



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Instituto de Geociências

Departamento de Geologia

Setor de Geologia Regional e Econômica

Mapeamento Geológico da Região de Frade, Distrito de Macaé, RJ.

Trabalho de Final de Curso

(IGL-U08)

Rodrigo Telles Garcia

Orientador: Prof. Dr. Everton Marques Bongioio

Coorientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Rio de Janeiro
Julho/2010



Rodrigo Telles Garcia

Mapeamento Geológico da Região de Frade, Distrito de Macaé, RJ.

Trabalho de 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.

Orientadores:

Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Rio de Janeiro
Julho de 2010

GARCIA, Rodrigo Telles

Mapeamento Geológico da Região de Frade, Distrito de Macaé, RJ / Rodrigo Telles Garcia – Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO, 2010.

XVIII, 61 p.: il.; 30cm

Trabalho de Final de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2010.

Orientadores: Everton Marques Bongioiolo; Julio Cezar Mendes

1. Granito Sana. 2. Mapeamento Geológico. 3. Petrografia. 4. Faixa Ribeira. – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Everton Marques Bongioiolo; Julio Cezar Mendes II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia III. Mapeamento Geológico da Região de Frade, Distrito de Macaé, RJ.

Rodrigo Telles Garcia

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA REGIÃO DE FRADE, DISTRITO DE
MACAÉ, RJ.**

Trabalho de 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.

Orientadores:

Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo

Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Aprovada em ____ de _____ de 2010.

Por:

Orientador: Dr. Everton Marques Bongioiolo

Coorientador: Dr. Julio Cezar Mendes

Dra. Cícera Neysi de Almeida

Dr. Ciro Alexandre Ávila

UFRJ
Rio de Janeiro
Julho de 2010

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me guiado até o dia de hoje, sempre me levando por caminhos seguros.

À minha família, especialmente meus pais, Monica Telles Spitale e Gilberto Pinheiro Garcia, por todo o suporte que me deram ao longo da minha vida, sempre me apoiando em todos os momentos e nunca duvidando da minha capacidade. Ao meu avô, Guilherme Silva Telles, por ser meu maior exemplo e à minha avó, Vera de Abreu Silva Telles (*in memoriam*), por todo carinho e amor incondicional que me deu até o último segundo.

Ao meu orientador, Everton Marques Bongioiolo, e meu coorientador, Julio Cezar Mendes, por todo conhecimento que me passaram, pela ajuda nos trabalhos de campo e por todo apoio que me deram durante a realização do trabalho.

Ao laminador do Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia, Tarcísio, pela inestimável ajuda ao elaborar as lâminas utilizadas neste trabalho o mais rápido possível.

A todos meus amigos da faculdade. Não citarei nomes, para não correr o risco de esquecer alguém, mas sou muito grato a todos por terem compartilhado os últimos quatro anos e meio comigo, tornando-os os melhores que já tive.

Agradecimento especial ao amigo Pablo Varela pela ajuda nas etapas de campo e laboratorial, além do auxílio na confecção deste relatório.

Por último, gostaria de agradecer à Thaís da Silva Brito de Paiva, por estar sempre presente em todos os momentos, sejam bons ou ruins, por sempre me apoiar e me dar forças para seguir em frente e por tudo que ela representa pra mim.

RESUMO

O presente relatório consiste de dados obtidos durante o estudo de uma área de cerca de 24 km² nos arredores de Frade, distrito de Macaé, RJ. Para isso, foi realizado um mapeamento geológico na escala de 1:25.000 da região e análises petrográficas em lâmina delgada de amostras coletadas durante os trabalhos de campo. Essa região é composta por rochas metassedimentares da Unidade São Fidélis do Complexo Paraíba do Sul, granitóides sin-tectônicos do tipo-S da Suíte Desengano e granitóides pós-tectônicos do tipo-I, representados pelo Granito Sana.

A Unidade São Fidélis foi sub-dividida na área de estudo em dois litotipos: Biotita-Gnaiss Migmatítico e Biotita-Gnaiss. O Biotita-Gnaiss Migmatítico é formado por gnaisses essencialmente migmatíticos, compostos por leucossoma pegmatítico de composição quartzo-feldspática, podendo conter granada e melanossoma de rocha gnáissica, fortemente bandada e composta por biotita, plagioclásio, quartzo e granada, pontualmente apresentando sillimanita. O Biotita-Gnaiss é constituído por rocha leucocrática, de granulação média, e texturas granoblástica e porfiroblástica, com porfiroblastos de plagioclásio e microclina. É composta por quartzo, plagioclásio, microclina, biotita e granada. A ocorrência de granada e sillimanita (apenas no Biotita-Gnaiss Migmatítico) reforça a origem paraderivada dos protólitos desta unidade.

A Suíte Desengano é formada por granitóides leucocráticos, de granulação média, com cristais com cerca de 2 mm, textura equigranular e foliação marcada pela orientação de paletas de biotita. É composta por quartzo, plagioclásio, biotita, granada e microclina, contendo apatita e zircão como minerais acessórios. A presença de granada denota que o protólito fundido para a geração desta rocha provavelmente era de natureza sedimentar ou metassedimentar.

O Granito Sana, na área mapeada, é encontrado como dois corpos distintos espacialmente, um com cerca de 200 km² e outro com aproximadamente 2 km², que foram individualizados em campo em uma fácies equigranular e outra porfirítica. A fácies equigranular é composta por rochas de granulação média, com cerca de 1,5 mm, apresentando textura equigranular, pontualmente seriada, com duas modas de microclina bem definida. A fácies porfirítica é composta por rochas com textura porfirítica, com fenocristais de microclina variando de 6 a 8,5 mm. A matriz, de granulação média (cerca de 3 mm) é composta essencialmente por quartzo, microclina, plagioclásio e biotita. A mineralogia essencial das duas fácies é formada por quartzo,

microclina, plagioclásio e biotita. Como minerais acessórios são encontrados apatita, allanita, minerais opacos, titanita e zircão.

Associado ao Granito Sana fácies equigranular, há a ocorrência de um corpo de rocha máfica de forma oval e composição diorítica, formado por rochas melanocráticas, com granulação média e texturas intergranular, subofítica e granofírica. Esta rocha é formada por plagioclásio, clinopiroxênio, ortopiroxênio e minerais opacos.

ABSTRACT

This report consists of data acquired during the study of an area of approximately 24 km² outside Frade, located in the Macaé District of Rio de Janeiro. Geologic mapping of the region was made in a 1:25.000 scale, as well as petrographic analysis of thin sections from samples collected during the field work. The studied area is set up of: metasedimentary rocks from the São Fidélis Unit of the Paraíba do Sul Complex; S-type syn-tectonic granitoids of the Desengano Suite; and I-type post-tectonic granitoids represented by the Sana Granite.

The São Fidélis Unit was divided in two lithotypes: migmatitic biotite-gneiss and biotite-gneiss. The migmatitic biotite-gneiss consists of migmatitic gneisses, which are composed of a pegmatitic leucosome with quartz-feldspathic composition, may contain garnet, and a highly banded gneissic melanosome, with biotite, plagioclase, quartz, and garnet, occasionally with sillimanite. The biotite-gneiss is characterized by a leucocratic rock, mainly medium grain size, with granoblastic and porphyroblastic textures, with microcline and plagioclase porphyroblasts. Mainly, the biotite-gneiss' mineralogy is quartz, plagioclase, microcline, biotite, and garnet. Occurrence of garnet and sillimanite (in the migmatitic biotite-gneiss) backs up the idea that the São Fidélis Unit has paraderived protoliths.

The Desengano Suite is set up of leucocratic granitoids. They have medium sized grains of approximately 2 mm, equigranular texture, and a foliation marked by biotite orientation. They are composed of quartz, plagioclase, biotite, garnet, and microcline, as well as apatite and zircon as accessory minerals. The occurrence of garnet denotes that the protolith of this rock is probably a sedimentary or metasedimentary rock.

The Sana Granite, in the mapped area, outcrops in two distinct bodies. One has approximately 200 km² while the other has about 2 km². They were separated as an equigranular and porphyritic facies. The equigranular facies is characterized by medium-size grained rocks, with grains of approximately 1,5 mm and equigranular texture, locally occurring as seriated texture, with two well defined microcline modes. The porphyritic facies is made up of rocks with porphyritic texture, with microcline phenocrysts of approximately 6 to 8,5 mm. The matrix has medium-sized grains of about 3 mm and consists essentially of quartz, microcline, plagioclase, and biotite. As secondary minerals, apatite, allanite, opaque minerals, titanite, and zircon are found.

Associated with the equigranular texture of the Sana Granite is an occurrence of an oval shaped rock body of dioritic composition, constituted by medium-size grained melanocratic rocks with intergranular, subophitic, and granophyric textures. The rock's mineralogy is made up of plagioclase, clinopyroxene, orthopyroxene, and opaque minerals.

SUMÁRIO	Pg
IV- AGRADECIMENTOS	V
V- RESUMO	VI
VI- ABSTRACT	VIII
VII- SUMÁRIO	X
VIII- ÍNDICE DE TABELAS	XII
IX- ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. METODOLOGIA	3
4. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	5
5. GEOLOGIA REGIONAL	7
6. GEOLOGIA LOCAL	12
6.1. TRABALHOS ANTERIORES	12
6.2. UNIDADE SÃO FIDÉLIS	13
6.2.1. BIOTITA-GNAISSE MIGMATÍTICO	13
6.2.1.1. ASPECTOS DE CAMPO	13
6.2.1.2. PETROGRAFIA	15
6.2.2. BIOTITA-GNAISSE	18
6.2.2.1. ASPECTOS DE CAMPO	18
6.2.2.2. PETROGRAFIA	19
6.3. SUÍTE DESENGANO	22
6.3.1. ASPECTOS DE CAMPO	22
6.3.2. PETROGRAFIA	23
6.4. GRANITO SANA	28
6.4.1. FÁCIES EQUIGRANULAR	28
6.4.1.1. ASPECTOS DE CAMPO	28
6.4.1.2. PETROGRAFIA	31
6.4.2. FÁCIES PORFIRÍTICA	38
6.4.2.1. ASPECTOS DE CAMPO	38
6.4.2.2. PETROGRAFIA	40
6.4.3. ROCHAS MÁFICAS ASSOCIADAS	47

6.4.3.1. ASPECTOS DE CAMPO	47
6.4.3.2. PETROGRAFIA	47
7. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	53
8. REFERÊNCIAS	56

ANEXO I: MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE FRADE, DISTRITO DE MACAÉ, RJ.

ANEXO II: MAPA DE PONTOS DA REGIÃO DE FRADE, DISTRITO DE MACAÉ, RJ.

ANEXO III: TABELA DE PONTOS.

ÍNDICE DE TABELAS

Pg.

Tabela 01. Classificação de tamanho de grão utilizada neste trabalho (Hibbard, 1995).	4
Tabela 02. Composição modal observada na lâmina estudada do Biotita-Gnaiss Migmatítico.	18
Tabela 03: Paragênese metamórfica do Biotita-Gnaiss da Unidade São Fidélis.	22
Tabela 04: Composição modal observada em lâmina descrita do Biotita-Gnaiss da Unidade São Fidélis.	22
Tabela 05. Ordem de cristalização proposta para uma amostra da Suíte Desengano.	26
Tabela 06. Composição modal obtida para uma amostra da Suíte Desengano.	27
Tabela 07. Ordem de cristalização do Granito Sana fácies equigranular observada nas lâminas descritas.	37
Tabela 08. Composição modal obtida para as amostras de Granito Sana fácies equigranular.	37
Tabela 09. Ordem de cristalização do Granito Sana fácies porfirítica.	45
Tabela 10. Composição modal de uma amostra do Granito Sana fácies porfirítica.	46
Tabela 11. Ordem de cristalização proposta para as rochas máficas associadas ao Granito Sana.	51
Tabela 12. Composição modal obtida para uma lâmina de rocha máfica associada ao Granito Sana	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Pg.

Figura 1. A: Mapa de localização da área e das principais rodovias de acesso. B: Ampliação da área destacada em A., retângulo vermelho indica a área de estudo. (fonte: Google Maps). **6**

Figura 2. Mapa simplificado da Província Mantiqueira, mostrando seus segmentos e as faixas móveis que a compõem (retirado de Heilbron *et al.*, 2004). **7**

Figura 3. Mapa tectônico do segmento central da Faixa Ribeira e zona de interferência com a Faixa Brasília (retirado de Heilbron *et al.*, 2008). 1. Cobertura fanerozóica; 2. Plutons alcalinos do Cretáceo Superior; 3-5, Cráton do São Francisco: 3. Embasamento do Paleoproterozóico – Arqueano; 4. Cobertura Cratônica; 5. Rochas metassedimentares mesoproterozóicas a neoproterozóicas do Domínio Autóctone; 6. Faixa Brasília, estrutura com vergência para leste, *ca.* 640-610Ma, incluindo a *Nappe* Socorro (SN); 7-13, terrenos da Faixa Brasília; 7. Domínios Andrelândia e 8. Juiz de Fora do Terreno Ocidental; 9. Terreno Paraíba do Sul; 10. Terreno Embu; 11. Arco Magmático Neoproterozóico; 12. Sucessões metassedimentares neoproterozóicas do Terreno Oriental; 13. Terreno Cabo Frio; 14. Terreno Apiaí. CTB. “Central Tectonic Boundary”; CFT. “Cabo Frio Thrust”; APSZ. “Além Paraíba Shear Zone”. **8**

Figura 4. Biotita-Gnaisse Migmatítico da Unidade São Fidélis com textura *schlieren*. **14**

Figura 5. Xenólito de biotita-gnaisse da Unidade São Fidélis incluso em pegmatito. **14**

Figura 6. Injeção de granito equigranular médio cortando o Biotita-Gnaisse Migmatítico da Unidade São Fidélis. **15**

Figura 7. Quartzo anédrico preenchendo interstícios em agregado biotítico no Biotita-Gnaisse Migmatítico da Unidade São Fidélis (NX, aumento de 2,5X). **16**

Figura 8. Inclusões de biotita e quartzo em plagioclásio no Biotita-Gnaisse Migmatítico da Unidade São Fidélis (NX, aumento de 2,5X). **17**

- Figura 9.** Granada com inclusões de quartzo e biotita no Biotita-Gnaiss Migmatítico da Unidade São Fidélis (N//, aumento de 2,5X). **17**
- Figura 10.** Veios pegmatíticos cortando o Biotita-Gnaiss da Unidade São Fidélis em piso de cachoeira. **19**
- Figura 11.** Microclina com mirmequita em contato com plagioclásio no Biotita-Gnaiss da Unidade São Fidélis (NX, aumento de 2,5X). **21**
- Figura 12.** Granada anédrica e sem inclusões no Biotita-Gnaiss da Unidade São Fidélis (N//, aumento de 2,5X). **21**
- Figura 13.** Textura equigranular média no granitóide da Suíte Desengano (NX, aumento de 2,5X). **24**
- Figura 14.** Plagioclásio zonado com inclusão de biotita parcialmente alterada para muscovita da Suíte Desengano (NX, aumento de 2,5X). **24**
- Figura 15.** Mirmequita em plagioclásio próximo ao contato com microclina, em granitóide da Suíte Desengano (NX, aumento de 2,5X). **25**
- Figura 16.** Granada anédrica em granitóide da Suíte Desengano (N//, aumento de 2,5X). **25**
- Figura 17.** Recristalização de plagioclásio e quartzo entre paletas de biotitas e granada parcialmente solubilizada em granitóide da Suíte Desengano (NX, aumento de 2,5X). **26**
- Figura 18.** Diagrama QAP, indicando composição granodiorítica a tonalítica para a uma amostra da Suíte Desengano. **Legenda:** a. Quartzolito (silexito), b. granitóides ricos em quartzo, c. álcali-feldspato granito, d. sienogranito, e. monzogranito, f. granodiorito, g. tonalito, h. quartzo álcali-feldspato granito, i. quartzo-sienito, j. quartzo-monzonito, k. quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, l. quartzo-diorito/quartzo-gabro/quartzo-anortosito, m. álcali-feldspato sienito, n. sienito, o. monzonito, p. monzodiorito/monzogabro, q. diorito/gabro/anortosito. **27**

Figura 19. Blocos do Granito Sana fácies equigranular em drenagem.	29
Figura 20. Aspecto de lajedo do Granito Sana fácies equigranular com cavidades circulares, possivelmente associadas a cavidades miarolíticas.	29
Figura 21. Fenocristal centimétrico de álcali-feldspato no Granito Sana fácies equigranular.	30
Figura 22. Enclave máfico no Granito Sana fácies equigranular.	30
Figura 23. Contato entre as fácies porfirítica e equigranular do Granito Sana.	31
Figura 24. Saprólito do Granito Sana fácies equigranular (G), cortado por dique máfico (D) e veios pegmatíticos (P).	31
Figura 25. Granito Sana com textura equigranular e orientação do eixo maior de cristais alongados, causada por fluxo magmático. A orientação está marcada pelas setas vermelhas (NX, aumento de 2,5X).	33
Figura 26. Granito Sana fácies equigranular com textura seriada, evidenciada por cristal de microclina maior que os minerais adjacentes (NX, aumento de 2,5X).	34
Figura 27. Microclina com micropertita em filmes e inclusão de quartzo no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).	34
Figura 28. Zonamento na borda de plagioclásio no contato com microclina no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).	35
Figura 29. Mirmequitas no contato entre plagioclásio e microclina no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).	35
Figura 30. Alteração do núcleo de plagioclásio para muscovita no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).	36

Figura 31. Concentração de muscovita de origem secundária junto a cristais de biotita no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X). **36**

Figura 32. Diagrama QAP indicando composição sienogranítica e monzogranítica para as amostras estudadas do Granito Sana fácies equigranular. **Legenda:** a. Quartzolito (silexito), b. granitóides ricos em quartzo, c. álcali-feldspato granito, d. sienogranito, e. monzogranito, f. granodiorito, g. tonalito, h. quartzo álcali-feldspato granito, i. quartzo-sienito, j. quartzo-monzonito, k. quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, l. quartzo-diorito/quartzo-gabro/quartzo-anortosito, m. álcali-feldspato sienito, n. sienito, o. monzonito, p. monzodiorito/monzogabro, q. diorito/gabro/anortosito.

