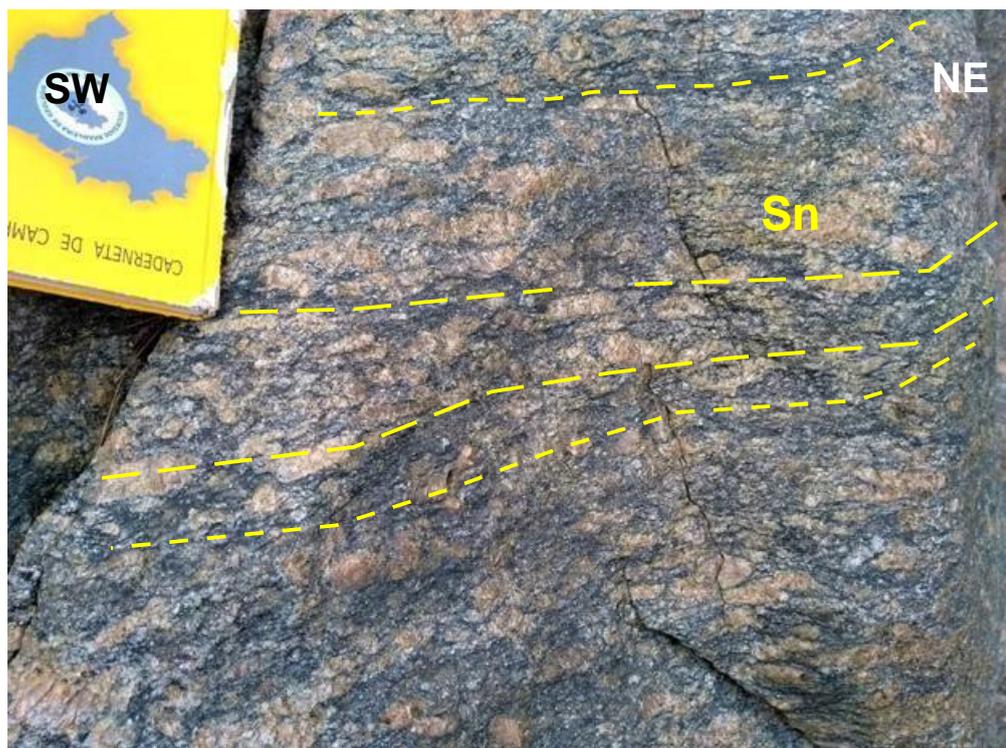


Figura 53: Figura 11d interpretada. Em amarelo os traços dos planos da foliação Sn, no Ortognaisse Porfirítico, marcados pela orientação de biotita e dos fenocristais.



Figura 54: Afloramento do Ortognaisse Porfirítico com corte que permite a visualização da direção de estiramento mineral.

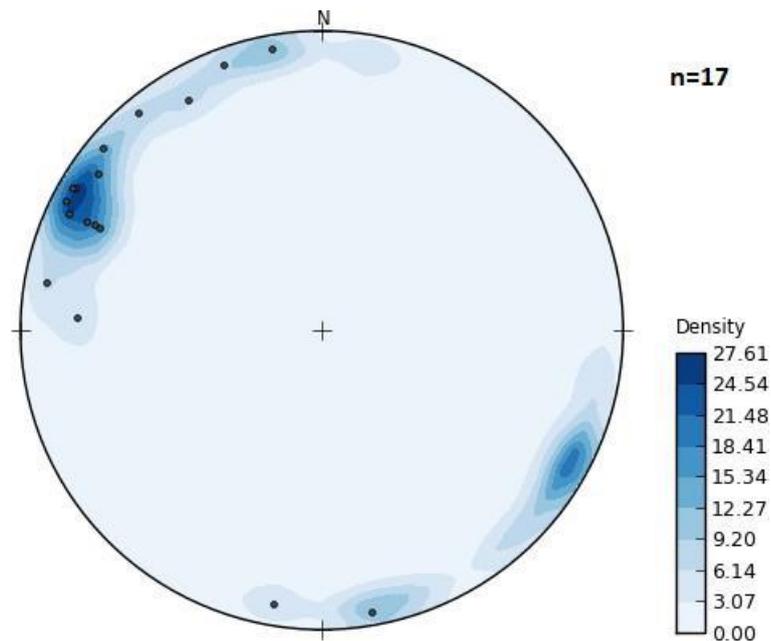


Figura 55: Estereograma com as medidas de lineação de estiramento mineral no Ortognaisse Porfírico. O sentido de mergulho é o mesmo que em Sn, ou seja, é uma lineação *down dip*.

Localmente a fácies mais leucocrática do ortognaisse apresenta Sn com mergulho mais alto, comparada com a foliação Sn da litofácies principal (Figura 56).

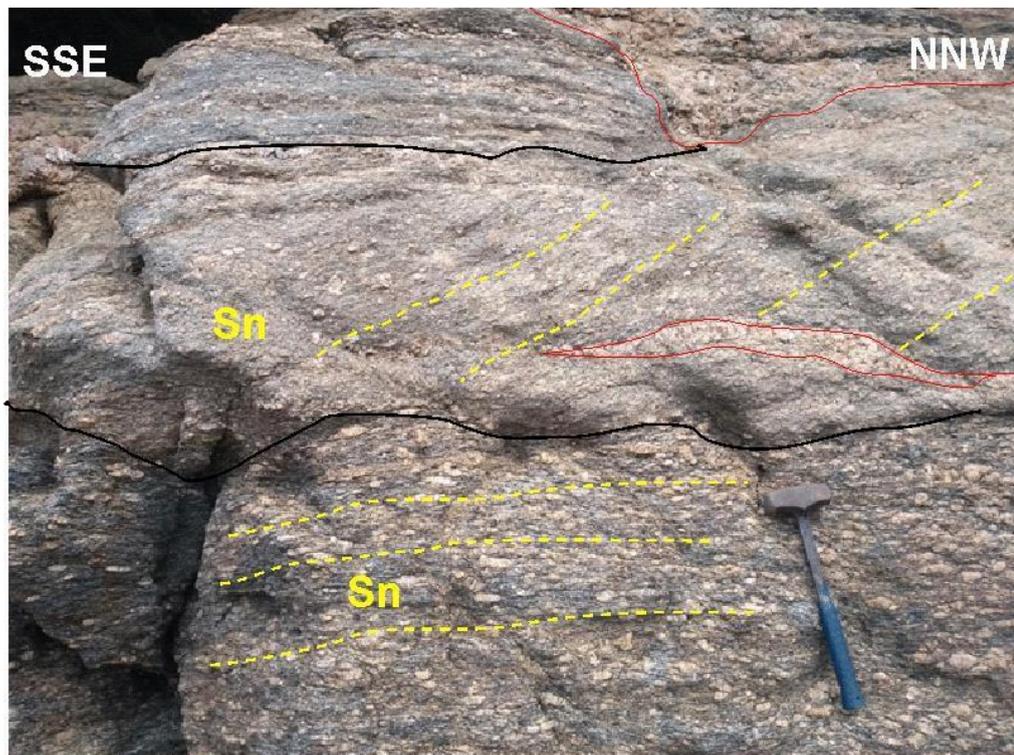


Figura 56: Afloramento interpretado mostrando uma porção do Ortognaisse porfírico mais leucocrática que

localmente contém um maior ângulo de mergulho em sua foliação, em relação a foliação da fácies principal. Nota-se corpos pegmatíticos destacados com contorno vermelho e em preto o contato entre as duas fácies.