38

Figura 33. Granito Sana fácies porfirítica (GP) em contato intrusivo com o Biotita-Gnaisse Migmatítico da Unidade São Fidélis (BG), contendo xenólito do mesmo.

39

Figura 34. Variação composicional do Granito Sana fácies porfirítica nas proximidades do xenólito de Biotita-Gnaisse Migmatítico.

40

Figura 35. Textura do Granito Sana fácies porfirítica, evidenciada pela presença de fenocristais de microclina de granulação grossa imersos em matriz de granulação média (NX, aumento de 2,5X).

42

Figura 36. Inclusões de quartzo em microclina em Granito Sana fácies porfirítica (NX, aumento de 2,5X).

42

Figura 37. Micropertitas em veio em fenocristal de microclina no Granito Sana fácies porfirítica (NX, aumento de 2,5X).

43

Figura 38. Textura rapakivi no Granito Sana fácies porfirítica, com microclina capeada por plagioclásio (NX, aumento de 2,5X).

43

Figura 39. Contato entre plagioclásio e microclina no Granito Sana fácies porfirítica com zonamento de borda e mirmequitas no plagioclásio (NX, aumento de 2,5X).

44

- Figura 40.** Alteração do núcleo de plagioclásio para sericita no Granito Sana fácies porfirítica (NX, aumento de 2,5X). **44**
- Figura 41.** Zircão euédrico parcialmente incluído em quartzo no Granito Sana fácies porfirítica (NX, aumento de 2,5X). **45**
- Figura 42:** Diagrama QAP indicando composição monzogranítica para uma amostra do Granito Sana fácies porfirítica. **Legenda:** a. Quartzolito (silexito), b. granitóides ricos em quartzo, c. álcali-feldspato granito, d. sienogranito, e. monzogranito, f. granodiorito, g. tonalito, h. quartzo álcali-feldspato granito, i. quartzo-sienito, j. quartzo-monzonito, k. quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, l. quartzo-diorito/quartzo-gabro/quartzo-anortosito, m. álcali-feldspato sienito, n. sienito, o. monzonito, p. monzodiorito/monzogabro, q. diorito/gabro/anortosito. **46**
- Figura 43.** Textura intergranular, com cristais de clinopiroxênio e minerais opacos ocorrendo entre cristais de plagioclásio nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X). **49**
- Figura 44.** Textura subofítica, marcada pela inclusão parcial de plagioclásio em cristal de clinopiroxênio nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X). **49**
- Figura 45.** Textura granofírica, com exsoluções de quartzo e álcali-feldspato em plagioclásio nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 10X). **50**
- Figura 46.** Biotita secundária na borda de clinopiroxênio nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (N//, aumento de 2,5X). **50**
- Figura 47.** Hornblenda secundária dentro de aglomerado de clinopiroxênios nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (N//, aumento de 2,5X). **51**

Figura 48. Gráfico de classificação de rochas gabróicas indicando que a amostra de rocha máfica estudada é classificada como gabro. **Legenda:** a. anortosito, b. norito, c. clinopiroxênio norito, d. ortopiroxênio diorito, e. gabro, f. piroxenito contendo plagioclásio.

52

1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre a evolução da Faixa Ribeira indicam que o período tardi a pós-colisional foi caracterizado pela geração de diversas intrusões de corpos graníticos, concentrados principalmente no Terreno Oriental. Uma das primeiras referências científica a estes corpos está presente no Mapa Geológico do Estado da Guanabara, 1:50.000 elaborado por Hembold *et al.* (1965). Desde então diversos outros trabalhos abordaram as características litológicas, geoquímicas e isotópicas de alguns destes corpos. Mais recentemente, no Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro de Silva *et al.* (2000), foram observadas vinte e três ocorrências de granitóides do Cambriano, com idades variando de *ca.* 540 a 590 Ma (Silva *et al.*, 2000), dentre os quais alguns são muito pouco estudados, como é o caso do Granito Sana.

O Granito Sana ocorre na Região Serrana de Macaé, no Estado do Rio de Janeiro e é representado no mapa de Silva *et al.* (2000) por um batólito com cerca de 200 km² de área e forma circular e outras duas intrusões menores, com cerca de 2 e 40 km², a norte do corpo principal.

Com o intuito de aprofundar o conhecimento sobre o Granito Sana e contribuir para o melhor entendimento dos corpos ígneos pós-tectônicos que ocorrem no Estado do Rio de Janeiro e suas relações com suas rochas encaixantes, desenvolveu-se o presente trabalho na região de Frade, distrito de Macaé, Rio de Janeiro.

2. OBJETIVOS

A presente monografia tem como objetivo o estudo em escala de semi-detalle do Granito Sana em sua borda norte e de suas rochas encaixantes, a fim de ampliar o conhecimento sobre este corpo e sobre a evolução tectono-estratigráfica de parte da Faixa Ribeira, com ênfase no magmatismo pós-colisional. A fim de se alcançar estes objetivos, foram realizadas as seguintes atividades:

1. Mapeamento geológico na escala de 1:25.000 de uma área com cerca de 24 km² na região de Frade, distrito de Macaé, estado do Rio de Janeiro;
2. Estabelecimento da relação estratigráfica entre as rochas da região;
3. Caracterização petrográfica em lâmina delgada de amostras coletadas dos litotipos observados.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em três etapas: etapa de campo, etapa de laboratório e etapa de escritório.

A etapa de campo envolveu o mapeamento geológico básico de uma área de 24 km². Para isso foram utilizadas as cartas topográficas Casimiro de Abreu (SF-23-Z-B-III-4) e Trajano de Moraes (SF-23-Z-B-III-2), ambas elaboradas pelo IBGE em escala de 1:50.000. Estas cartas topográficas foram ampliadas, a fim de assumir a escala de 1:25.000 e assim facilitar a locação dos pontos estudados em campo. Para a obtenção das coordenadas destes pontos na carta, utilizou-se um receptor GPS da marca Garmin (modelo 12XL), configurado para o *datum* Córrego Alegre. Durante o trabalho de campo, a metodologia utilizada consistiu de: (i) plotagem do ponto na carta topográfica; (ii) descrição detalhada da exposição litológica, incluindo medidas estruturais com bússola (declinada a 22°W); (iii) confecção de croquis e obtenção de fotografias e; (iv) coleta, descrição e catalogação de amostras. Durante esta etapa foram locados 87 pontos geológicos, de onde foram coletadas 31 amostras. A disposição espacial dos pontos pode ser observada no Anexo II, e a relação completa dos pontos efetuados está presente no Anexo III.

A etapa de laboratório envolveu a descrição petrográfica de 8 (oito) lâminas delgadas, confeccionadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia da UFRJ a partir de amostras obtidas em campo. As rochas foram descritas de acordo com sua mineralogia, textura, granulação, índice de cor, relação entre os cristais e composição modal em microscópio binocular petrográfico. A proporção modal de cada lâmina descrita foi obtida através de um contador de pontos eletrônico, sendo contados 800 pontos por lâmina.

A classificação de pertitas segue a proposta de Smith & Brown (1988). A classificação de rochas ígneas foi feita de acordo com o diagrama QAPF proposto por Le Maitre (2002). O teor de anortita (An) dos cristais de plagioclásio foi obtido pelo método da dupla macla utilizando a seção (100) (Deer *et al.*, 2000)

Na etapa de escritório foram compiladas as informações obtidas nas fases anteriores. A partir dos resultados obtidos, foram confeccionados o mapa geológico da área, o mapa de pontos e o presente relatório. Para a elaboração dos mapas, foram utilizadas, como mapa base, as versões digitais das cartas topográficas, em escala 1:50.000, disponíveis para *download* no *site* do IBGE. Posteriormente, o mapa

geológico obtido a partir da integração dos dados de campo, laboratoriais e de escritório foi superposto aos mapas-base utilizando o *software* CorelDRAW® versão X3.

O conceito de fácies utilizado no presente estudo baseia-se nas variações texturais observadas em campo e em lâmina delgada, como proposto por Philipp *et al.* (2003). O parâmetro utilizado para a descrição de granulação foi o estabelecido por Hibbard (1995), como descrito na tabela 01. A nomenclatura e descrição de enclaves em campo basearam-se na classificação de Didier & Barbarin (1991).

Tabela 01. Classificação de tamanho de grão utilizada neste trabalho (Hibbard, 1995).

Granulação	Tamanho (mm)
Muito grossa	> 50
Grossa	> 5 e < 50
Média	> 1 e < 5
Fina	> 0,1 e < 1
Muito fina	> 0,01 e < 0,1 (10 – 100 µm)
Vidro	Vidro a < 0,1 (<10 µm)

4. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo localiza-se na região sudeste do Estado do Rio de Janeiro, mais especificamente nas imediações de Frade, distrito da Região Serrana de Macaé. Este distrito se situa a norte de Casimiro de Abreu e a oeste do centro urbano de Macaé. A partir da cidade do Rio de Janeiro, a área pode ser acessada pela rodovia BR-101 até a entrada de Macaé, onde se dobra à esquerda para acessar a rodovia RJ-168 e segue-se aproximadamente mais 10 km, então virando à direita e seguindo a RJ-162 até chegar a Frade (Figura 1).

Alternativamente, pode-se pegar a RJ-142, em Casimiro de Abreu, e seguir por 15 km até a entrada de Sana e, seguindo na mesma estrada, mais 20 km até Frade (Figura 1). A área onde foi desenvolvido o presente trabalho encontra-se marcada pelo retângulo vermelho no mapa da Figura 1.

5. GEOLOGIA REGIONAL

A região estudada situa-se no contexto da Província Mantiqueira (Figura 2, Almeida *et al.*, 1977; 1981), que representa um sistema orogênico Neoproterozóico desenvolvido durante o evento Brasiliano – Pan-Africano (880 a 480 Ma).

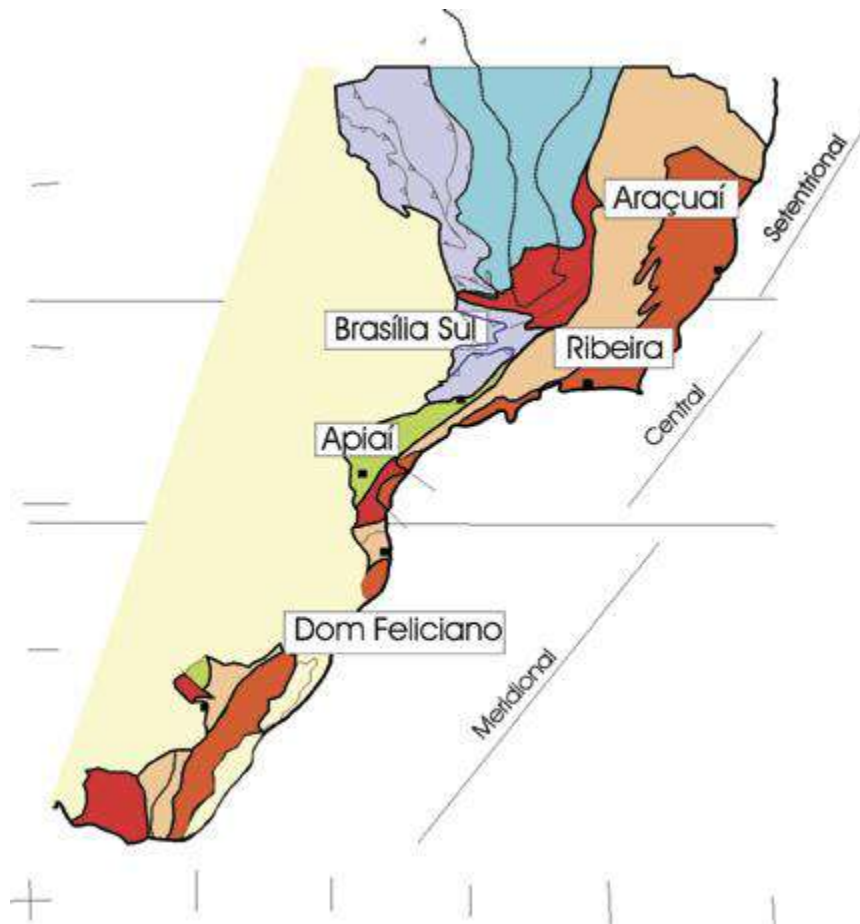


Figura 2. Mapa simplificado da Província Mantiqueira, mostrando seus segmentos e as faixas móveis que a compõem (retirado de Heilbron *et al.*, 2004).

A Faixa Ribeira (Almeida *et al.*, 1973) compõe a porção central da Província Mantiqueira e é um cinturão orogênico localizado no litoral sudeste brasileiro, com comprimento de aproximadamente 1400 km com direção NE – SW e largura de 300 km, sendo limitada entre os paralelos 21°S e 25°S. Sua gênese está ligada à convergência dos crátons do São Francisco, Congo e uma terceira zona cratônica inferida que estaria soterrada por sequências paleozóicas da Bacia do Paraná (Trouw *et al.*, 2000). A Faixa Ribeira faz fronteira a norte com a Faixa Araçuaí, através de uma transição lateral contínua, a sudoeste pelo Cráton Luiz Alves e a noroeste pela Faixa

Brasília, onde os limites ocorrem em zonas de interferência com predomínio de empurrões com mergulho íngreme e zonas de cisalhamento oblíquas (Trouw *et al.*, 2000; Heilbron *et al.*, 2004). A Faixa Ribeira pode ser subdividida em quatro terrenos tectono-estratigráficos: Terreno Ocidental, *Klippe* Paraíba do Sul, Terreno Oriental e Terreno Cabo Frio (Figura 3, Heilbron & Machado, 2003; Heilbron *et al.*, 2004).

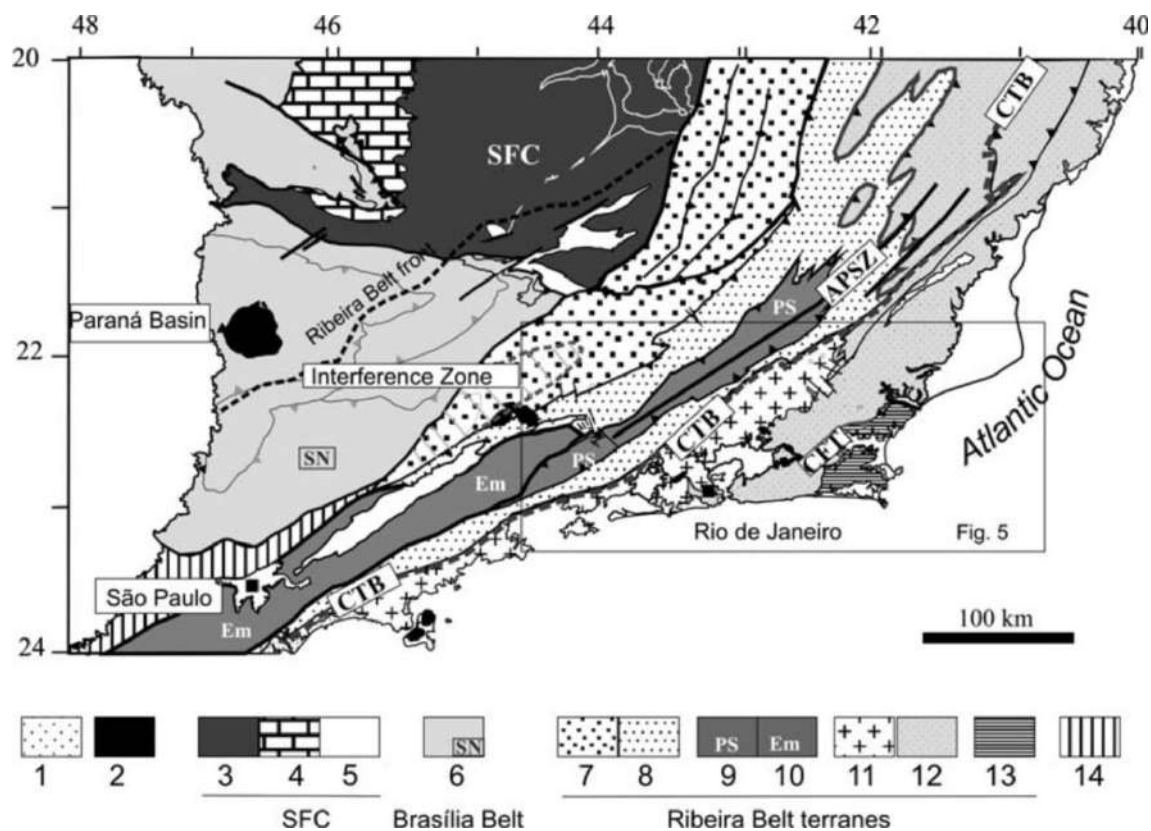


Figura 3. Mapa tectônico do segmento central da Faixa Ribeira e zona de interferência com a Faixa Brasília (retirado de Heilbron *et al.*, 2008). 1. Cobertura fanerozoica; 2. Plútons alcalinos do Cretáceo Superior; 3-5, Cráton do São Francisco: 3, Embasamento do Paleoproterozóico – Arqueano; 4, Cobertura Cratônica; 5. Rochas metassedimentares mesoproterozóicas a neoproterozóicas do Domínio Autóctone; 6. Faixa Brasília, estrutura com vergência para leste, *ca.* 640-610Ma, incluindo a *Nappe* Socorro (SN); 7-13, terrenos da Faixa Brasília; 7. Domínios Andrelândia e 8. Juiz de Fora do Terreno Ocidental; 9. Terreno Paraíba do Sul; 10. Terreno Embu; 11. Arco Magmático Neoproterozóico; 12. Sucessões metassedimentares neoproterozóicas do Terreno Oriental; 13. Terreno Cabo Frio; 14. Terreno Apiaí. CTB. “Limite Tectônico Central”; CFT. “Empurrão Cabo Frio”; APSZ. “Zona de Cisalhamento Além Paraíba”.

O Terreno Ocidental compreende os domínios Autóctone, Andrelândia e Juiz de Fora, separados por grandes zonas de cisalhamento. O Domínio Autóctone é a extensão do Cráton do São Francisco e é composto por gnaisses arqueanos-paleoproterozóicos, recobertos por seqüências supracrustais proterozóicas (São João Del Rei, Carandaí e Andrelândia). Os domínios Andrelândia e Juiz de Fora são compostos por gnaisses

paleoproterozóicos sobrepostos por sequências metassedimentares (Heilbron & Machado, 2003).

A *Klippe* Paraíba do Sul é uma estrutura sinformal composta por ortognaisses de composição tonalítica a granodiorítica e rochas metassedimentares, principalmente mármore dolomíticos, biotita granada gnaisses bandados e biotita-muscovita xistos, submetidos a metamorfismo na fácies anfíbolito. Gnaisses do embasamento possuem idade de 2,19 a 2,13 Ga (Heilbron & Machado, 2003), gerados durante a Orogenia Transamazônica (2,1 – 1,9 Ga).

O Terreno Oriental pode ser representado por três domínios tectônicos: Cambuci, Costeiro e *Klippe* Itálva. O Domínio Cambuci é composto por empurrões envolvendo ortognaisses e kinzigitos intercalados com mármore e rochas calcissilicáticas, ambos metamorfisados em fácies granulito. A *Klippe* Itálva define um sinformal aberto, não-cilíndrico, com eixo NE-SW e plano axial subvertical, composta por gnaisses bandados intercalados com mármore calcíticos e anfíbolitos (Heilbron & Machado, 2003). O Domínio Costeiro é formado por gnaisses bandados e gnaisses kinzigíticos, ambos com lentes de quartzito e calcissilicáticas e metamorfisados em fácies granulito, além de rochas do Arco Magmático do Rio Negro (Tupinambá, 1999; Tupinambá *et al.*, 2000), que é um complexo Neoproterozóico pré-colisional, cuja atividade magmática se deu entre 640 e 600 Ma. Este arco possui ortognaisses tonalíticos a trondjemíticos pré-colisionais com textura migmatítica, associados a leucogranitos sin-colisionais (600 Ma; Tupinambá, 1999). Por fim, temos magmatismo tardi-sin-colisional, representado pelo Batólito Serra dos Órgãos (ca. 560 Ma; Tupinambá, 1999) e granitóides não-foliados pós-colisionais associados a gabros e dioritos, sendo estes os representantes do último pulso magmático da região (Heilbron & Machado, 2003).

O Terreno Cabo Frio (Fonseca *et al.*, 1984; Fonseca, 1998) é empurrado sobre o Domínio Oriental através do Empurrão Cabo Frio, contém estruturas orientadas principalmente para NW-SE e é composto por rochas do embasamento e sequências supracrustais. O embasamento contém gnaisses anfíbolíticos e metagranitóides intercalados com metaquartzo-diorito e metatonalito. As rochas supracrustais são compostas por cianita-sillimanita gnaisses, paragnaisses quartzo-feldspáticos e rochas calcissilicáticas (Schmitt *et al.*, 2004).

A construção da Faixa Ribeira está relacionada ao fechamento do oceano Adamastor, durante os estágios colisionais denominados de II e III (Heilbron *et al.*, 2004).

A convergência entre o Terreno Oriental e o Cráton do São Francisco levou à subducção da crosta oceânica, que separava estas duas áreas continentais, para leste, o que resultou na formação de um ou mais arcos magmáticos, hoje designado como Arco Rio Negro. Dados isotópicos sugerem pelo menos dois pulsos na formação deste arco, um primeiro a 790 Ma e o segundo entre 640-620 Ma, que pode ter se estendido até 590 Ma (Heilbron & Machado, 2003; Heilbron *et al.*, 2004). Isótopos de Pb sugerem ausência de herança paleoproterozóica ou anterior, enquanto dados de Nd apontam diferentes níveis de contaminação crustal que podem separar as rochas em dois grupos (Heilbron *et al.*, 2004).

O Estágio Colisional II é resultado da colisão oblíqua entre o Paleocôntinente São Francisco – Congo e outro continente a leste (Terreno Oriental ou Serra do Mar) e ocorreu entre 590 e 550 Ma, gerando transporte tectônico para noroeste, dobras subverticais, crenulações, zonas transpressivas destrais com direção norte – sul e zonas de cisalhamento verticais destrais e sinistrais (Trouw *et al.*, 2000). Nesta etapa, a *Klippe* Paraíba do Sul pode ter sido empurrada sobre o Domínio Juiz de Fora (Heilbron & Machado 2003, Heilbron *et al.*, 2004). A deformação foi desenvolvida em três pulsos distintos (Trouw *et al.*, 2000) e o metamorfismo varia de fácies xisto-verde, na borda cratônica, a fácies granulito de média pressão (Heilbron *et al.*, 2004).

O magmatismo relacionado a este evento tem suas origens no espessamento crustal causado pela colisão e pode englobar diversas suítes de granitóides, como suítes porfiríticas cálcio-alcálicas de alto-K precoce (*ca.* 590-580 Ma), leucogranitos e/ou granada charnockitos (*ca.* 580 Ma), suíte cálcio-alcálica de alto-K tardia (*ca.* 575-560 Ma) e biotita granitos (*ca.* 560 Ma). Os corpos de granitóides gerados por este evento são mais abundantes no Domínio Juiz de Fora (Terreno Ocidental) e no Terreno Oriental (Mendes *et al.*, 2006 e 2007; Heilbron *et al.*, 2004).

O Estágio Colisional III, também conhecido como Orogênese Búzios, é o evento tectono-metamórfico mais recente conhecido na Faixa Ribeira. Este é o resultado da colisão e, conseqüentemente o amalgamento, entre o Terreno Cabo Frio e o Orógeno Ribeira, entre 525 e 495 Ma (Schimitt *et al.*, 2004). Este evento foi acompanhado por três fases deformacionais, que originaram dobras recumbentes, zonas de empurrão e lineações minerais e de estiramento na direção NW-SE com baixo mergulho em ambas

as direções, e metamorfismo de pressão média a alta, com condições aproximadas de pressão de 9 kbar e temperatura de 780°C (Schimitt *et al.*, 2004).

Por fim, após os períodos colisionais, houve a transição do sistema para um regime tectônico extensional, marcado pelo colapso gravitacional do orógeno, responsável pela geração de plutonismo cálcio-alcálico de idade entre 510 e 480 Ma, ocorrendo em stocks e plútons circulares ou na forma de diques e soleiras (Heilbron *et al.*, 2004).

6. GEOLOGIA LOCAL

A área mapeada é constituída por três associações litológicas, com base no Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, elaborado por Silva *et al.* (2000). São essas:

- 1- Complexo Paraíba do Sul - Unidade São Fidélis
- 2- Suíte Desengano
- 3- Granito Sana

6.1. TRABALHOS ANTERIORES

A **Unidade São Fidélis** (Heilbron *et al.*, 2000) é uma unidade informal utilizada por Silva *et al.* (2000) para se referir à uma sequência de rochas metassedimentares detríticas, pelito-grauvaqueanas, que ocorrem no Domínio Costeiro, de acordo com a nomenclatura atualmente aceita para o Terreno Oriental da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2007). Essa unidade é composta por granada-biotita-(sillimanita) gnaisses quartzo-feldspáticos, com ocorrência de leucossomas graníticos, variedades kinzigíticas e horizontes de xistos grafitosos. Intercalados mais restritamente a essas rochas ocorrem quartzitos, rochas calcissilicáticas, anfíbolitos e gonditos.

A **Suíte Desengano** ocorre no mapa elaborado por Silva *et al.* (2000) em faixas alongadas na direção NE-SW, sub-concordantes com a estruturação regional, e é composta por granitóides do tipo-S. Estes são granitóides à granada e biotita ou à duas micas, com variados tipos texturais, predominando variedades grossas a porfíricas. Restitos de paragnaisses imprimem na rocha estrutura relativamente heterogênea (Silva *et al.*, 2000).

O **Granito Sana** foi gerado a partir do magmatismo pós-colisional que ocorreu entre 510 e 480 Ma, ao fim do evento Brasileiro (Heilbron *et al.*, 2004). Este evento foi responsável pela geração de corpos do tipo-I de composição variando de sienogranítica a quartzo-diorítica, com mineralogia acessória comumente representada por allanita, titanita, minerais opacos, apatita e zircão (Silva *et al.*, 2000; Junho, 1993; Mendes *et al.*, 2002). A atuação de processos de mistura de magmas no desenvolvimento destes corpos pode ser observada na freqüente interdigitação com magmas básicos a intermediários (Wiedemann-Leonardos *et al.*, 2000).

Dados geoquímicos indicam que estes corpos são predominantemente metaluminosos e cálcio-alcálicos de alto K, com alguma possível contribuição mantélica. Datações pelo método Rb/Sr feitas por Machado (1997) indicam idades de 491 ± 12 Ma e $488 \pm 3,6$ Ma para o Granito Sana.

6.2. UNIDADE SÃO FIDÉLIS

No presente estudo são reconhecidos dois litotipos desta unidade: Biotita-Gnaiss Migmatítico e Biotita-Gnaiss. Estes serão tratados individualmente a seguir.

6.2.1. BIOTITA-GNAISSE MIGMATÍTICO

6.2.1.1. ASPECTOS DE CAMPO

Esta unidade é encontrada principalmente em blocos angulosos, com superfície irregular, situados em encostas e cotas topograficamente mais baixas. Afloramentos são menos comuns, sendo encontrados em cortes de estradas vicinais e lajedos no leito de córregos, raramente em topos de morros. O solo derivado desta litologia possui cor vermelha e composição argilosa e quartzosa.

Esta rocha é composta por gnaisses migmatíticos com estruturas do tipo dobrada, pitgmática e *schlieren* (figura 4). O leucossoma tem granulação grossa, com cerca de 5 mm, e é composto por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e granada. Ocorre tanto em bolsões com forma lenticular, quanto em camadas delgadas paralelas à foliação. O mesossoma compreende um biotita-gnaiss, com foliação muito bem desenvolvida sobre planos biotíticos, apresenta granulação média, com cristais variando de 1 a 3 mm, e é composto por biotita, quartzo e plagioclásio, podendo conter granada e/ou sillimanita. O mesossoma nem sempre possui composição constante, variando dentro de um mesmo afloramento, assumindo ora fácies contendo mais quartzo e feldspato, ora contendo biotita, granada e sillimanita.

Todo esse conjunto é cortado por bolsões pegmatíticos com formas irregulares, contendo xenólitos angulosos de biotita-gnaiss (figura 5). Injeções graníticas com textura equigranular, de granulação média são encontradas cortando a foliação principal do gnaiss (figura 6), porém a defletindo levemente em alguns pontos. Algumas vezes

as lentes pegmatíticas atuam como indicadores cinemáticos, mostrando movimentação predominantemente dextral.



Figura 4. Biotita-Gnaisse Migmatítico da Unidade São Fidélis com textura *schlieren*.



Figura 5. Xenólito de biotita-gnaisse da Unidade São Fidélis incluído em pegmatito.



Figura 6. Injeção de granito equigranular médio cortando o Biotita-Gnaisse Migmatítico da Unidade São Fidélis.

6.2.1.2. PETROGRAFIA

A rocha possui textura porfiroblástica, onde há a presença de porfiroblastos de plagioclásio, chegando a 11,5 mm, enquanto a matriz possui cerca de 1,5 mm. Nesta são encontrados agregados biotíticos bem orientados e contínuos, separando níveis quartzo-feldspáticos, marcando assim a foliação da rocha. A rocha é composta por quartzo, plagioclásio, biotita e granada.

O quartzo é anédrico, variando de 1,0 a 4,5 mm, com hábito granular e formato amebóide. É observado tanto em grãos isolados, quanto em agregados monominerálicos, ou ainda preenchendo interstícios nas camadas biotíticas (figura 7). Variedades de granulação mais grossa apresentam extinção ondulante e não possuem inclusões, enquanto que variedades mais finas, inclusive as que ocorrem junto às biotitas, apresentam extinção normal e inclusões de biotita.

O plagioclásio é anédrico, raramente subédrico, chegando a 11,5 mm e com formatos variando desde quadrático a lenticular. Este varia de oligoclásio a andesina

(An₂₆ a An₃₁). Ocorre em grãos individuais e possui inclusões de quartzo e biotita (figura 8). Possui forte extinção ondulante marcada nas lamelas de geminação polissintética. Apresenta alteração pontual para sericita, sendo esta bem difusa no mineral.

A biotita é subédrica, raramente anédrica, varia de 0,62 a 2,4 mm e ocorre principalmente em agregados alongados contendo quartzo (figura 7), marcando o bandamento da rocha.

A granada é euédrica a subédrica, chegando até 2,5 mm, com forma arredondada e poucas feições de dissolução. Apresenta inclusões de quartzo e biotita (figura 9), além de defletir parcialmente as bandas biotíticas que a envolvem.

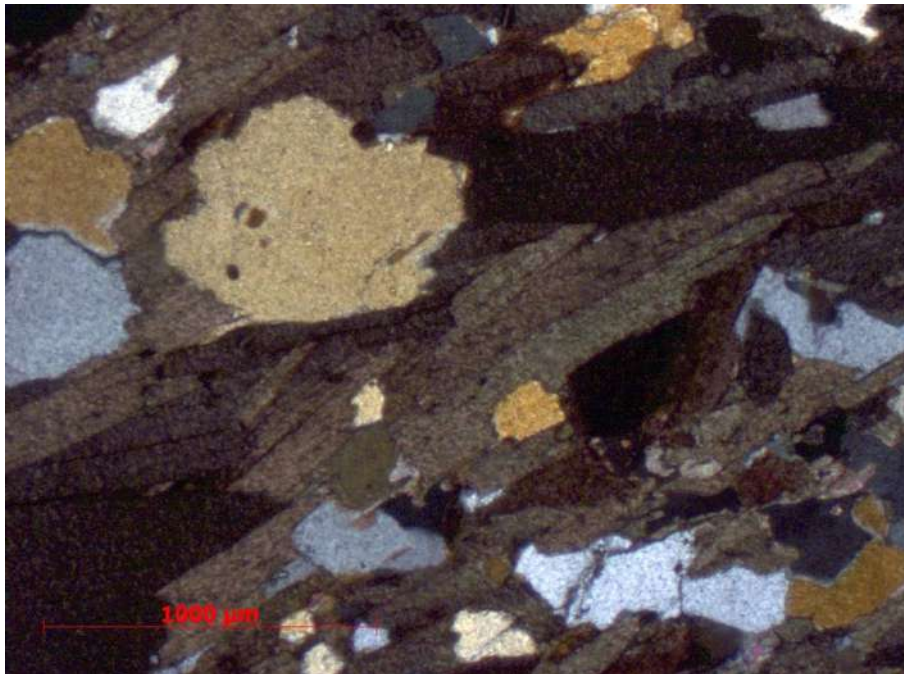


Figura 7. Quartzo anédrico preenchendo interstícios em agregado biotítico no Biotita-Gnaiss Migmatítico da Unidade São Fidélis (NX, aumento de 2,5X).

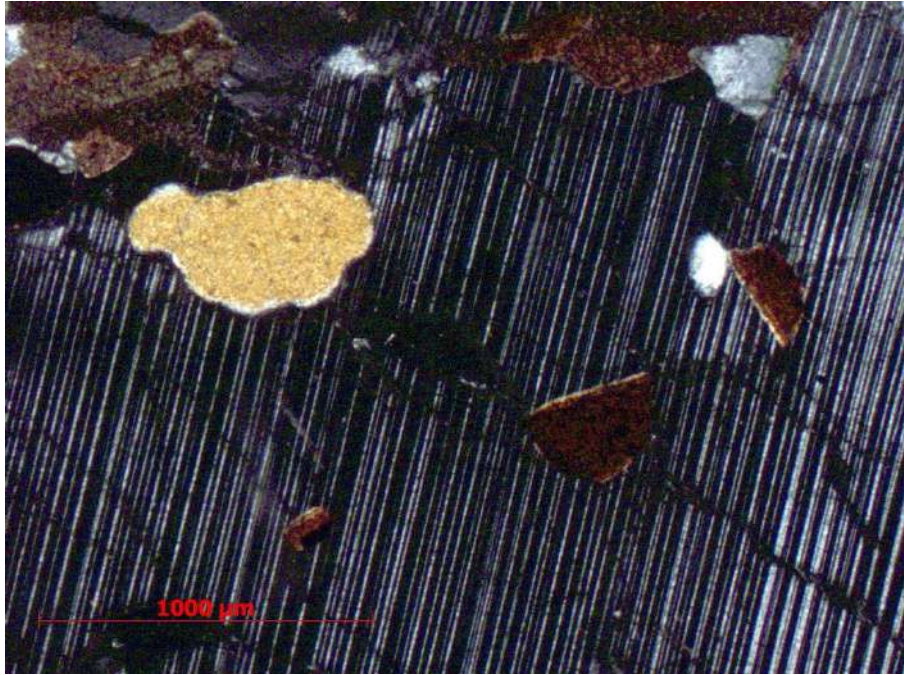


Figura 8. Inclusões de biotita e quartzo em plagioclásio no Biotita-Gnaisse Migmatítico da Unidade São Fidélis (NX, aumento de 2,5X).

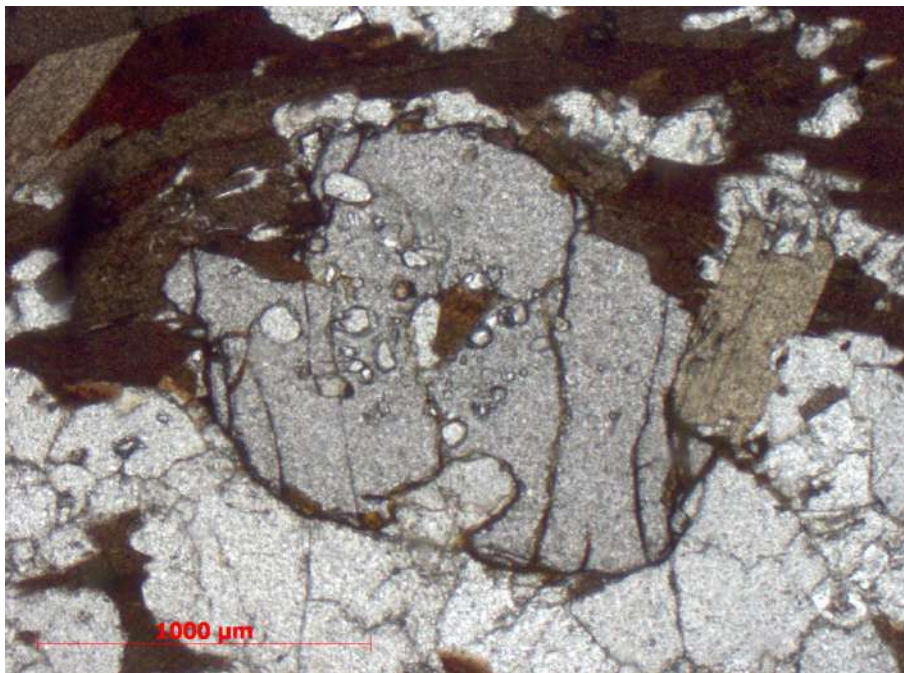


Figura 9. Granada com inclusões de quartzo e biotita no Biotita-Gnaisse Migmatítico da Unidade São Fidélis (N//, aumento de 2,5X).