O Granada biotita gnaiss fino exhibe a mesma foliação (Sn), sendo também evidenciada por cristais orientados de biotita, quartzo, K-feldspato e plagioclásio (Figura 36), além de conter um bandamento composicional metamórfico, do tipo migmatito estromático, com níveis de leucossoma paralelos à foliação Sn (Figura 57).



Figura 57: Afloramento do Granada biotita gnaiss fino, destacando planos de foliação Sn ( $251/20^\circ$ ), e leucossomas paralelos aos planos Sn (em vermelho) formando um bandamento composicional metamórfico. A atitude do plano Sn é a mesma do ortognaiss.

Nos enclaves anfibolíticos a foliação é evidenciada por cristais de hornblenda, biotita e plagioclásio orientados e recristalizados (Figura 31). A orientação dos planos desta foliação também é paralela aos planos Sn das demais rochas (Figura 58).

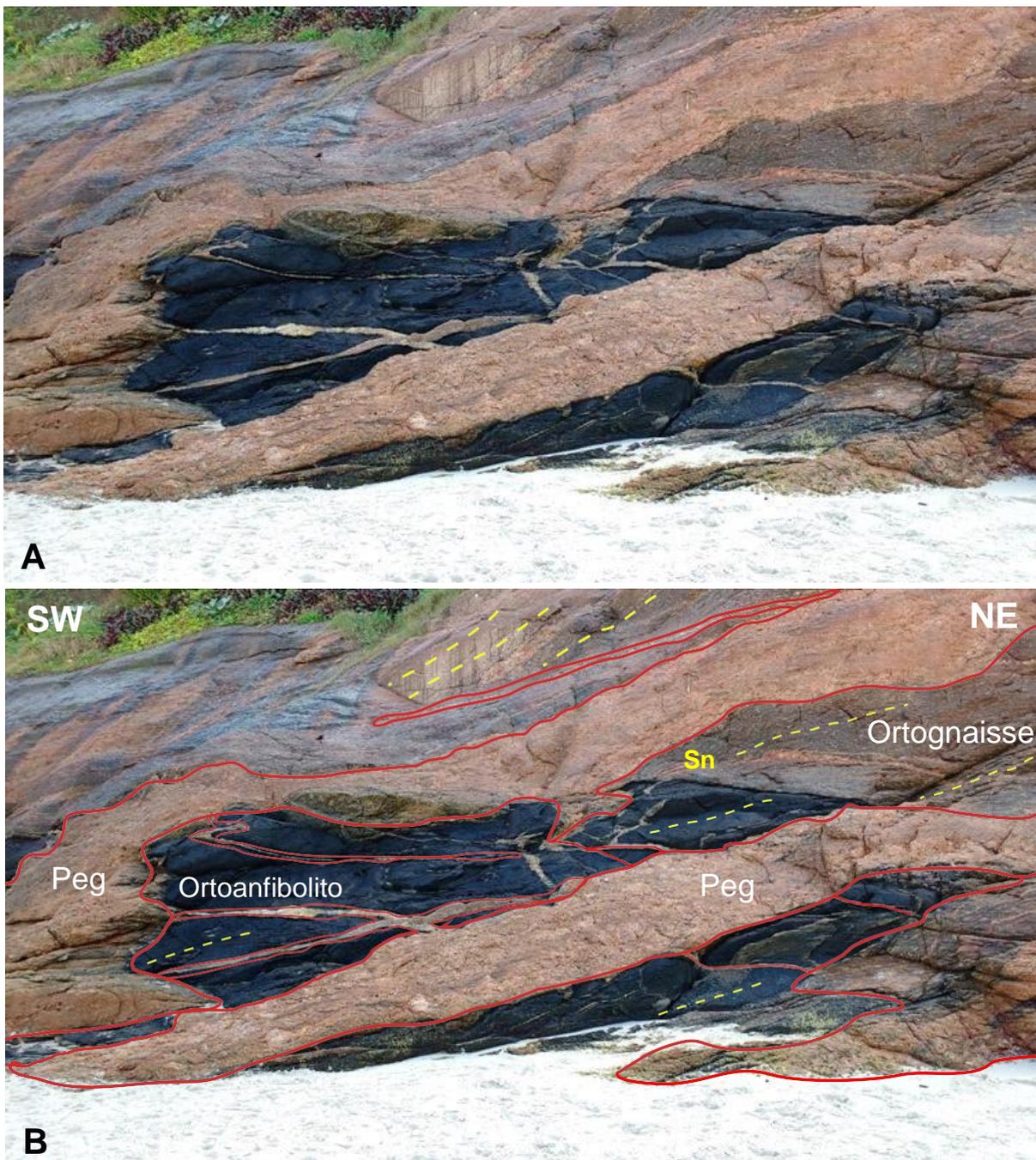


Figura 58: **A:** Lentes de Ortoanfíbolito cortadas por pegmatitos de orientação subparalela à foliação e que cortam também o Ortognaisse porfirítico. **B:** Figura 58A interpretada: Em vermelho estão destacados os corpos pegmatíticos e veios associados, e em amarelo o traço dos planos de foliação, no ortoanfíbolito e ortognaisse porfirítico.

O ortognaisse porfirítico e ortoanfíbolito são cortados por uma série de veios quartzo-feldspáticos (Figura 58). A maioria desses corpos intrudem com orientação subparalela ao Sn, também ocorrem corpos com orientação oblíqua ao Sn (Figura 41 e 59).