Embora não tenha sido observado em lâmina, a presença de sillimanita pode ser constatada em estudo macroscópico. Com base na paragênese metamórfica biotita+granada+sillimanita, pode-se inferir que pelo menos parte da seqüência de Biotita-Gnaisse Migmatítico presente na região sofreu metamorfismo sob condições de fácies anfibolito, onde a rocha foi exposta a temperaturas superiores a 500°C e pressões

médias de 4 kbar (Bucher & Frey, 2002). Entretanto, a delimitação mais precisa da distribuição espacial das fácies metamórficas só poderá ser obtida a partir de trabalhos mais detalhados.

A composição modal obtida em lâmina delgada desta rocha (RTG-66A) é apresentada na tabela 02.

Tabela 02. Composição modal observada na lâmina estudada do Biotita-Gnaiss Migmatítico.

Mineral	%
Plagioclásio	35,2
Quartzo	32
Biotita	27,6
Granada	5

6.2.2. BIOTITA-GNAISSE

6.2.2.1. ASPECTOS DE CAMPO

Esta unidade ocorre sob a forma de um corpo alongado na direção NE-SW na parte leste da área mapeada (Anexo I). Em campo ocorre em lajedos de até 10m de altura em encostas, em lajedos no leito de córregos (figura 10) ou em blocos angulosos espalhados pelas encostas dos morros. Tanto os blocos quanto os lajedos são capeados por camada de alteração de cor negra e aspecto irregular. O solo originado da decomposição desta unidade possui coloração cinzenta a avermelhada e composição quartzo-feldspática.

A rocha é leucocrática, de cor bege, e possui granulação média, com cristais com cerca de 2 mm, e foliação bem marcada pela forte orientação de agregados alongados de biotita com até 2 cm. É composta por quartzo, feldspato branco e biotita, além de eventualmente granada. O quartzo é translúcido, anédrico, com cerca de 1,5 mm e ocorre em agregados alongados paralelamente ao plano de foliação. O feldspato possui cor branca, faces anédricas a subédricas, tamanho médio de 3 mm e ocorre em agregados com forma irregular. A biotita é subédrica, com cerca de 0,5 mm, e está disposta em planos bem marcados na rocha, ocorrendo principalmente em agregados monominerálicos. A granada é arredondada, de cor rosa, com cerca de 2 mm e ocorre em cristais individuais.

Cortando estas rochas, são encontrados veios pegmatíticos homogêneos de espessura centimétrica, compostos por quartzo, feldspato potássico e biotita (figura 10). O contato entre os veios e a encaixante se dá de modo brusco.



Figura 10. Veios pegmatíticos cortando o Biotita-Gnaiss da Unidade São Fidélis em piso de cachoeira.

6.2.2.2. PETROGRAFIA

A rocha é um gnaiss leucocrático, com índice de cor em torno de 13%, com forte orientação das paletas de biotita e apresenta texturas granoblástica, onde os cristais possuem cerca de 2 mm, e localmente porfiroblástica, com porfiroblastos de plagioclásio e, mais raramente, de microclina, ambos com cerca de 5 mm. É composta por quartzo, plagioclásio, microclina, biotita e granada. Os minerais secundários presentes são clorita, minerais opacos, muscovita e sericita.

O quartzo é anédrico, variando de 1 a 2,4 mm, muitas vezes com forma amebóide e ocorre principalmente nos interstícios entre os demais cristais. Neste foram observadas inclusões de biotita. Apresenta contatos retilíneos com microclina e biotita e contatos irregulares com o plagioclásio.

A microclina é anédrica, com tamanho entre 0,5 e 1,5 mm, raramente em cristais subédricos com até 5 mm. Os cristais menores, que perfazem a maior parte do conteúdo de microclina da rocha, ocorrem principalmente em aglomerados com formas e

tamanhos variados, porém raramente incluindo quartzo ou plagioclásio. As variedades porfiroblásticas são raras e ocorrem individualmente. Os contatos com biotita e quartzo são retilíneos, enquanto as bordas em contato com plagioclásio são irregulares e, próximo a esses limites, ocorrem mirmequitas (figura 11).

O plagioclásio é encontrado em duas modas: uma com tamanho variando de 0,4 a 2 mm, anédricos a subédricos, raramente euédricos, e outra com cerca de 5 mm, anédricos e freqüentemente zonados. Ambos possuem ocorrência individual e inclusões de biotita. Os contatos com quartzo, biotita e microclina são irregulares, e no caso dos últimos, muitas vezes com exsoluções mirmequíticas dentro dos plagioclásios. Nos cristais maiores ocorre preenchimento de fraturas por sericita, enquanto que, nos menores, a sericita ocupa os contatos com outros grãos de plagioclásio e altera suas bordas.

A biotita é subédrica, varia de 0,5 a 1,5 mm, possui hábito micáceo e ocorre em agregados monominerálicos, alongados e orientados paralelamente entre si. Apresenta-se alterada para clorita e muscovita.

A granada é anédrica, com cerca de 2 mm e hábito granular. Ocorre em cristais individuais, sem registro de inclusões (figura 12). Os contatos com quartzo, plagioclásio, microclina e biotita são retilíneos a levemente irregulares.

A clorita é anédrica e ocorre alterando parcial ou totalmente grãos de biotita. Os minerais opacos são anédricos, granulares, inferiores a 0,1 mm e ocorrem juntamente com clorita. A muscovita é encontrada em cristais anédricos a subédricos, resultantes da alteração parcial de biotita. Por último, a sericita é encontrada em cristais anédricos, submilimétricos, associados a alteração do plagioclásio ou se depositando em fraturas e bordas do mesmo.

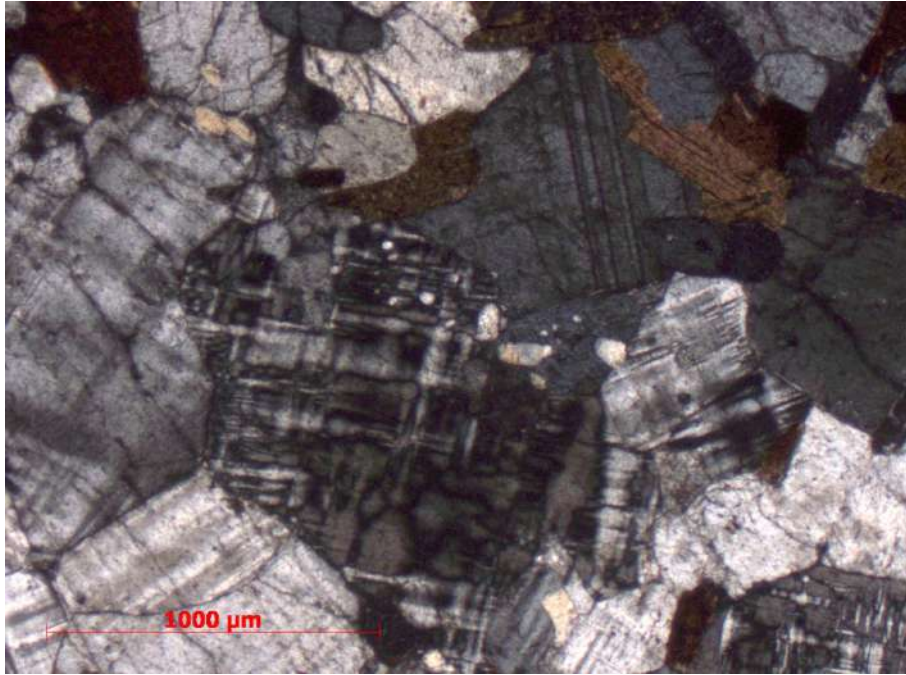


Figura 11. Microclina com mirmequita em contato com plagioclásio no Biotita-Gnaissse da Unidade São Fidélis (NX, aumento de 2,5X).

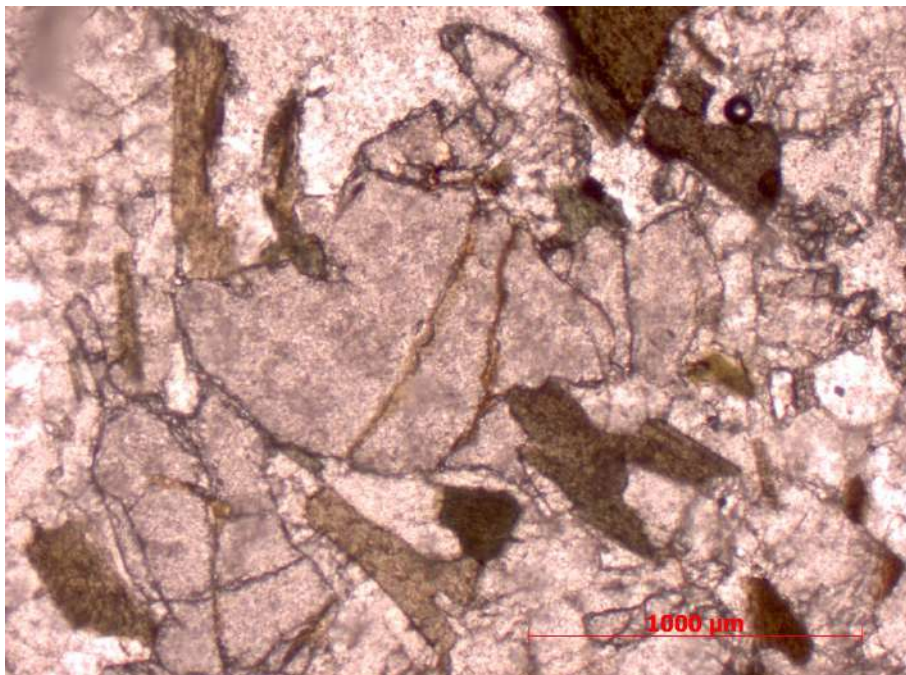


Figura 12. Granada anédrica e sem inclusões no Biotita-Gnaissse da Unidade São Fidélis (N//, aumento de 2,5X).

Com base na descrição acima, a paragênese metamórfica para a amostra estudada de Biotita-Gnaissse é apresentada na tabela 03. A composição modal obtida para uma lâmina desta unidade (RTG 23A) está expressa na tabela 04.

Tabela 03. Paragênese metamórfica do Biotita-Gnaiss da Unidade São Fidélis.

Mineral	Cristalização Primária	Cristalização Secundária
Biotita	-----	
Granada	-----	
Plagioclásio	-----	
Microclina	-----	
Quartzo	-----	
Clorita		-----
Minerais Opacos		-----
Muscovita		-----
Sericita		-----

Tabela 04. Composição modal observada em lâmina descrita do Biotita-Gnaiss da Unidade São Fidélis.

Mineral	%
Plagioclásio	45,2
Microclina	22,3
Quartzo	16,6
Biotita	13,1
Granada	<1
Sericita	1,7
Muscovita	0,7
Clorita	<1

6.3. SUÍTE DESENGANO

6.3.1. ASPECTOS DE CAMPO

Na borda nordeste da área mapeada ocorrem raros afloramentos pouco alterados e blocos angulosos no morro ao lado da estrada de um granitóide de cor cinza claro, leucocrático, de granulação média a grossa e textura equigranular. Ele possui foliação marcada pela orientação incipiente de paletas de biotita.

A rocha é composta por quartzo, plagioclásio, biotita, granada e pouca muscovita. O quartzo é granular, anédrico e fumê, variando de 2 a 6 mm. O plagioclásio é subédrico, com cerca de 4 mm, possui cor branca, hábito quadrático e geminação polissintética. A biotita ocorre em agregados de paletas subédricas, com cerca de 1,5 mm, comumente orientados pelo eixo maior dos cristais, formando uma fraca foliação. A granada é euédrica, granular, com cerca de 3,5 mm e de cor vermelho-vinho. A muscovita é rara, ocorrendo em paletas isoladas, subédricas a euédricas.

6.3.2. PETROGRAFIA

Em lâmina delgada, a rocha é leucocrática, com índice de cor de 16%. Apresenta textura holocristalina equigranular média, com cristais com cerca de 2 mm (figura 13), e orientação das paletas de biotita. Sua mineralogia essencial é composta por quartzo, plagioclásio, biotita, granada e microclina. Os minerais acessórios são apatita e zircão e os secundários são biotita, muscovita, plagioclásio, quartzo e sericita.

O quartzo é anédrico, raramente subédrico, com hábito granular e tamanho variando de 1 a 6 mm. Possui inclusões de biotita, microclina e plagioclásio. As bordas de contato com plagioclásio e outros cristais de quartzo são bem irregulares, enquanto o contato com biotita é retilíneo.

O plagioclásio ocorre em duas modas: uma composta por cristais anédricos, quadráticos e variando de 4 a 5 mm, e outra caracterizada por cristais anédricos a subédricos, com hábito quadrático e variando de 0,8 a 2 mm. Os cristais maiores ocorrem individualmente, enquanto os menores são observados em aglomerados com formas irregulares. Comumente é observado com zonamento composicional (figura 14) e exsoluções anti-perfíticas e mirmequíticas (figura 15). O plagioclásio ocorre nos tipos oligoclásio e andesina (An_{27} a An_{31}). Apresenta contatos retilíneos com outros cristais de plagioclásio e irregulares com cristais de quartzo. São observadas inclusões de microclina, biotita e zircão. Alteração parcial para sericita e/ou muscovita ocorre em focos concentrados principalmente na parte externa dos cristais, raramente no núcleo.

A biotita ocorre em cristais subédricos a euédricos, com hábito micáceo e variando de 0,2 a 2 mm. Está disposta em agregados alongados, raramente em paletas individuais e apresenta inclusões de apatita e zircão. Em alguns casos pode estar totalmente alterada para muscovita.

A granada é anédrica (figura 16), com cerca de 2,5 mm e hábito granular. Pontualmente encontra-se parcialmente solubilizada, com bordas bem irregulares, assumindo aspecto amebóide. O interior da zona amebóide, quando próximo a paletas de biotita, é preenchido por cristais euédricos e de tamanho consideravelmente menor (cerca de 0,2 mm) de plagioclásio, biotita, e quartzo. A biotita provém das paletas adjacentes, enquanto o plagioclásio e o quartzo são recristalizados (figura 17).

A microclina é encontrada em cristais euédricos a subédricos, com cerca de 1,5 mm e hábito prismático alongado. Possui inclusões de biotita. Seus contatos com

cristais de plagioclásio são preenchidos por finas camadas contendo biotita, muscovita e/ou sericita.

A apatita é encontrada em cristais euédricos, granulares, com cerca de 0,2 mm, inclusos em biotita. O zircão ocorre em cristais euédricos, granulares, com cerca de 0,1 mm e inclusos em plagioclásio e biotita.

Quanto à mineralogia secundária, a biotita é anédrica, menor que 0,1mm e ocorre preenchendo fraturas em granadas e contatos entre microclina e plagioclásio. A muscovita ocorre tanto individualmente quanto junto à aglomerados biotíticos, em cristais anédricos e com cerca de 0,2 mm. A sericita ocorre em cristais anédricos, inferiores a 0,1 mm, alterando parcialmente plagioclásio, preenchendo fraturas na granada e contatos entre plagioclásio e microclina.



Figura 13. Textura equigranular média no granitóide da Suíte Desengano (NX, aumento de 2,5X).

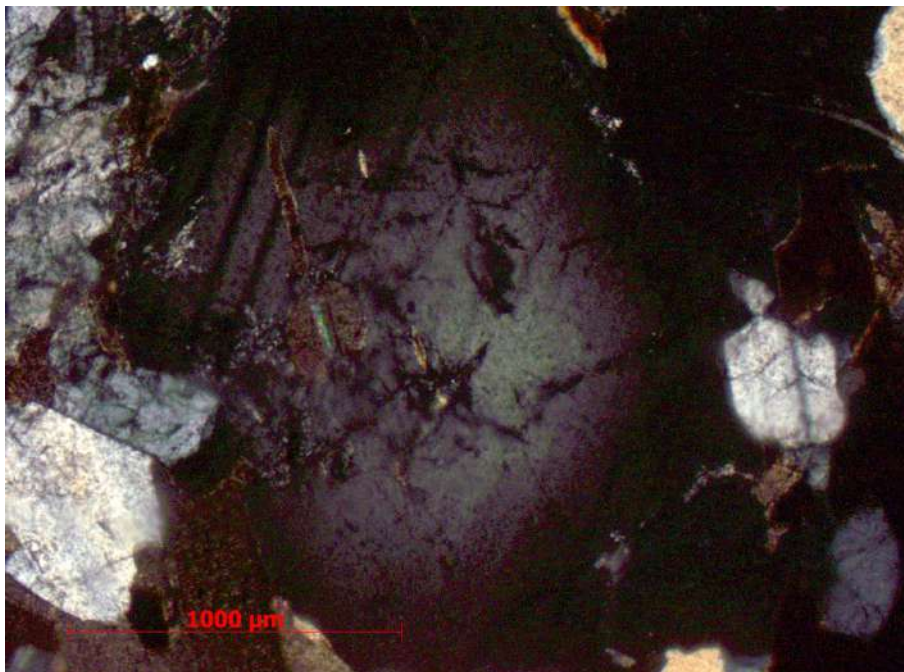


Figura 14. Plagioclásio zonado com inclusão de biotita parcialmente alterada para muscovita da Suíte Desengano (NX, aumento de 2,5X).