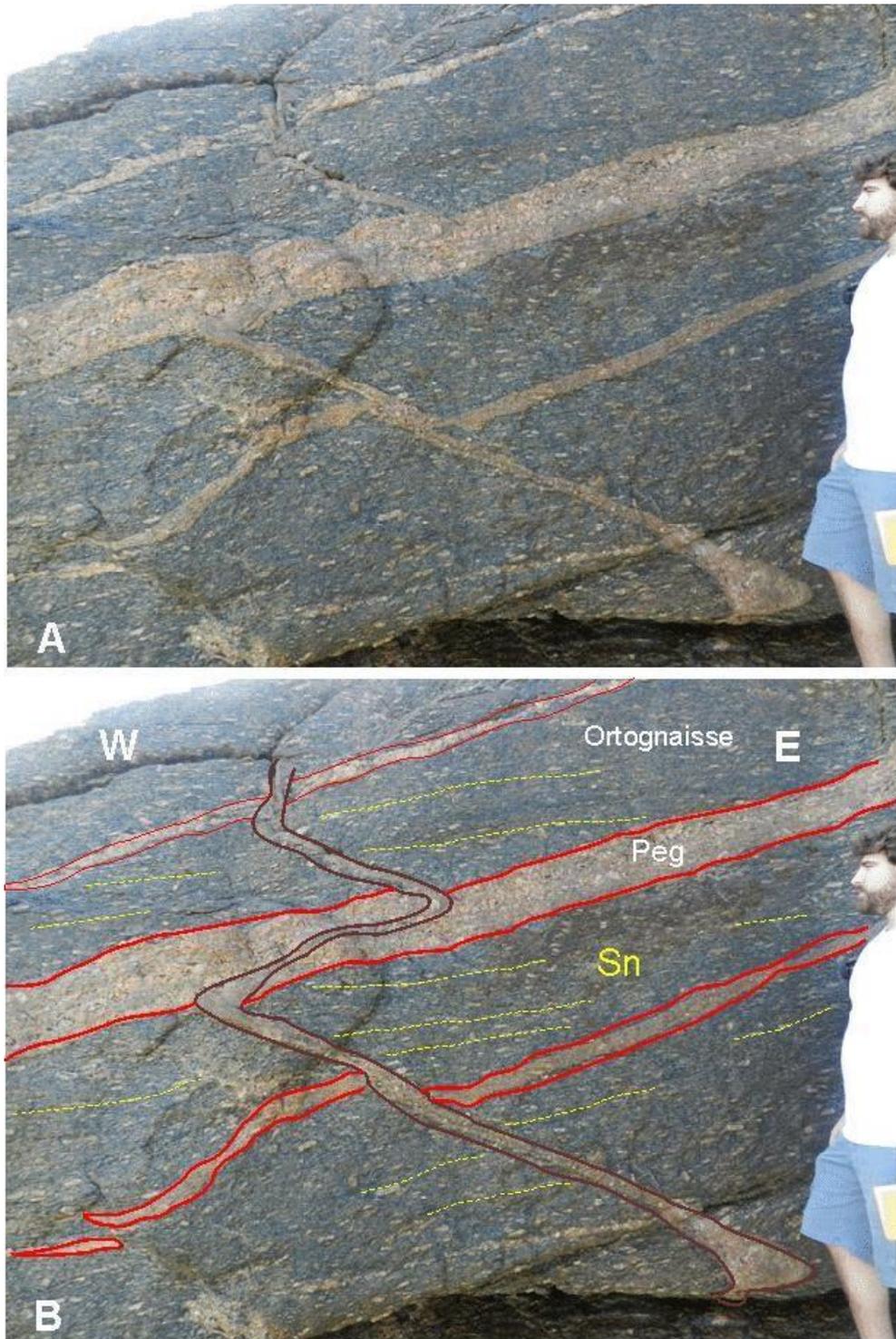


Figura 59: **A:** Afloramento do Ortognaisse onde há diversas intrusões quartzo-feldspáticas, subparalelas à foliação Sn e também discordante. **B:** Figura 59A interpretada. Em contorno mais escuro está demarcado o veio oblíquo à foliação e em vermelho os subparalelos ao Sn (amarelo). Nota-se que o veio oblíquo parece aproveitar uma zona de cisalhamento extensional com topo descendo para leste, e também ter sofrido deflexão no pegmatito subparalelo.

Os veios paralelos e subparalelos ao Sn podem apresentar foliação (Figura 40, 44 e

61), a qual é demarcada por cristais de biotita, quartzo, plagioclásio e feldspato alcalino, e contém atitude paralela aos das demais rochas (Figura 61). Trinta e cinco veios foram medidos distribuídos homogeneamente no espaço, com duas populações com atitudes muito próximas, cujo plano médio de  $297/24^\circ$  (Figura 60).

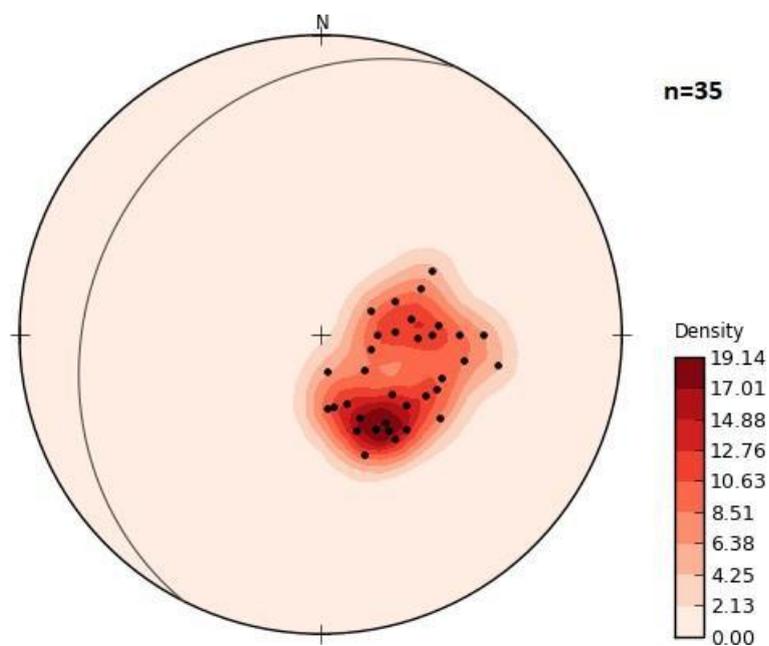


Figura 60: Estereograma contendo todas as medidas de atitude das intrusões subparalelas à foliação das rochas encaixantes ou interna, quando deformadas. O plano médio tem atitude  $297/24^\circ$  e está demarcado no estereograma.