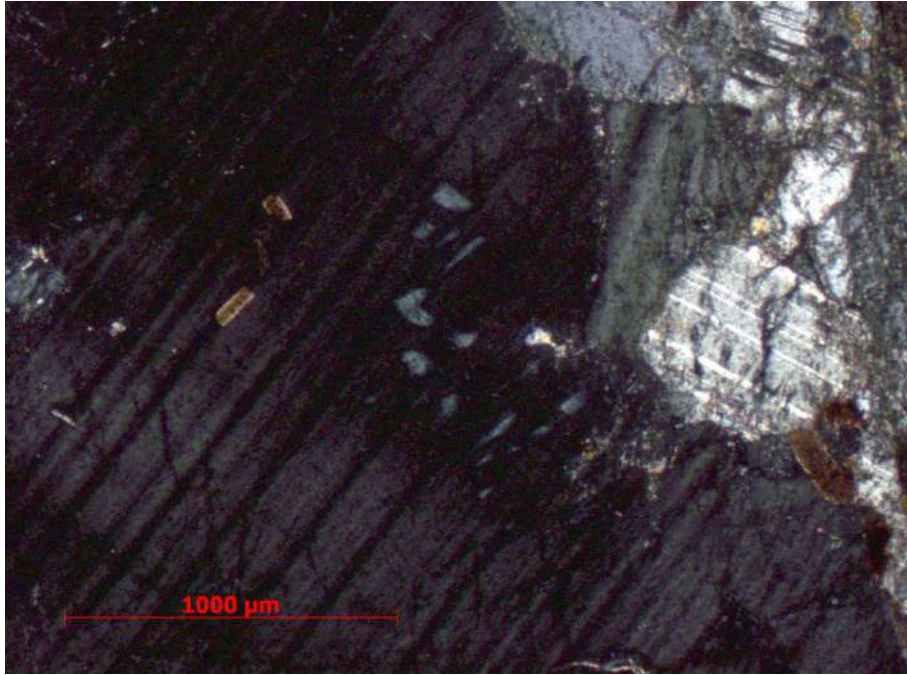


Figura 15. Mirmequita em plagioclásio próximo ao contato com microclina, em granitóide da Suíte Desengano (NX, aumento de 2,5X).

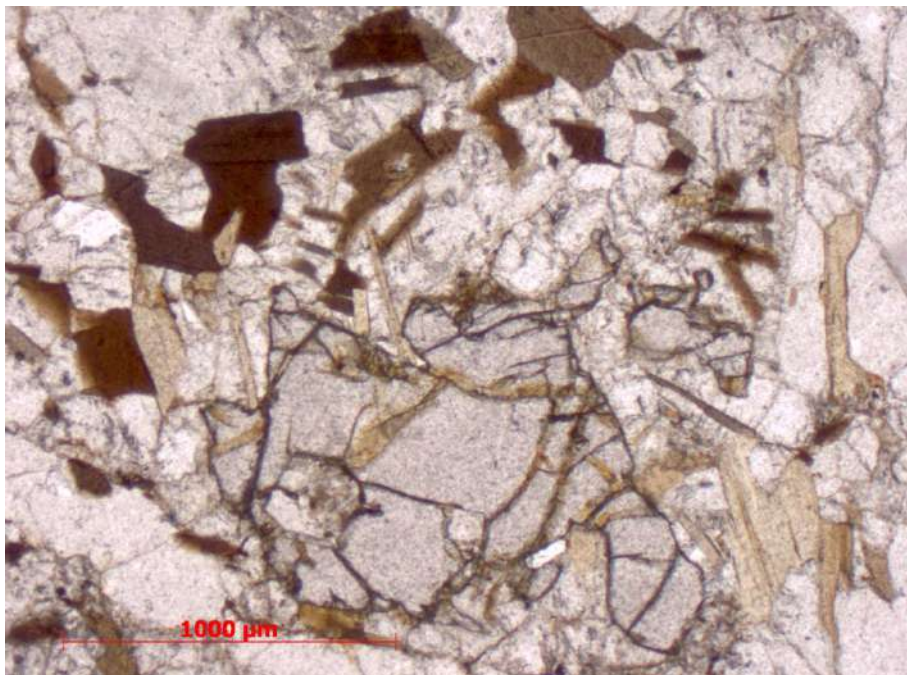


Figura 16. Granada anédrica em granitóide da Suíte Desengano (N//, aumento de 2,5X).

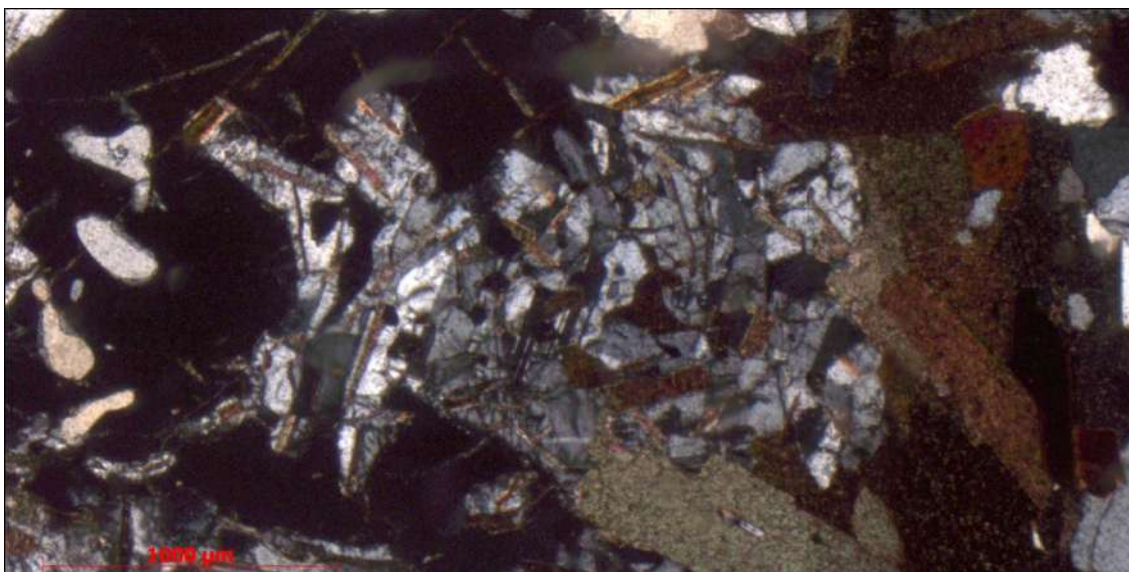


Figura 17. Recristalização de plagioclásio e quartzo entre paletas de biotitas e granada parcialmente solubilizada em granitóide da Suíte Desengano (NX, aumento de 2,5X).

De acordo com as relações entre os minerais componentes da rocha, a ordem de cristalização para a Suíte Desengano encontra-se na tabela 05. A composição modal obtida para uma amostra da Suíte Desengano (ESN 10A), está contida na tabela 06.

Tabela 05. Ordem de cristalização para uma amostra da Suíte Desengano.

Mineral	Cristalização Primária	Cristalização Secundária
Zircão	-----	
Apatita	-----	
Granada	-----	
Biotita (1)	-----	
Plagioclásio (2)	-----	
Microclina	-----	
Quartzo (1)	-----	
Plagioclásio (2)		-----
Quartzo (2)		-----
Biotita (2)		-----
Muscovita		-----
Sericita		-----

Tabela 06. Composição modal obtida para uma amostra da Suíte Desengano.

Mineral	%
Plagioclásio	40,5
Quartzo	35,2
Biotita	15,5
Microclina	5
Granada	0,6
Apatita	0,2
Zircão	<0,1
Muscovita	0,2
Sericita	2,6

Com base na mineralogia e composição modal observada, conclui-se que a amostra analisada da Suíte Desengano apresenta composição granodiorítica a tonalítica, como pode ser observado na figura 18.

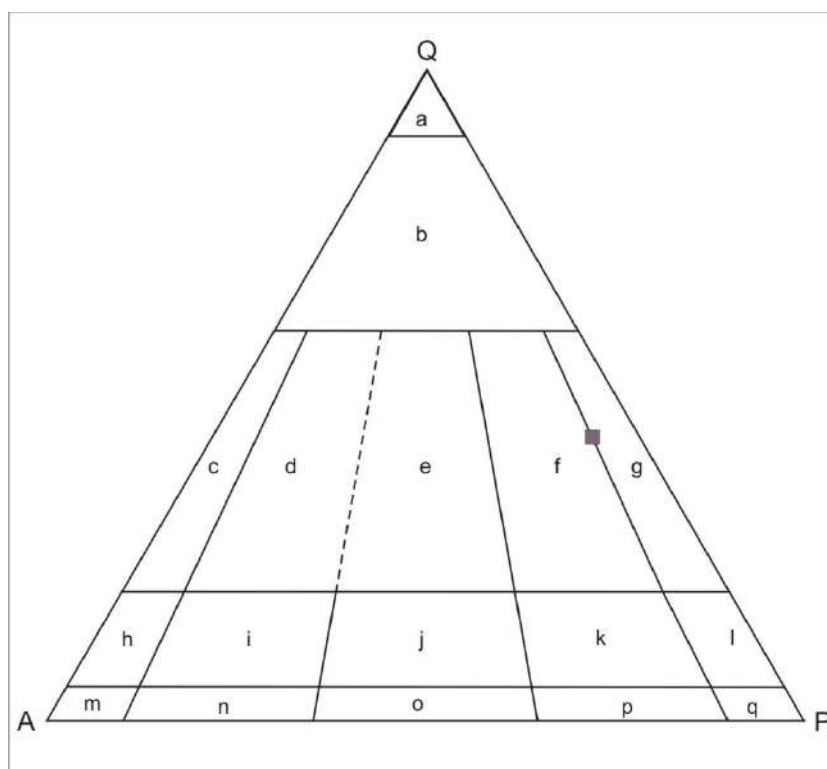


Figura 18. Diagrama QAP, indicando composição granodiorítica a tonalítica para a uma amostra da Suíte Desengano. **Legenda:** a. Quartzolito (silexito), b. granitóides ricos em quartzo, c. álcali-feldspato granito, d. sienogranito, e. monzogranito, f. granodiorito, g. tonalito, h. quartzo álcali-feldspato granito, i. quartzo-sienito, j. quartzo-monzonito, k. quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, l. quartzo-diorito/quartzo-gabro/quartzo-anortosito, m. álcali-feldspato sienito, n. sienito, o. monzonito, p. monzodiorito/monzogabro, q. diorito/gabro/anortosito.

6.4. GRANITO SANA

Na presente área de estudo o Granito Sana pode ser dividido em duas fácies distintas: fácies equigranular e fácies porfirítica. Esta subdivisão se dá de acordo com a posição das fácies em campo e com o aspecto textural, observado em escala megascópica e microscópica. A fácies equigranular ocupa aproximadamente 12 km² no mapa, tendo seus contatos com o Biotita Gnaiss Migmatítico e com o Biotita-Gnaiss da Unidade São Fidélis na parte central do mapa (Anexo I). Já a fácies porfirítica se limita a uma intrusão circular de aproximadamente 1,5 km² encaixada na Unidade São Fidélis (Anexo I). Além disso, na parte leste da área ocorre um corpo máfico de forma arredondada associado à fácies equigranular do Granito Sana, que será melhor descrito posteriormente.

6.4.1. FÁCIES EQUIGRANULAR

6.4.1.1. ASPECTOS DE CAMPO

Em campo, esta rocha ocorre em lajedos lisos no topo de morros, geralmente nas partes de maior declive, ou na forma de blocos arredondados, que podem ser encontrados em encostas, drenagens (figura 19) ou em níveis topográficos mais baixos. Os blocos são arredondados a angulosos e possuem superfície de alteração negra, com aspecto liso. Localmente são observados com cavidades circulares e centimétricas, que possivelmente representam cavidades miarolíticas (figura 20). O solo originado a partir do intemperismo dessa rocha possui cor bege, sendo composto por argilominerais e areia quartzo-feldspática.



Figura 19. Blocos do Granito Sana fácies equigranular em drenagem.



Figura 20. Aspecto de lajedo do Granito Sana fácies equigranular com cavidades circulares, possivelmente associadas a cavidades miarolíticas.

O Granito Sana fácies equigranular é leucocrático, de cor cinza claro, com textura equigranular média, com cristais com cerca de 1,5 mm. Pontualmente apresenta textura seriada, com cristais de feldspato branco um pouco maiores, chegando a 4 mm. Embora seja predominantemente isotrópica, localizadamente é observada orientação incipiente do eixo maior dos grãos de feldspatos, indicando foliação de forma (*shape foliation*) originada por fluxo magmático. A composição da rocha em campo é dada por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e rara magnetita. O quartzo é subédrico a anédrico, fumê, comumente facetado e raramente amebóide e possui cerca de 1,5 mm. Os feldspatos são essencialmente de cor branca, variam de 1,5 a 3 mm e sua

identificação em campo foi possível pela observação de geminações do tipo *Carlsbad* ou *polissintética*, ou pela coloração rosada de cristais de feldspato potássico um pouco maiores. A biotita é subédrica, com cerca de 1 mm, e ocorre em paletas individuais disseminadas na rocha. Mais raramente são encontrados fenocristais centimétricos de feldspato potássico (figura 21) e enclaves centimétricos de rocha de granulação média composta por biotita, quartzo e feldspato branco (figura 22).



Figura 21. Fenocristal centimétrico de feldspato potássico no Granito Sana fácies equigranular.



Figura 22. Enclave máfico no Granito Sana fácies equigranular.

O contato entre porções equigranulares e seriadas pode ser dar ora de modo gradual, ora de forma nítida e abrupta (figura 23), porém são raros os locais onde se pode observar tal contato. O Granito Sana fácies equigranular é cortado por diques máficos alterados, com cerca de 1 m de espessura, e veios pegmatíticos chegando a 2 m de espessura (figura 24). Estes pegmatitos possuem granulação grossa a muito grossa, com cristais de até 10 cm, e são compostos por quartzo, feldspato potássico, biotita e muscovita.



Figura 23. Contato entre as fácies porfirítica e equigranular do Granito Sana.



Figura 24. Saprólito do Granito Sana fácies equigranular (G), cortado por dique máfico (D) e veios pegmatíticos (P).

6.4.1.2. PETROGRAFIA

Em lâmina delgada, a rocha é leucocrática, com índice de cor variando de 5 a 8%, e possui granulação média, com cristais com cerca de 2 mm. Pode apresentar dois tipos texturais: equigranular (figura 25) e inequigranular seriado (figura 26). Os tipos

equigranulares são compostos por minerais subédricos a anédricos. Já as rochas com textura inequigranular seriada são constituídas por minerais subédricos a euédricos, contendo duas modas de ocorrência de microclina.

Ambos os tipos texturais possuem estruturas maciça ou de fluxo magmático, evidenciado pela orientação preferencial do eixo maior de feldspato e biotita (figura 25), e são compostos essencialmente por quartzo, microclina, plagioclásio e biotita. A mineralogia acessória é constituída por allanita, apatita, minerais opacos, titanita e zircão e os produtos secundários encontrados são clorita, epidoto, muscovita e sericita.

O quartzo ocorre em cristais anédricos, de hábito granular, muitas vezes com formas amebóides, variando de 0,5 a 2,5 mm. Ocorre tanto em grãos isolados quanto em agregados com formas irregulares. Os contatos com biotita e outros cristais de quartzo são retilíneos, enquanto que com microclina e plagioclásio os contatos tendem a ser mais irregulares. Foram observadas inclusões de microclina, com cerca de 0,2 mm, e biotita com 0,1 mm. O quartzo ocorre como inclusões arredondadas de até 0,2 mm em cristais de microclina e plagioclásio, sugerindo a ocorrência de pelo menos uma geração de quartzo cristalizado precocemente na rocha.

A microclina pode ocorrer em duas modas, no caso de textura seriada, ou apenas uma, quando a rocha for equigranular. No primeiro caso, os cristais maiores são euédricos a subédricos, com cerca de 5 mm, hábito prismático alongado e contendo inclusões euédricas de apatita, biotita, minerais opacos, plagioclásio, quartzo e zircão. Este mineral ocorre freqüentemente na forma de micropertitas em filme (figura 27). Os cristais menores variam de 1 a 3 mm, são subédricos, raramente euédricos e possuem hábito prismático alongado. Neles são observadas inclusões de apatita, biotita, minerais opacos, plagioclásio e zircão e, raramente, ocorre na forma de micropertitas em filme. Os contatos com microclina e biotita são retilíneos, enquanto os contatos com plagioclásio são irregulares e, muitas vezes, marcados por fino zonamento na borda dos cristais de plagioclásio. Alterações pontuais para muscovita e sericita são encontradas principalmente nos cristais maiores.

O plagioclásio ocorre como cristais subédricos, raramente euédricos, possui tamanho entre 0,5 e 2,7 mm e hábito quadrático a prismático curto. Varia composicionalmente de An₂₇ a An₃₄, porém prevalecendo o tipo oligoclásio. Apresenta forte zonamento interno, além de inclusões de apatita, biotita, minerais opacos, quartzo e zircão. Os contatos com biotita e quartzo são retilíneos a levemente irregulares, enquanto que os contatos com microclina são irregulares, marcados por fino zonamento

do plagioclásio (figura 28) e/ou exsoluções mirmequíticas (figura 29). Estes cristais freqüentemente estão alterados parcialmente para sericita. Esta alteração se concentra preferencialmente no núcleo ou na parte interna dos cristais (figura 30), raramente nas bordas. Associado à sericita, ocorre raramente cristais de epidoto anédricos, submilimétricos.

A biotita é subédrica a anédrica, varia de 0,2 a 3,6 mm, apresenta hábito micáceo e ocorre em paletas individuais ou pequenos agregados, juntamente com allanita, minerais opacos e zircão. São parcialmente ou totalmente cloritizadas, tal como parcialmente alteradas para muscovita.

A allanita possui tamanho variando de 0,3 a 1,2 mm, em cristais subédricos e arredondados. Ocorrem comumente junto de biotita, tanto em inclusões quanto em contato lateral com as paletas. A apatita ocorre como cristais euédricos, variando de 0,1 a 0,4 mm, com forma arredondada, e hábito granular. São encontradas como inclusões em microclina e plagioclásio. Os minerais opacos são euédricos a subédricos, com cerca de 0,2 mm e hábitos granular e quadrático, inclusos em microclina, biotita e plagioclásio. A titanita é euédrica a subédrica, com cerca de 0,2 mm e possui ábito granular. O zircão é euédrico, com cerca de 0,1 mm, possui hábito granular e é encontrado incluso em microclina, plagioclásio e biotita.