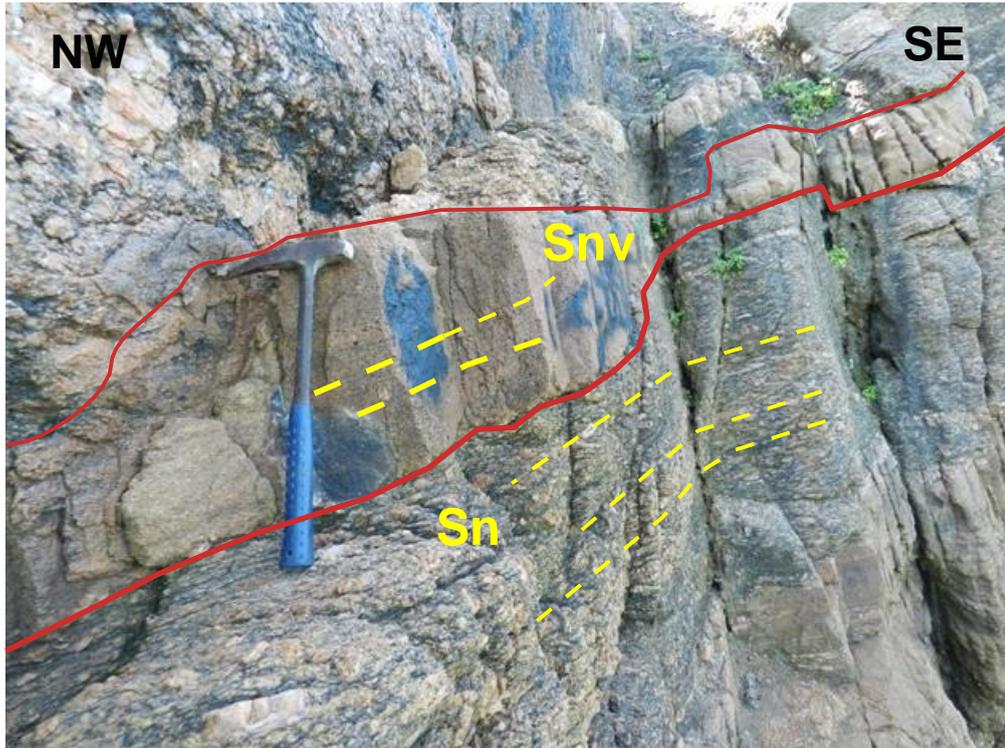


Figura 61: Intrusão quartzo feldspática fina e deformada (foliada - S<sub>nv</sub>) com orientação paralela ao S<sub>n</sub>. Nota-se que este corpo corta um pegmatito (canto superior esquerdo).

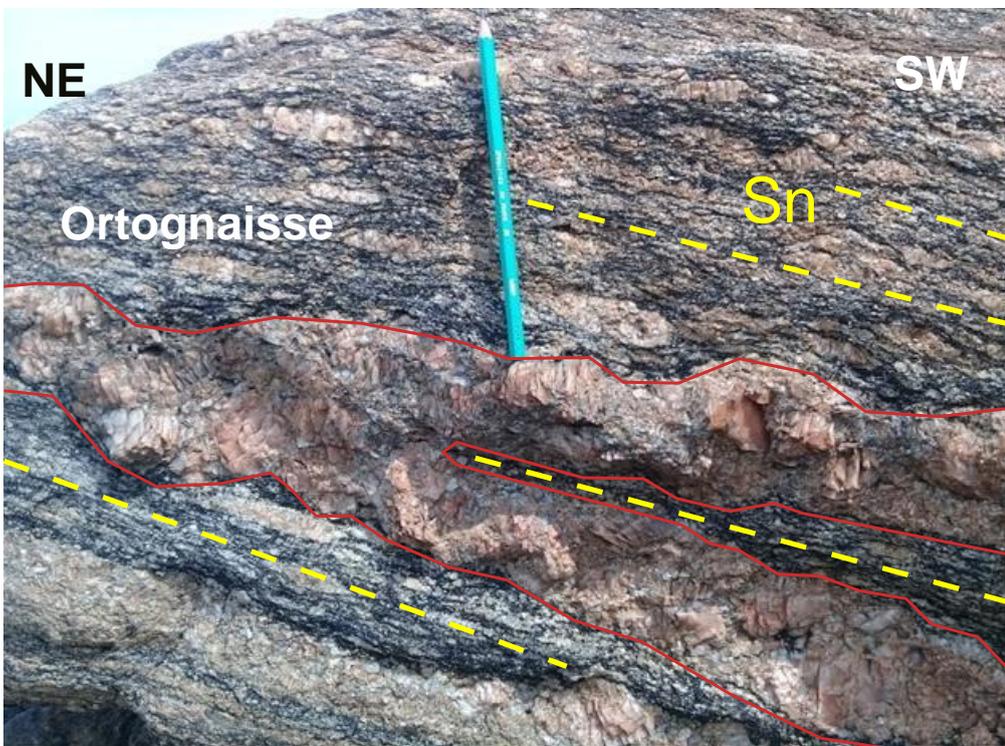


Figura 62: Veio pegmatítico dobrado (destacado em vermelho). Nota-se que a foliação do ortognaisse é concordante ao plano axial da dobra.

Corpos intrusivos (pegmatíticos e aplíticos) com atitudes ortogonais ao Sn ocorrem cortando também os corpos paralelos ao Sn (Figura 16A, 41 e 59). Possuem uma textura ígnea mais preservada com menor deformação ou ausente (Figura 16A). Vinte e um corpos foram medidos e mostram uma dispersão maior na rede estereográfica (Figura 63).

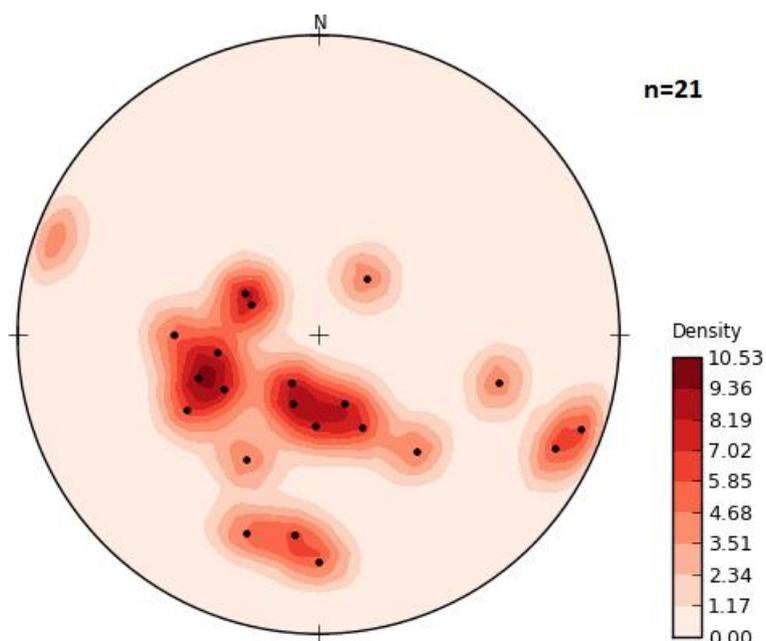


Figura 63: Estereograma com a atitude dos veios discordantes (n=21) da foliação Sn das rochas encaixantes.

Os veios quartzo-feldspáticos em contato com os *boudins* ortoanfibolíticos e graníticos sugerem alguns indicadores cinemáticos que mostram movimento extensional de topo para oeste- sudoeste (Figuras 64 e 65).

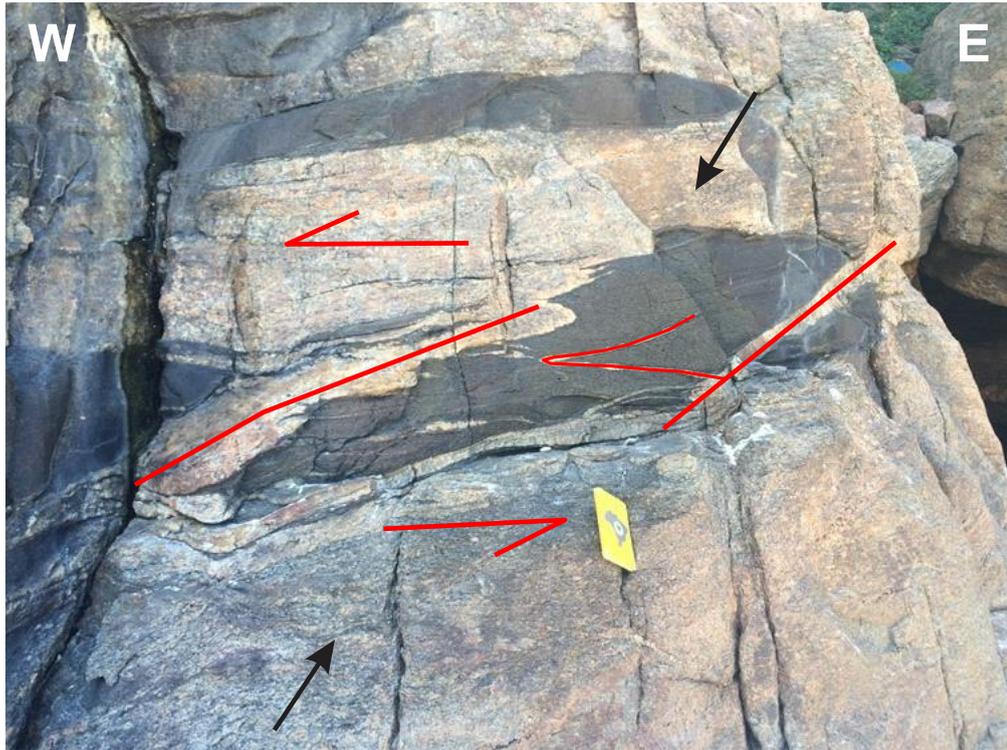


Figura 64: *Boudin* ortoanfibolítico com veios oblíquos, alguns dobrados, indicados em vermelho. A orientação da dobra no veio, e do estiramento e foliação do ortoanfibolito sugere a direção de maior esforço, indicado pelas setas pretas. A abertura de espaço para os veios mais espessos oblíquos indica a direção de fluxo. O movimento analisado é compatível com um campo de tensões extensional, com topo para oeste.

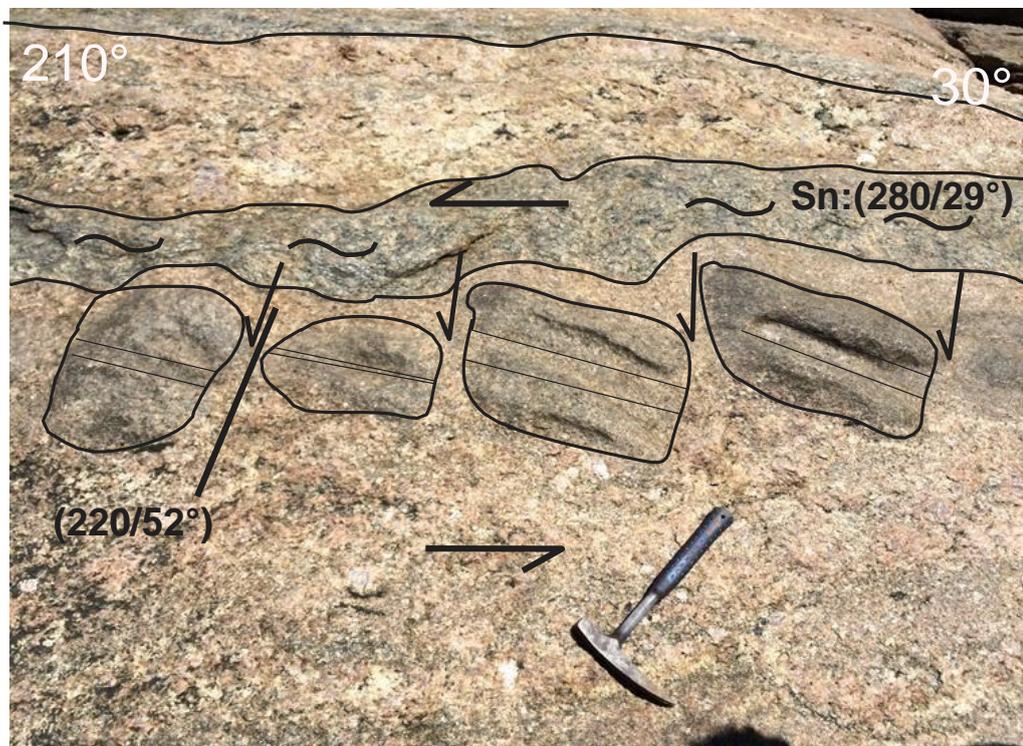


Figura 65: *Boudins* de granitoide fino e homogêneo, envolvidos e cortados por pegmatito (ambos inseridos no Ortognaisse). O padrão em dominó dos boudins mostra rotação horária com o movimento externo de topo para SW, extensional.

### 3.2.2.2 Estruturas dúctil-rúpteis

A foliação principal do ortogneisse e os veios quartzo feldpáticos acima descritos são localmente deformados em zonas de cisalhamento tardias. Essas possuem mergulho médio a alto para o quadrante SW. Indicadores cinemáticos tais como o arraste da foliação Sn (*drags*) e planos SC no ortogneisse sugerem sempre movimento extensional. Veios subparalelos ao Sn também podem estar defletidos (Figura 41 e 66). Veios ortogonais ao Sn por vezes parecem aproveitar planos de cisalhamento para se encaixarem e ocasionalmente algumas destas zonas têm mergulho para leste (Figura 59).