Quanto à mineralogia secundária, a clorita é anédrica, com tamanho de 0,2 a 1,5 mm e ocorre alterando parcialmente cristais de biotita. O epidoto ocorre muito restritamente na rocha, em cristais anédricos, inferiores a 0,1 mm e associados a concentrações de sericita em plagioclásio. A muscovita é anédrica, variando de 0,2 a 0,5 mm e ocorre no interior de cristais de microclina, preenchendo fraturas em feldspato ou alterando parcialmente a biotita (figura 31), principalmente nas bordas das paletas. A sericita é anédrica, inferior a 0,1 mm e ocorre em agregados alterando microclina e, principalmente, plagioclásio.



Figura 25. Granito Sana com textura equigranular e orientação do eixo maior de cristais alongados, causada por fluxo magmático. A orientação está marcada pelas setas vermelhas (NX, aumento de 2,5X).

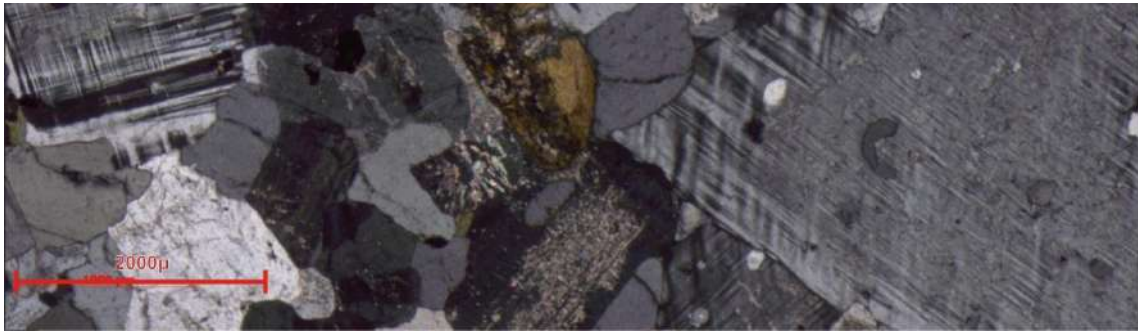


Figura 26. Granito Sana com textura seriada, evidenciada por cristal de microclina maior que os minerais adjacentes (NX, aumento de 2,5X).



Figura 27. Microclina com microperthita em filmes e inclusão de quartzo no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).



Figura 28. Zonamento na borda de plagioclásio no contato com microclina no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).

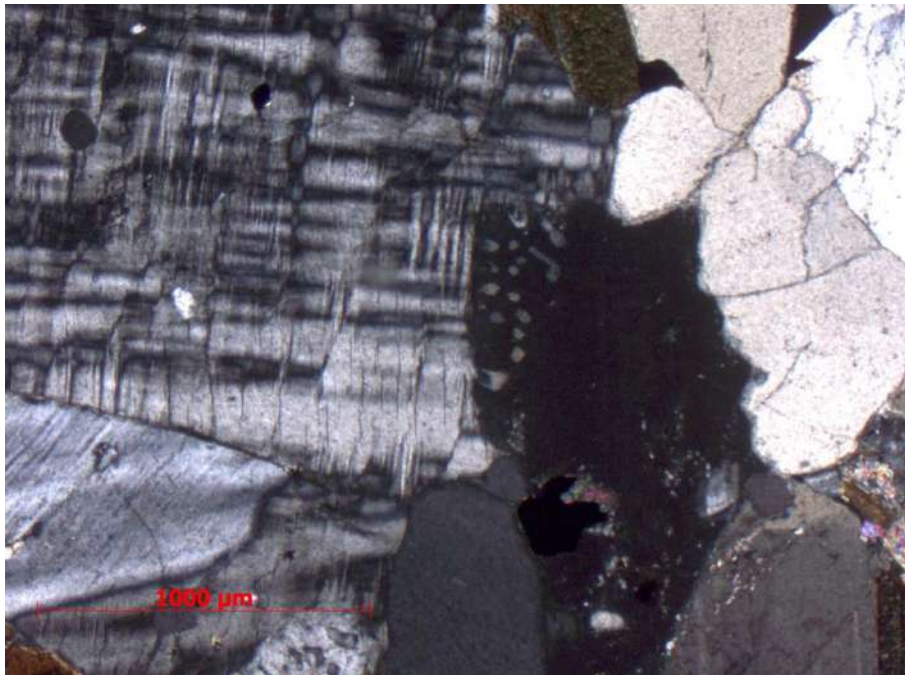


Figura 29. Mirmequitas no contato entre plagioclásio e microclina no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).

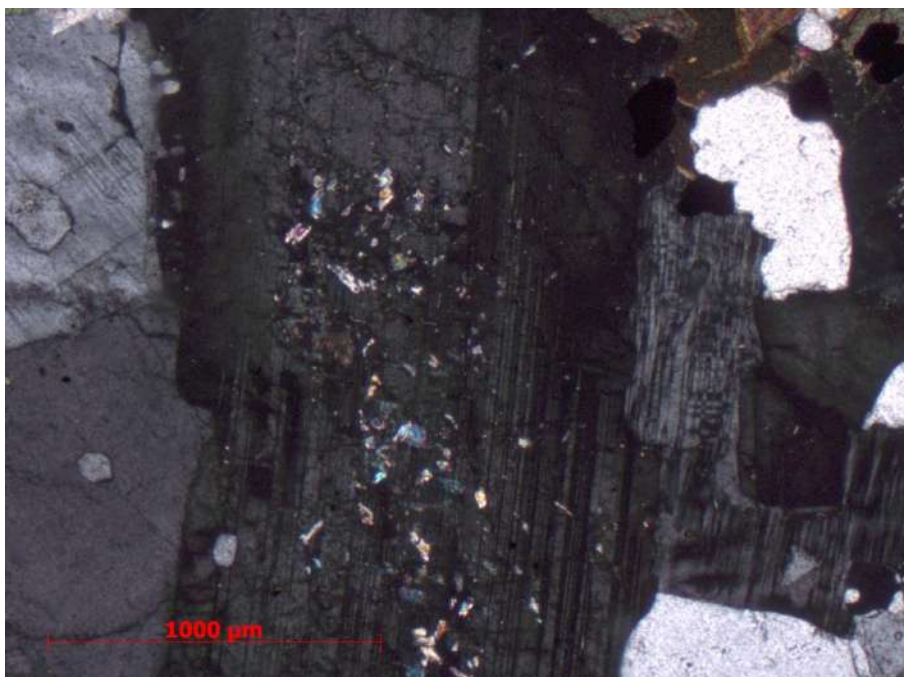


Figura 30. Alteração do núcleo de plagioclásio para muscovita no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).

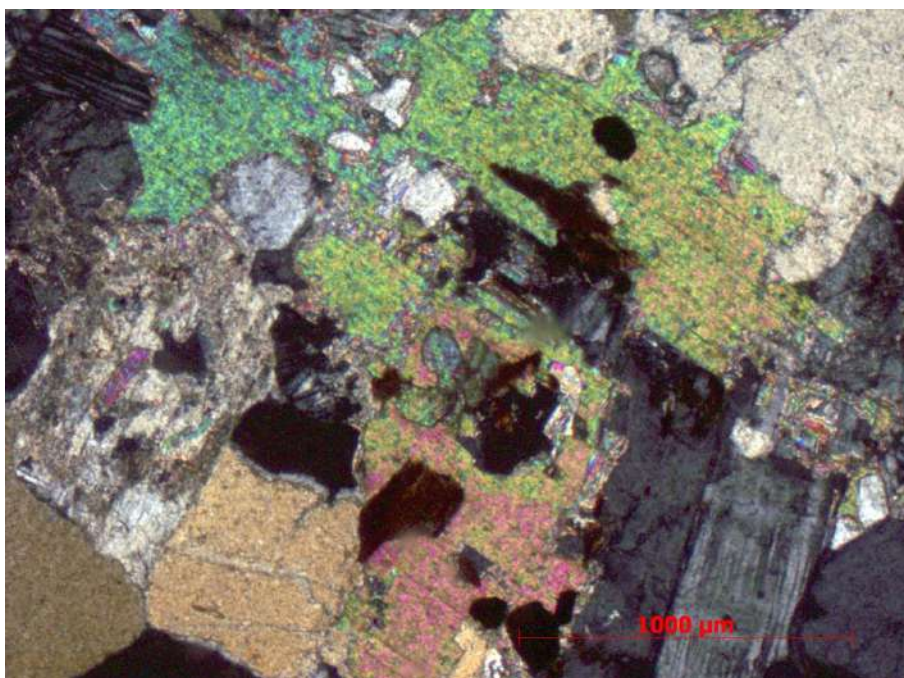


Figura 31. Concentração de muscovita de origem secundária junto a cristais de biotita no Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).

Com base nas relações entre cristais descritas acima, foi observada a seguinte ordem de cristalização para o Granito Sana fácies equigranular, contida na tabela 07. A composição modal obtida a partir das lâminas ESN 22A, RTG 31A e RTG 58A é expressa na tabela 08.

Tabela 07. Ordem de cristalização do Granito Sana fácies equigranular observada nas lâminas descritas.

Mineral	Cristalização Primária	Cristalização Secundária
Zircão	----	
Apatita	----	
Allanita	-----	
Minerais Opacos	----	
Biotita	-----	
Plagioclásio	-----	
Microclina	-----	
Quartzo	-----	
Clorita		-----
Epidoto		-----
Muscovita		-----
Sericita		-----

Tabela 08. Composição modal Obtida para as amostras de Granito Sana fácies equigranular.

Mineral	ESN22A	RTG31A	RTG58A
Microclina	40	37	45,3
Quartzo	31,1	31,6	27,2
Plagioclásio	18,3	20,6	20,3
Biotita	7,3	7,8	3,2
Allanita	1,5	<0,1	<0,1
Minerais Opacos	0,6	<0,1	<0,1
Apatita	0,3	0,1	0,3
Titanita	<0,1	0,5	<0,1
Zircão	0,3	<0,1	<0,1
Muscovita	0,3	1,8	1,3
Clorita	<0,1	<0,1	1,7
Sericita	0,2	0,3	0,1
Epidoto	<0,1	<0,1	0,1

Com base na composição mineralógica e modal, e utilizando o diagrama QAP (figura 32), se observa que as amostras descritas do Granito Sana fácies equigranular apresentam composição sienogranítica a monzogranítica.

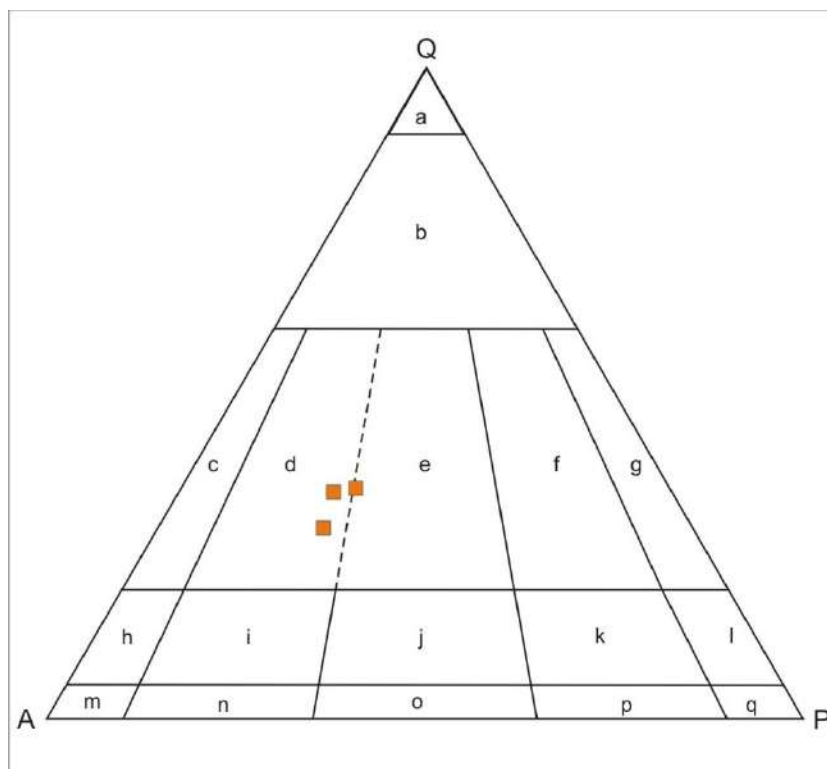


Figura 32. Diagrama QAP indicando composição sienogranítica e monzogranítica para as amostras estudadas do Granito Sana fácies equigranular. **Legenda:** a. Quartzolito (silexito), b. granitóides ricos em quartzo, c. álcali-feldspato granito, d. sienogranito, e. monzogranito, f. granodiorito, g. tonalito, h. quartzo álcali-feldspato granito, i. quartzo-sienito, j. quartzo-monzonito, k. quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, l. quartzo-diorito/quartzo-gabro/quartzo-anortosito, m. álcali-feldspato sienito, n. sienito, o. monzonito, p. monzodiorito/monzogabro, q. diorito/gabro/anortosito.

6.4.2. FÁCIES PORFIRÍTICA

6.4.2.1. ASPECTOS DE CAMPO

Em campo, esta unidade foi caracterizada principalmente pela ocorrência de blocos nas encostas dos morros, com raros afloramentos *in situ*. Os blocos são arredondados, revestidos por capa de alteração de cor negra e possuem aspecto rugoso e irregular, dado pela presença de fenocristais. Os raros afloramentos encontrados mostram contato intrusivo com o Biotita-Gnaisse Migmatítico encaixante. O solo originado desta rocha possui cor bege a levemente avermelhada e contém material quartzo-feldspático.

A rocha é leucocrática, de cor cinza claro, com granulação média e textura porfirítica, marcada por fenocristais de feldspato de até 1 cm e matriz com cerca de 2,5 mm. Os fenocristais são euédricos, de cor rosa a branca e fortemente orientados, indicando foliação de forma (*shape foliation*) originada por fluxo magmático. A matriz

é composta por quartzo, plagioclásio e biotita. O quartzo é anédrico, translúcido, raramente fumê, com cerca de 1,5 mm e ocorre em grãos individuais bem delimitados. O plagioclásio é subédrico a anédrico, com tamanho médio de 3 mm e possui hábito quadrático. A biotita é subédrica, variando de 1 a 3,5 mm, com hábito micáceo e ocorre em paletas individuais disseminadas na rocha.

Esta rocha é encontrada cortando o Biotita-Gnaiss Migmatítico em contato brusco e apresenta xenólitos angulosos, estirados ou não, de biotita-gnaiss migmatítico (figura 33). Em alguns casos, nas proximidades com os xenólitos ocorre uma pequena variação granulométrica e composicional do granitóide (figura 34), que assume granulação mais grossa e índice de cor mais elevado, associado ao pequeno aumento na quantidade de biotita.

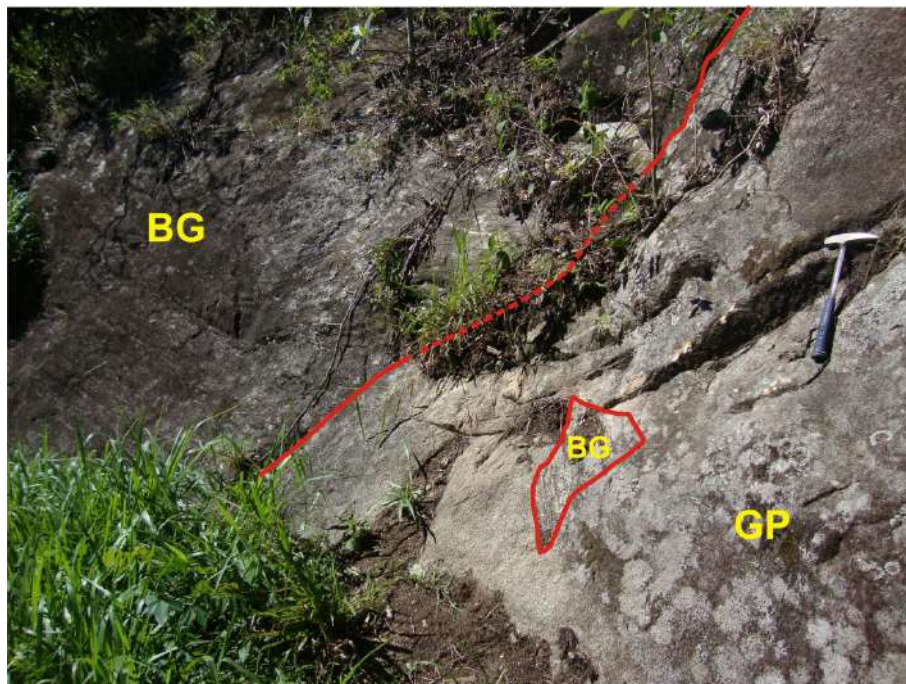


Figura 33. Granito Sana fácies porfirítica (GP) em contato intrusivo com o Biotita-Gnaiss Migmatítico da Unidade São Fidélis (BG), contendo xenólito do mesmo.



Figura 34. Variação composicional do Granito Sana fácies porfirítica nas proximidades do xenólito de Biotita-Gnaiss Migmatítico.

6.4.2.2. PETROGRAFIA

Em lâmina delgada a rocha é leucocrática, com índice de cor de 7%, possui granulação média e cristais predominantemente subédricos. Apresenta textura holocristalina porfirítica, com fenocristais de microclina variando de 6 a 8,5 mm, e matriz com cerca de 3 mm (figura 35). Localmente é observada textura rapakivi em microclina da matriz. A rocha possui foliação de forma (*shape foliation*) gerada por fluxo magmático e evidenciada pela orientação do eixo maior de fenocristais de microclina. Sua mineralogia essencial contém quartzo, microclina, plagioclásio e biotita. Os minerais acessórios encontrados são allanita, apatita, minerais opacos, titanita e zircão, enquanto os minerais secundários são calcita, clorita, epidoto, muscovita e/ou sericita.

O quartzo é subédrico a anédrico, variando de 1 a 3,8 mm, e possui hábito granular. Sua ocorrência é predominantemente intersticial. Seus contatos com cristais de plagioclásio são irregulares, enquanto que com a microclina são mais retilíneos. Possui

inclusões de allanita e zircão e pode ser encontrado como inclusões arredondadas, não ultrapassando 0,2 mm em microclina.