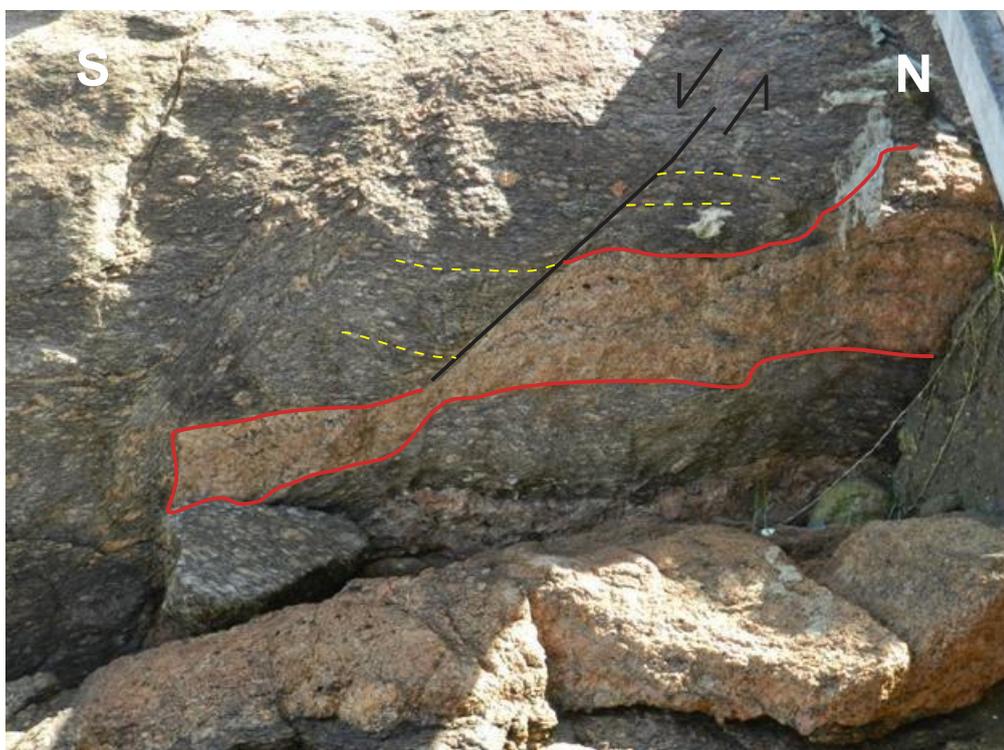


Figura 66: Veio de pegmatito defletido, assim como a foliação no ortogneisse, em movimento topo para sul. A orientação desta zona de cisalhamento é concordante com a observada na Figura 43, que possuem direção ENE-WSW a WNW-ESE com mergulho médio a alto.

### 3.2.2.3 Estruturas rúpteis

As rochas da área possuem pelo menos duas direções principais de fraturas e falhas. Uma consiste em fraturas subverticais com direção ENE-WSW a WNW-ESE (Figura 68), com planos de cataclasitos, silicificados (Figura 67A), com zonas de brechas associadas (Figura 67B). Portanto esse sistema de fraturas consiste num grupo de falhas.

A outra família de fraturas ocorre paralela ao dique de diabásio, NE-SW, subverticais

(Figura 69 e 70).



Figura 67: **A:** Cataclasitos presentes em planos de falha com direção leste – oeste. **B:** Zona de brecha de falha no Ortognaisse porfírtico, com planos de cataclasitos associados preenchidos por sílica e óxido de ferro.



Figura 68: Fraturas no Ortognaisse e em intrusões subparalelas, com direção leste – oeste e mergulho subvertical

para norte.



Figura 69: Fraturas concordantes com a orientação do dique de diabásio, com direção NE-SW, ocorrendo também fraturas da direção E-W. Notar o dique na parte esquerda da foto.



Figura 70: Fraturas de direção NE-SW, concordante com a orientação do dique de diabásio.

## 4 Discussão

As relações de contato entre os litotipos mapeados, aliado ao conhecimento prévio da geologia regional, permitem aqui uma interpretação do posicionamento estratigráfico relativo dessas unidades e uma discussão acerca do contexto tectônico.

O Ortognaisse Porfirítico, que representa a unidade mais abundante da área, denominado na década de 80 como Gnaisse Archer, possui um protólito ígneo plutônico com composição granodiorítica, evidenciado na textura preservada nos domínios de baixo *strain*. Esse plúton possui alguns enclaves que, devido à sobreposição do evento tectono-metamórfico brasileiro são às vezes de difícil interpretação.

O Granada biotita gnaisse fino ocorre como um desses enclaves, indicado na porção leste da área como um afloramento de no máximo 6 m<sup>2</sup> (Figura 10). Essa unidade tem bandamento composicional relacionado a fusão parcial e sua foliação também é paralela com a foliação do ortognaisse. Devido a sua descontinuidade e incongruência com a composição e homogeneidade do ortognaisse, parece ter sido intrudido pelo último. Além disto, o Granada biotita gnaisse fino foi considerado um xenólito, que pelo alto teor de alumínio pode representar um protólito sedimentar, constituindo hoje um paragnaisse. Próximo ao xenólito, principalmente, o Ortognaisse Porfirítico apresenta-se com níveis quartzo-feldspáticos contendo granada, que indicam uma assimilação do material durante a intrusão ou o metamorfismo. Todavia há a possibilidade da migmatização do xenólito do paragnaisse ter ocorrido preteritamente. Contudo, a recristalização em lâmina observada no ortognaisse também indica que o mesmo foi submetido a um metamorfismo de alto grau. O Granada biotita gnaisse fino apresenta evidências de fusão parcial *in situ*, mostrando que a rocha esteve em condições de T e P suficientes para gerar anatexia (Figura 33, 34 e 57). A única lâmina do leucossoma do Granada biotita gnaisse fino mostra composição tonalítica. Esse material holo a leucocrático, com concentração de granada, se assemelha a descrição na literatura de leptinitos (Suíte Cordeiro), interpretados como produto de fusão parcial dos paragnaissees do município do Rio de Janeiro (Valeriano *et al.*, 2012). Contudo, na lâmina descrita do paragnaisse, o K-feldspato ocorre em mesma quantidade que o plagioclásio.

Os enclaves ortoanfibolíticos podem ter uma origem associada a paleointrusões máficas nos granitoides, protólitos do Ortognaisse Porfirítico, posteriormente *boudinadas*. Outra possibilidade é que representam xenólitos máficos incorporados a esses granitoides durante a intrusão. A forma de ocorrência dos enclaves, apresentando uma orientação em

mapa bem definida, contribui para a interpretação de serem paleointrusões (Figura 10). No entanto não há informações definitivas para essa questão. O contato por vezes sinuoso do Ortoanfíbólito com o Ortognaisse indica que ambos estiveram quentes ao mesmo tempo (Figura 29).

As Intrusões quartzo-feldspáticas possuem diferentes graus de deformação e orientação, e também diferentes idades relativas (relações de corte entre elas), possuindo corpos com foliação e outros menos deformados e/ou recristalizados. A grande quantidade de veios subparalelos à foliação das encaixantes, assim como de sua própria foliação interna, indica um caráter sin-tectônico para esses corpos, passando para estágios mais tardios ou até posteriores (indicado por corpos não deformados e/ou ortogonais aos planos de foliação). Essa unidade corta todos os litotipos metamórficos. A composição modal dos veios quartzo-feldspáticos analisados, quando comparadas ao Ortognaisse Porfirítico, mostra um maior teor de K-feldspato, mais graníticos. Embora não tenham sido reconhecidas evidências de fusão parcial *in situ* no Ortognaisse Porfirítico, esta composição dos veios subparalelos combina com um eventual produto de anatexia de sua encaixante, tornando possível que sejam veios anatóxicos injetados, talvez provenientes de porções mais profundas.

Através da análise estrutural descreveu-se uma foliação tectônica principal dúctil nas rochas metamórficas, com lineação de estiramento mineral *down dip*. Essa foliação  $S_n$  mergulha em médio a baixo ângulo para o quadrante WSW e WNW. A seção geológica WSW-ENE construída mostra esse mergulho geral para oeste com dobras suaves (Figura 10). Essas curvaturas suaves na foliação podem ser correlacionadas a zonas de cisalhamento oblíquas.

O paralelismo das estruturas nas rochas metamórficas não permite hierarquizar mais de uma fase de deformação. Portanto considera-se aqui que um evento  $D_n$  foi responsável pelo metamorfismo e deformação das unidades. Isso não exige a existência de fase deformacionais anteriores obliteradas.

Todas as rochas metamórficas são cortadas por um conjunto de veios quartzo feldspáticos de injeção paralelos a subparalelos à  $S_n$ . Devido à consistência na sua orientação, a foliação interna deformacional presente na maior parte dos veios e ao subparalelismo com  $S_n$ , interpretou-se esses veios como sin-tectônicos. Como eles intrudem o ortognaisse foliado, propõe-se colocá-los numa fase deformacional  $D_{n+1}$ . Estruturas deformacionais que afetam esses veios sin-tectônicos e os níveis *boudinados* sugerem a possibilidade de uma cinemática extensional atuante durante  $D_{n+1}$ . As zonas de cisalhamentos desta fase são paralelas a

subparalelas à foliação principal com movimento extensional de topo para oeste e, subordinado, topo para leste. Alguns dos indicadores cinemáticos são marcados por veios oblíquos em *boudins* anfibolíticos e no ortognaisse, assim como arraste (*drag*) em foliação pretérita.

O Ortognaisse Porfirítico possui ainda uma variação de *strain*, observada através do grau de deformação dos fenocristais, com porções onde são mais tabulares e outras mais amendoados/estirados. Essas zonas de alto *strain* coincidem em parte com as zonas de cisalhamento da  $D_{n+1}$  e mostram a partição de deformação na crosta média.

Além disto, zonas de cisalhamento posteriores e oblíquas em relação a foliação principal, demonstram por indicadores cinemáticos como arraste (*drag*), componentes também preferencialmente normais. Os veios que preenchem essas zonas em geral não se apresentam deformados, portanto essa pode ser uma fase mais rúptil tardia. Esse conjunto de estruturas ducteis e dúcteis-rupteis que afetam a  $S_n$  poderiam estar associadas a um ambiente colisional a tardi-colisional devido ao caráter extensional nos eventos tectônicos brasileiros.

Por último, cortando todo o conjunto, e sendo de origem restritamente ígnea, há o Dique de diabásio, correlacionado através de sua orientação e contexto tectônico regional com a abertura do Atlântico sul. A família de fraturas paralelas e associadas a colocação do Dique de diabásio foi associada à abertura do Atlântico Sul. Além desta família de fraturas, foram identificadas zonas de falhas de direção ENE-WSW a WNW-ESE subverticais, onde há cataclasitos.

## 5 Conclusão

Através da confecção do mapa geológico-estrutural em escala 1:2500 e da seção geológica, junto com croquis em afloramentos e descrição petrográfica em laboratório, realizados nas rochas que afloram na região da praia da Joatinga e ponta do Marisco, foram identificados 5 litotipos que são: Ortognaisse Porfirítico, Ortoanfíbólito, Granada biotita gnaisse fino com leucossomas, Intrusões quartzo-feldspáticas e Dique de diabásio.

As amostras do Ortognaisse Porfirítico classificadas em diagrama QAP através de contagem de pontos indicaram composição granodiorítica a monzogranítica, em análise que representa principalmente sua matriz. As amostras das Intrusões quartzo-feldspáticas deformadas e paralelas à  $S_n$  demonstraram composição monzogranítica a sienogranítica, possuindo mais K-feldspato que a encaixante. O Granada biotita gnaisse foi interpretado

como proveniente de um protólito sedimentar, configurando um xenólito incluído no ortognaisse. O Ortoanfíbólito possui gênese inconclusiva, mas está sendo interpretado como paleointrusões máficas nas rochas que representam o protólito do ortognaisse, mas não descartando a possibilidade de possuírem outra origem. O dique de diabásio é associado à abertura do Atlântico Sul de idade cretácea.

A principal estrutura tectônica presente consiste em uma foliação com baixo a médio ângulo de mergulho para oeste. Relacionada com a foliação principal foi observada lineação de estiramento mineral com orientação *down dip*. A maioria das Intrusões quartzo-feldspáticas foram consideradas sin tectônicas e possuem orientação subparalela aos planos de foliação do Ortognaisse Porfirítico.

Alguns indicadores cinemáticos como veios quartzo-feldspáticos em *boudins* anfíbolíticos foram observados, e indicaram cinemática extensional de topo para oeste, e subordinadamente para leste. Essas zonas de cisalhamento são paralelas a subparalelas à foliação principal.

Zonas de cisalhamento posteriores possuem mergulho médio a alto para o quadrante SW, e também para leste. São oblíquos a foliação Sn e aos veios subparalelos. Indicadores cinemáticos como arraste (*drag*) da foliação Sn e de veios subparalelos, assim como planos S e C mostraram componentes extensionais. Ocorrem veios quartzo-feldspáticos aproveitando essas zonas de cisalhamento que geralmente não são foliados.

Para continuar este estudo, e poder responder algumas das questões em aberto, seria recomendável estudos de datação para compreender melhor a cronologia dos eventos magmáticos, metamórficos e deformacionais em relação à tectônica regional. A caracterização geoquímica e a idade de cristalização e de metamorfismo do Gnaiss Archer são dados importantes na confirmação ou não do caráter pré-tectônico. A datação dos copos ortoanfíbolíticos pode responder à questão sobre sua gênese, se for comparado à idade do Archer, e a datação dos veios quartzo-feldspáticos sin tectônicos pode balizar a idade das fases deformacionais que afetaram esse conjunto de rochas.

## 6 Referências Bibliográficas

ALMEIDA, F. F. M de, AMARAL G., CORDANI H.G., KAWASHITA K. 1973. **The Precambrian evolution of South American cratonic margin, South of Amazon River**. In: A.E.M. Nairs & F.G. Stehli (eds.) *The ocean basins and margins*. vol. I, p. 411-446.