A microclina é encontrada tanto como fenocristais quanto na matriz da rocha. Os fenocristais são euédricos, variando de 6 a 8,5 mm e com hábito prismático alongado. Frequentemente apresentam inclusões de apatita, biotita, plagioclásio, quartzo (figura 36) e titanita, além de micropertitas em forma de veios (figura 37). Os contatos dos fenocristais com o quartzo são retilíneos a levemente irregulares; com a microclina da matriz é irregular, contendo pouca recristalização de microclina; e com plagioclásio é irregular. Já os cristais da matriz são subédricos a anédricos, com hábito prismático curto, essencialmente intersticiais e variando de 1 a 3 mm. Estes possuem inclusões de biotita, plagioclásio e quartzo, além de raras vezes estarem manteados por plagioclásio, o que constitui a textura rapakivi (figura 38).

O plagioclásio ocorre em cristais anédricos a subédricos, levemente zonados, com hábito quadrático e tamanho variando de 0,4 a 1,75 mm. Estes cristais possuem composição variando de oligoclásio a andesina, e apresentam inclusões de apatita, biotita, minerais opacos, titanita e zircão. Os contatos com microclina são marcados por fino zonamento na borda dos plagioclásios, podendo ser acompanhado de exsoluções mirmequíticas dentro do plagioclásio (figura 39). Concentrações de sericita, localizadamente contendo epidoto, são frequentemente encontradas alterando o plagioclásio, principalmente no interior e núcleo dos cristais (figura 40), raramente nas bordas.

A biotita é subédrica, raramente euédrica, varia de 0,5 a 1,5 mm e possui hábito micáceo. Ocorrem tanto em paletas individuais quanto em agregados, com formato irregular e contendo allanita, minerais opacos e titanita, tanto em contato lateral quanto em inclusões. Podem ocorrer parcialmente alteradas para clorita e muscovita e conter calcita anédrica secundária em suas bordas.

A apatita é euédrica com hábito granular, arredondada e possui cerca de 0,2 mm. É encontrada como inclusão em microclina e plagioclásio. Os cristais de allanita são euédricos, raramente subédricos, com hábito granular, variando de 0,15 a 0,4 mm e ocorrem como inclusões em quartzo, microclina e biotita. Os minerais opacos são euédricos, retangulares, e possuem cerca de 0,3 mm e são encontrados inclusos em biotita e plagioclásio. A titanita é euédrica, raramente subédrica, com hábito granular e formato losangular. Varia de 0,15 a 0,7 mm e ocorre em agregados com biotita ou

inclusos em microclina e biotita. O zircão ocorre como cristais euédricos, com até 0,3 mm e é encontrado como inclusão em plagioclásio e quartzo (figura 41).

Quanto aos minerais secundários, a calcita ocorre em contato com biotita levemente cloritizada, preenchendo fraturas em feldspato e junto de sericita e muscovita em plagioclásio. A clorita altera parcialmente lamelas de biotita, principalmente nas bordas. O epidoto é anédrico, submilimétrico e ocorre junto de sericita em plagioclásio. A muscovita ocorre como alteração parcial de biotita e dentro de microclina e plagioclásio.



Figura 35. Textura do Granito Sana fácies porfírica, evidenciada pela presença de fenocristais de microclina de granulação grossa imersos em matriz de granulação média (NX, aumento de 2,5X).

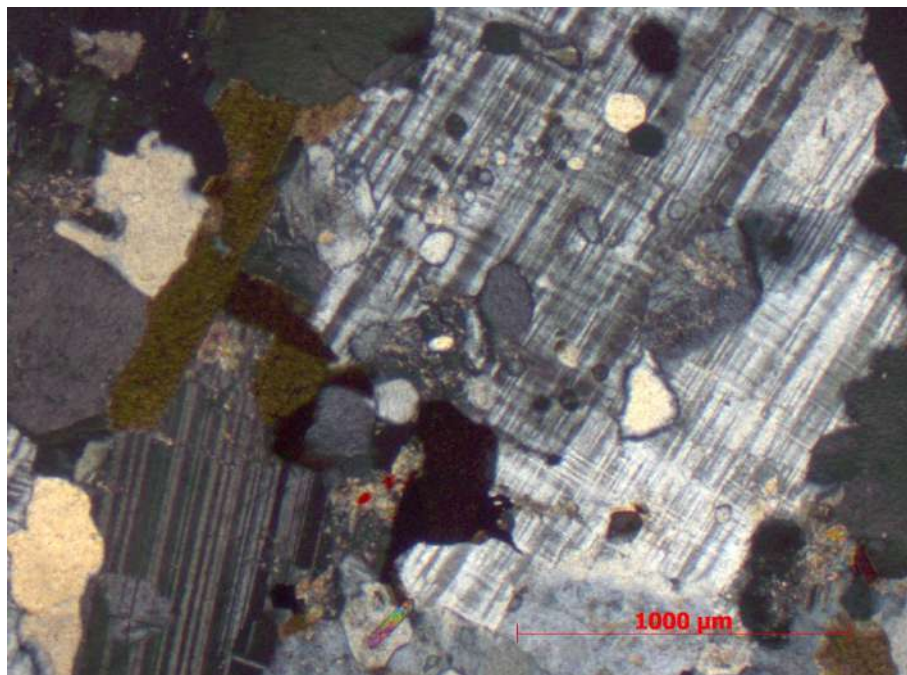


Figura 36. Inclusões de quartzo em microclina em Granito Sana fácies porfírica (NX, aumento de 2,5X).

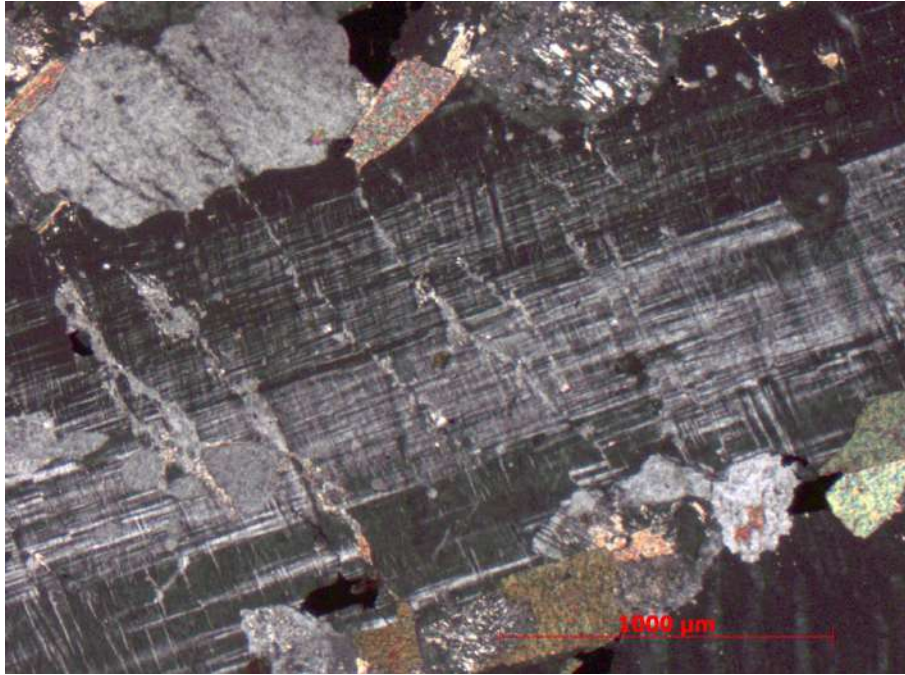


Figura 37. Microperthitas em veio em fenocrystal de microclina no Granito Sana fácies porfirítica (NX, aumento de 2,5X).

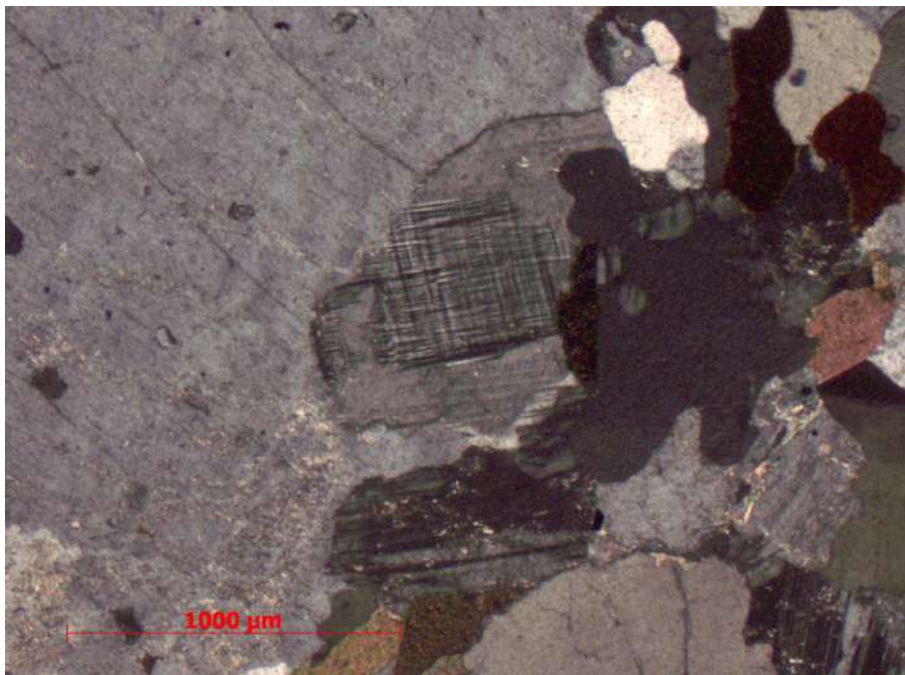


Figura 38. Textura rapakivi no Granito Sana fácies porfirítica, com microclina capeada por plagioclásio (NX, aumento de 2,5X).

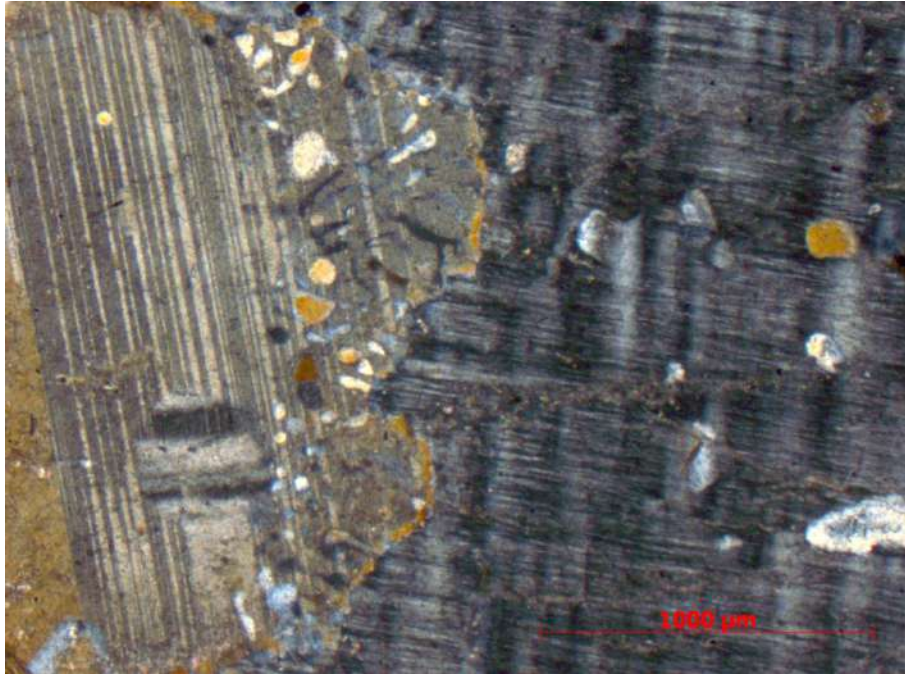


Figura 39. Contato entre plagioclásio e microclina no Granito Sana fácies porfírica com zonamento de borda e mirmequitas no plagioclásio (NX, aumento de 2,5X).

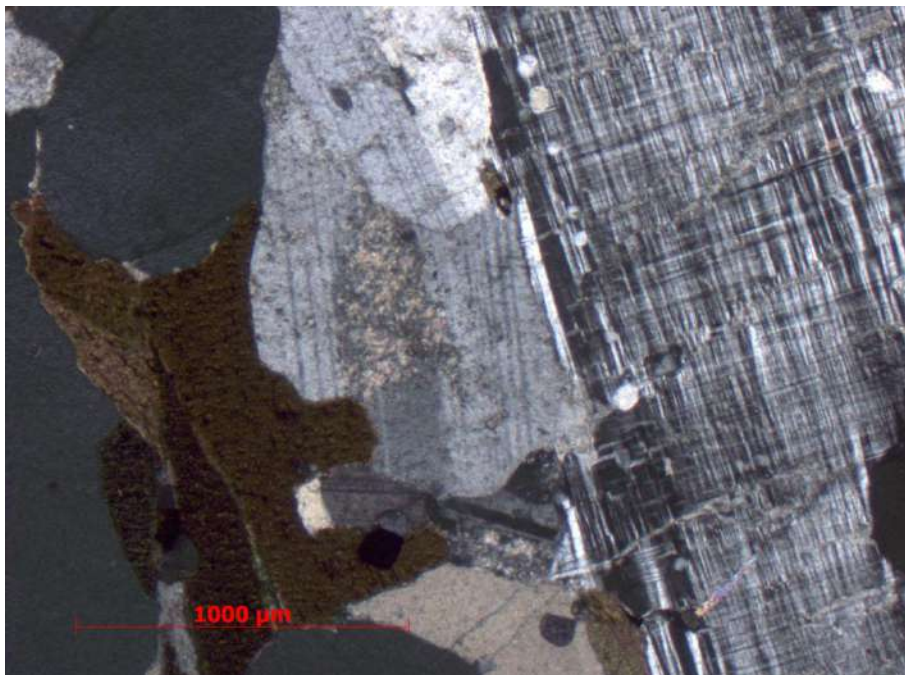


Figura 40. Alteração do núcleo de plagioclásio para sericita no Granito Sana fácies porfírica (NX, aumento de 2,5X).

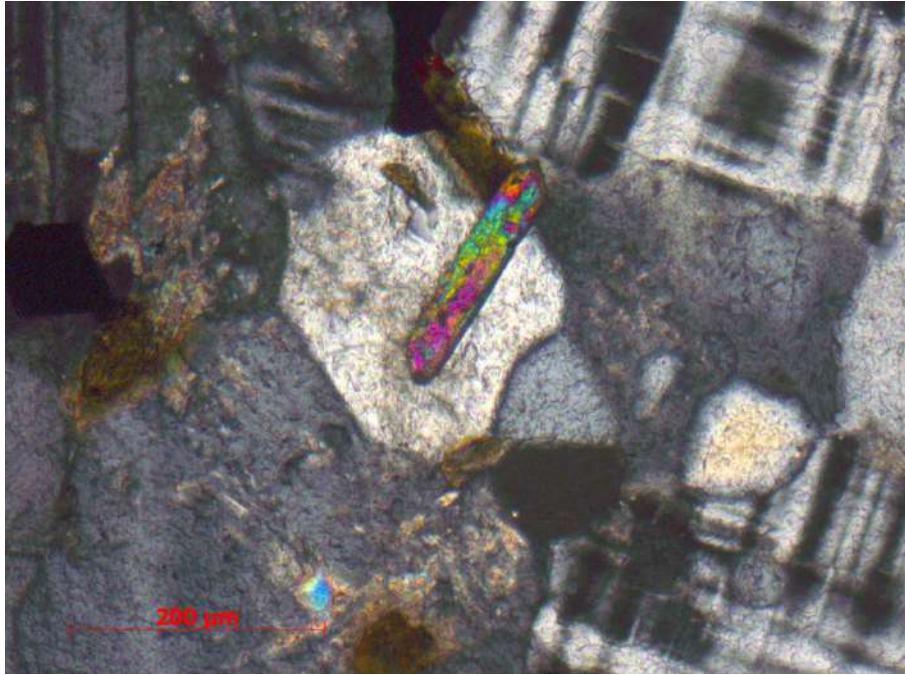


Figura 41. Zircão euédrico parcialmente incluído em quartzo no Granito Sana fácies porfírica (NX, aumento de 2,5X).

De acordo com as relações de inclusão e os contatos entre os minerais, obteve-se a ordem de cristalização para o Granito Sana fácies porfírica, contida na tabela 9. A composição modal obtida para a lâmina estudada desta unidade (RTG 71A) é expressa na tabela 10.

Tabela 9. Ordem de cristalização do Granito Sana fácies porfírica.

Mineral	Cristalização Primária	Cristalização Secundária
Zircão	----	
Apatita	----	
Titanita	----	
Allanita	-----	
Minerais Opacos	----	
Biotita	-----	
Plagioclásio	-----	
Microclina	-----	
Quartzo	-----	
Calcita		-----
Clorita		-----
Epidoto		-----
Muscovita		-----
Sericita		-----

Tabela 10. Composição modal de uma amostra do Granito Sana fácies porfirítica.

Mineral	%
Microclina	34
Quartzo	33,7
Plagioclásio	18,5
Biotita	11,1
Titanita	1
Minerais Opacos	0,2
Apatita	0,1
Allanita	0,1
Zircão	<0,1
Calcita	<0,1
Clorita	<0,1
Epidoto	<0,1
Muscovita	<0,1
Sericita	0,3

Com base na composição mineralógica e modal da rocha, e utilizando o diagrama QAP, se observa que a lâmina analisada do Granito Sana fácies porfirítica, na área estudada, possui composição monzogranítica (figura 42).