ALMEIDA, J. C. H. **Zonas de Cisalhamento Dúctil de Alto Grau do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul**. Rio Claro, SP, 2000. 168p. Tese (Doutorado) UNESP, Rio Claro, SP, 2000.

ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M; HEILBRON, M., TROUW, R. 1998. **Geometric and kinematic analysis at the Central Tectonic Boundary of the Ribeira belt, Southeastern Brazil**, In: Anais Congresso Brasileiro Geologia, Belo Horizonte, 39, pp. 32.

HASUI, Y. **Compartimentação Geológica do Brasil** in Hasui, Y; Carneiro, C. D. R.; Almeida F. F. M de A.; Bartorelli, A.; Geologia do Brasil – São Paulo. Beca, 2012. 900p. p118.

HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES A.C., CAMPOS NETO M., SILVA L.C., TROUW R.A.J., JANASI V.C. (2004) **A Província Mantiqueira**. In: Mantesso-Neto V, Bartorelli A, Carneiro CDR, Brito Neves BB (Eds.), O Desvendar de um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, XIII.

HEILBRON, M., VALERIANO C.M., TASSINARI C.C.G., ALMEIDA J.C.H., TUPINAMBA M., SIGA, O., TROUW R. (2008) **Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions**. Geological Society of London, Special Publication 294.

HEILBRON, M.; MACHADO, N. **Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic – Eopaleozoic Ribeira orogeny (se Brazil)**. Precambrian Research, Amsterdam, v. 125, p. 87-112, 2003.

MENDES, J.C., MEDEIROS, S.J., LUDKA, I.P., SCHMITT, R.S., 2014. **New zircon U–Pb SHRIMP and Microprobe data of orthogneiss and leucogranite from the Serra Dos Orgãos batholith, Rio de Janeiro, Southeastern Brazil**. In: IX South American Symposium on Isotope Geology, São Paulo, Brazil.

MENDES, J.C., SCHMITT, R.S., PENHA, H.M., LUDKA, I.P., DANTAS, E.L. 2006. **Calc-alkaline magmatism in a low-pressure high temperature Neoproterozoic terrane, SE Brazil: new U-Pb data**. In: V Simpósio Sul-americano de Geologia Isotópica, 2006, Punta

del Este. Short papers of the V SSAGI, v. 1. p. 123-125.

NOCKOLDS, S.R., ROBERT WILLIAM, O., KNOX, B., & CHINNER, G.A., 1978.

**Petrology for students** (p. 435). Cambridge: Cambridge University Press.

PIRES, F.R.M. & HEILBRON, M. (1989) **Estruturação e estratigrafia dos gnaisses do Rio de Janeiro, RJ**. 1º Simp. Geol. Sudeste, Rio de Janeiro, Bol. Res. Expand. p: 149 – 151.

SCHMITT, R. S.; TROUW, R. A. J.; SCHMUS, W. R. V.; PIMENTEL, M. M. **Late amalgamation in the central part of West Gondwana: New geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil)**. Precambrian Research, v. 133:29-61, 2004.

SCHMITT, R.S., TROUW, R.A.J., VAN SCHMUS, W.R., ARMSTRONG, R., STANTON, N.S.G. 2016. **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, 46(Suppl 1): 37-66, June 2016.

SILVA, L.C., MCNAUGHTON, N.J., HARTMANN, L.A., FLETCHER, I.R., 2003. **Zircon U–Pb SHRIMP dating of the Serra dos Órgãos and Rio de Janeiro gneissic granitic suites: implications for the (560 Ma) Brasiliano/Pan-African Collage**. Rev. Bras. Geociências. 33,237–244.

TROUW R.A.J., PETERNEL R., RIBEIRO A., HEILBRON M., VINAGRE R., DUFFLES P., TROUW C.C., FONTAINHA M., KUSSAMA H.H. 2013. **A new interpretation for the interference zone between the Southern Brasília Belt and the Central Ribeira Belt, SE Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, 48:43-57.

TROUW. R., HEILBRON, M., RIBEIRO, R., PACIULLO, F., VALERIANO, C.M., ALMEIDA, J.C.H., TUPINAMBÁ, M., ANDREIS, R.R., 2000. **The Central Segment of the Ribeira Belt**. In: Cordani et al. (Eds.), **Tectonic Evolution of South America**. Special Publication for the IGC/2000. p: 287-310.

TUPINAMBÁ, M. **Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na Região Serrana**

**do Estado do Rio de Janeiro.** São Paulo, SP, 1999. 221 p. Tese (Doutorado)- IGc, USP, São Paulo, 1999.

TUPINAMBÁ, M., TEIXEIRA W., HEILBRON M. (2000) **Neoproterozoic Western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, South-eastern Brazil.** Revista Brasileira de Geociências, 30: 7–11.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; OLIVEIRA, A.; PEREIRA, A. J.; CUNHA, E. R. S. P.; FERNANDES, G. A.; FERREIRA, F. N. ; CASTILHO, J. G. & TEIXEIRA, W. 1996.

**Complexo Rio Negro - uma unidade estratigráfica relevante no entendimento da evolução da Faixa Ribeira.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia. Anais, v.6, p.104-107.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; VALERIANO, C. de M.; ALMEIDA, J. C. H. **The Pan-African/Brasiliano arc-related magmatism at the Costeiro Domain of the Ribeira Belt, southeastern Brazil: new geochronological and lithochemical data.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BASEMENT TECTONICS ASSOCIATION, 14., 1998, Ouro Preto. Abstracts... Ouro Preto, 1998. p. 12-14.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; VALERIANO, C.; PORTO JR, R.; DIOS, F. B.; MACHADO, N.; SILVA, EIRADO SILVA, L. & ALMEIDA, J. 2012. **Juvenile contribution of the Neoproterozoic Rio Negro Magmatic Arc (Ribeira Belt, Brazil): Implications for Western Gondwana Amalgamation.**

VALERIANO, C. de M.; JUNIOR, R. P.; ALMEIDA, J.; SILVA, L. G. E.; DUARTE, B.; SCHMITT, R.; VALLADARES, C.; NOGUEIRA, J. R.; RAGATKY, C. D.; GERALDES, M.; VALENTE, S; MANSUR, K. L.; GONTIJO, A.; CORVAL, A.; DUTRA, T.; VALENÇA, J; ESTEVES, A.; PALERMO, N.; PEREIRA, R. M.; GUIMARÃES, P. V.; DA SILVA, F. de L. AMARAL, C. P. do; TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M. **Geologia e recursos minerais da folha Baía de Guanabara SF.23-Z-B-IV, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000.** Rio de Janeiro, 2012.

WILLIAMS, H., TURNER F., GILBERT, C.M., 1970. **Petrografia**. *In*: Textura e classificação de rochas ígneas (eds.) USP, p.13-38.