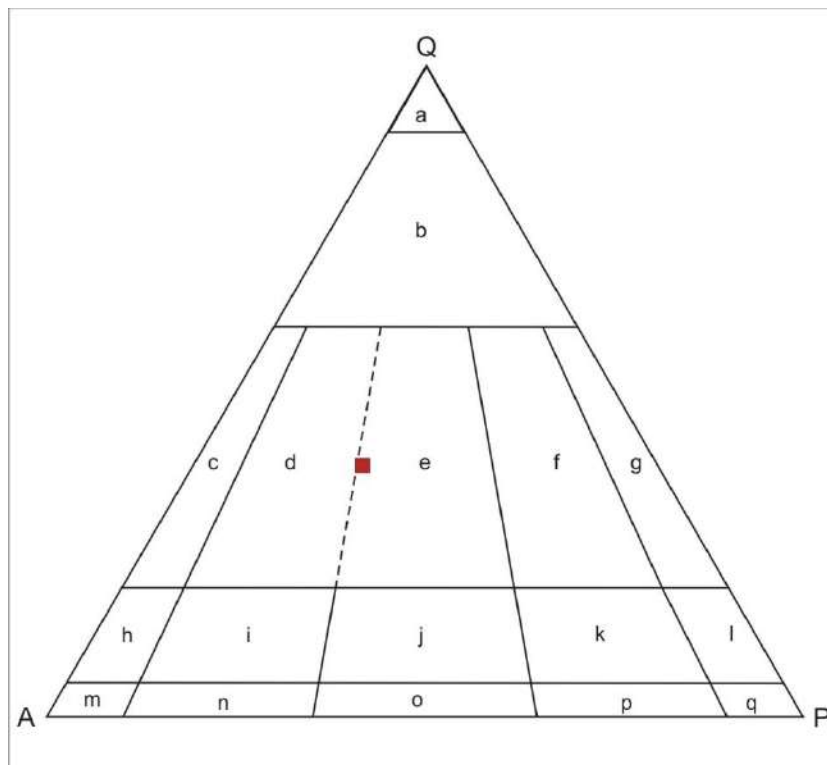


Figura 42: Diagrama QAP indicando composição monzogranítica para uma amostra do Granito Sana fácies porfirítica. **Legenda:** a. Quartzolito (silexito), b. granitóides ricos em quartzo, c. álcali-feldspato granito, d. sienogranito, e. monzogranito, f. granodiorito, g. tonalito, h. quartzo álcali-feldspato granito, i. quartzo-sienito, j. quartzo-monzonito, k. quartzo-monzodiorito/quartzo-monzogabro, l. quartzo-diorito/quartzo-gabro/quartzo-anortosito, m. álcali-feldspato sienito, n. sienito, o. monzonito, p. monzodiorito/monzogabro, q. diorito/gabro/anortosito.

6.4.3. ROCHAS MÁFICAS ASSOCIADAS

6.4.3.1. ASPECTOS DE CAMPO

Esta unidade é encontrada em um corpo com forma oval encaixado no Granito Sana fácies equigranular na região central da área (Anexo I). Ocorre principalmente em blocos em encostas, não tendo sido observado nenhum afloramento fresco. Os blocos são bem arredondados, devido à esfoliação esferoidal, e possuem capa de alteração de cor ocre e núcleo de rocha fresca e bem preservada. O solo resultante desta litologia apresenta cor avermelhada e composição exclusivamente argilosa.

Cerca de 100 m a leste deste corpo, há a ocorrência de um dique de espessura métrica de rocha máfica alterada intrudindo o Granito Sana fácies equigranular. Este dique pode ser formado pela mesma rocha que compõe o corpo máfico, embora não se tenha certeza devido ao avançado estado de alteração em que este se encontra.

Em campo a rocha é melanocrática, de cor verde escuro a preto, granulação média, com cristais com cerca de 1 mm, e estrutura maciça. Devido ao pequeno tamanho dos grãos, a identificação da textura da rocha em campo é difícil. É composta por plagioclásio e piroxênio. O plagioclásio ocorre em ripas alongadas, euédricas, com cerca de 1 mm e de cor branca. Em campo o piroxênio é difícil de ser descrito, visto que ocorre em aglomerados de cor negra e formato irregular, não ultrapassando 1,5 mm.

6.4.3.2. PETROGRAFIA

Em lâmina delgada, a rocha é mesocrática, com índice de cor de 40%, isotrópica, e de granulação média, com cristais variando de 0,3 a 2,6 mm. Apresenta texturas holocristalina intergranular (figura 43), caracterizada pela ocorrência de clinopiroxênio nos interstícios entre cristais de plagioclásio, subofítica (figura 44), marcada pela inclusão parcial de ripas de plagioclásio em clinopiroxênio e ortopiroxênios, e granofírica (figura 45). É composta essencialmente por plagioclásio, clinopiroxênio (provável augita), ortopiroxênio (provável enstatita) e minerais opacos. Os minerais secundários presentes são biotita, hornblenda, minerais opacos e sericita.

O plagioclásio ocorre como cristais euédricos variando de 0,5 a 2,6 mm, de hábito prismático alongado. O tipo predominantemente é a andesina, com média de An₄₀. Os cristais freqüentemente apresentam zonamento composicional interno. São

observadas inclusões euédricas de ortopiroxênio e clinopiroxênio, e pode ocorrer parcialmente incluso em clinopiroxênios ou ortopiroxênios. As bordas de contato com ortopiroxênio, clinopiroxênio e minerais opacos são retilíneas e sem nenhuma reação. Exsoluções de quartzo e feldspato potássico são comuns, dando origem à textura granofírica. Pontualmente ocorrem concentrações de sericita secundária alterando parcialmente os cristais de plagioclásio.

O clinopiroxênio é subédrico a anédrico, com tamanho variando de 0,3 a 1 mm e hábito prismático curto, ocorrendo comumente em aglomerados contendo clinopiroxênio, ortopiroxênio e minerais opacos. Os contatos com plagioclásio são retilíneos e bem marcados, enquanto os contatos com outros clinopiroxênios e com ortopiroxênio podem ser retilíneos ou irregulares, porém sem reação. Por vezes, os cristais de clinopiroxênio podem ter suas bordas parcialmente alteradas para hornblenda e/ou biotita (figura 46).

O ortopiroxênio é predominantemente euédrico, variando de 0,5 a 1 mm e com hábito quadrático a prismático curto. Ocorre em cristais individuais e em pequenos agregados com forma irregular contendo clinopiroxênio e minerais opacos. Pode apresentar inclusões parciais de clinopiroxênio.

Os minerais opacos primários são euédricos, variando de 0,3 a 1,0 mm, possuem hábito variando de quadrático a prismático alongado e ocorrem em agregados contendo clinopiroxênio e ortopiroxênio.

Quanto à mineralogia secundária, a biotita é anédrica, com até 1 mm e ocorre alterando as bordas de clinopiroxênio (figura 46). A hornblenda é anédrica, com até 1,5 mm, possui pleocroísmo variando de verde claro a verde musgo e encontra-se alterando parcialmente porções de clinopiroxênio (figura 47). Os minerais opacos secundários possuem tamanhos entre 0,1 e 2 mm variam de euédricos (ocorrendo em ripas alongadas e terminadas em pontas) a anédricos (com formatos amebóides e arredondados). A sericita ocorre alterando pontualmente cristais de plagioclásio, formando pequenos concentrados de aspecto terrígeno dentro e nas bordas dos cristais.

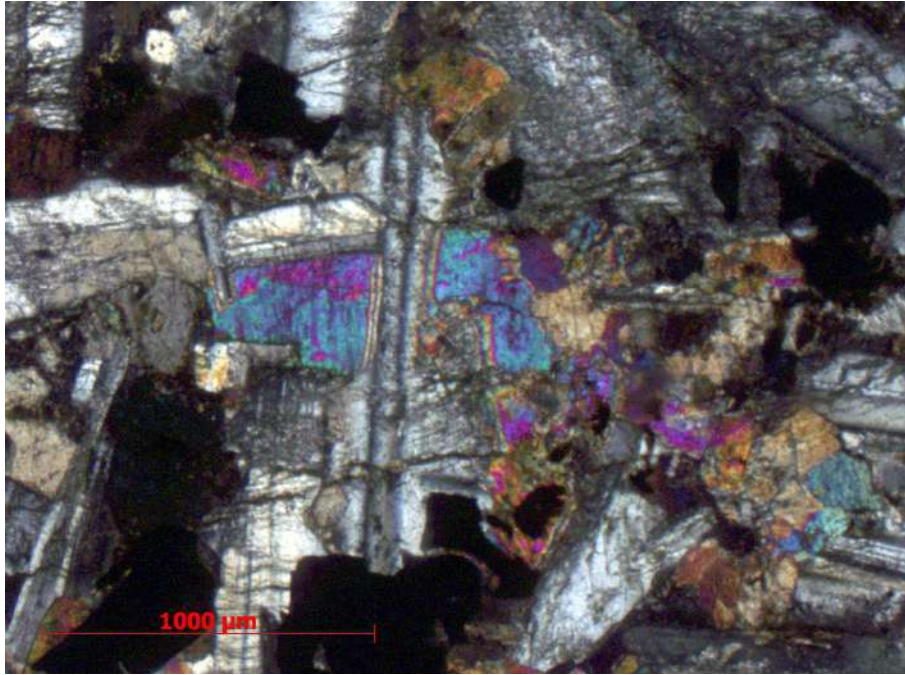


Figura 43. Textura intergranular, com cristais de clinopiroxênio e minerais opacos ocorrendo entre cristais de plagioclásio nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).



Figura 44. Textura subofítica, marcada pela inclusão parcial de plagioclásio em cristal de clinopiroxênio nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 2,5X).

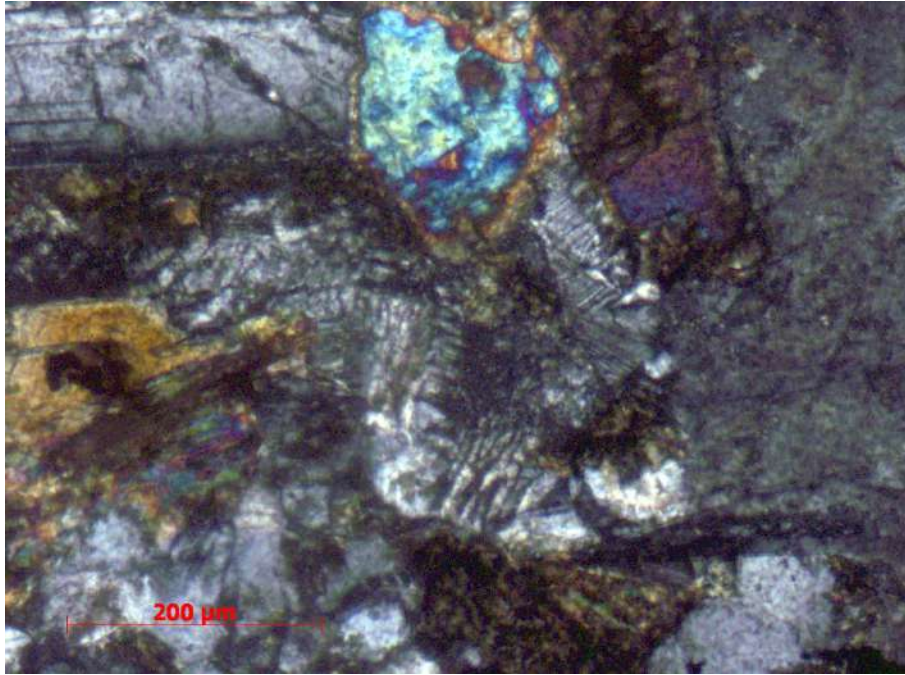


Figura 45. Textura granofíbrica nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (NX, aumento de 10X).

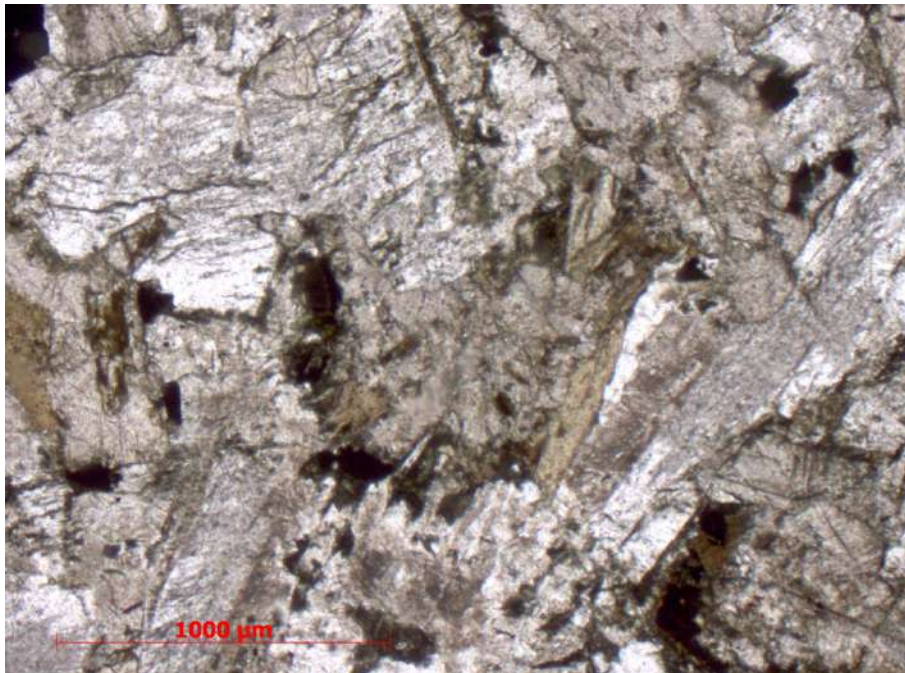


Figura 46. Biotita secundária na borda de clinopiroxênio nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (N//, aumento de 2,5X).

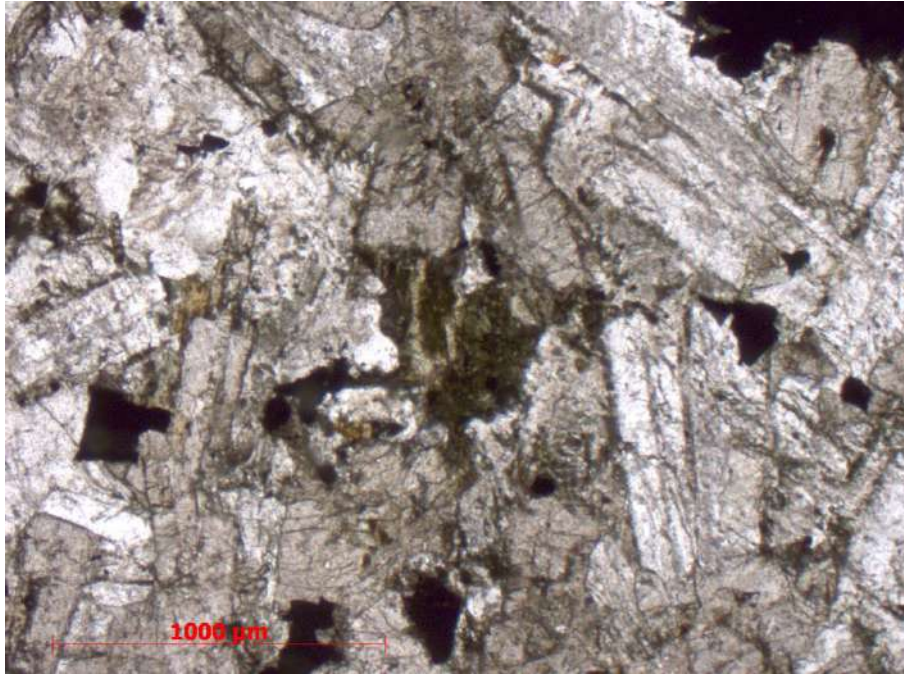


Figura 47. Hornblenda secundária dentro de aglomerado de clinopiroxênios nas rochas máficas associadas ao Granito Sana fácies equigranular (N//, aumento de 2,5X).

De acordo com as relações observadas entre os cristais, a ordem de cristalização proposta para estas rochas é apresentada na tabela 11. A composição modal da lâmina RTG 09A, representante das rochas máficas, está contida na tabela 12.

Tabela 11. Ordem de cristalização proposta para as rochas máficas associadas ao Granito Sana.

Mineral	Cristalização Primária	Cristalização Secundária
Minerais Opacos (1)	----	
Ortopiroxênio	-----	
Clinopiroxênio	-----	
Plagioclásio	-----	
Hornblenda		-----
Biotita		-----
Sericita		-----
Minerais Opacos (2)		-----

Tabela 12. Composição modal obtida para uma lâmina de rocha máfica associada ao Granito Sana.

Mineral	%
Plagioclásio	60
Clinopiroxênio	21,7
Ortopiroxênio	2,5
Minerais Opacos	6,2
Sericita	5,3
Biotita	2,5
Hornblenda	1,6

Com base na composição mineralógica e modal de uma lâmina, pode-se classificar estas rochas máficas como sendo de composição gabróica (figura 48).

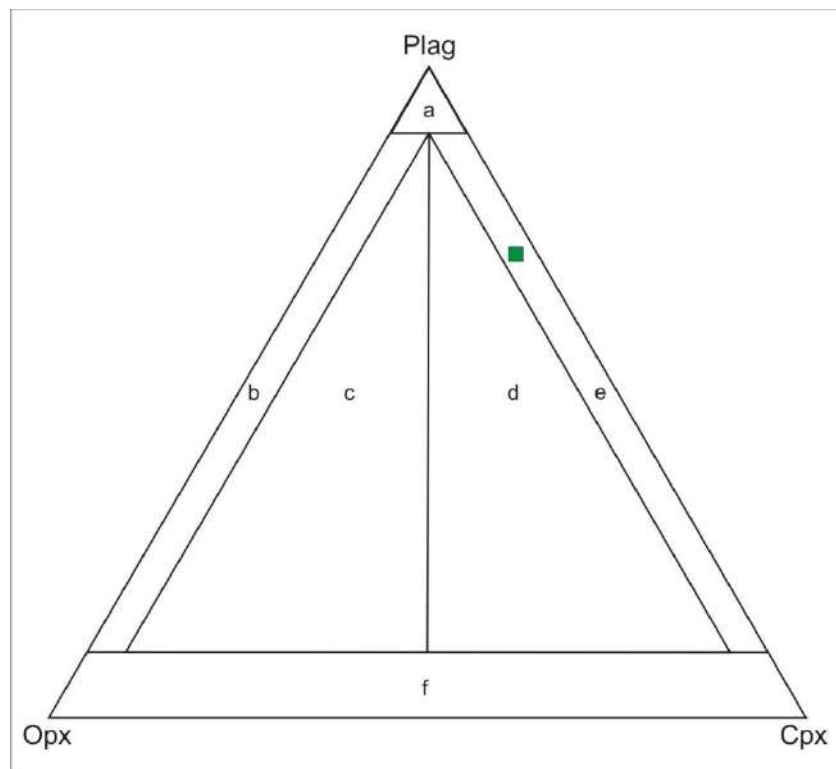


Figura 48. Gráfico de classificação de rochas gabróicas indicando que a amostra de rocha máfica estudada é classificada como gabro. **Legenda:** a. anortosito, b. norito, c. clinopiroxênio norito, d. ortopiroxênio diorito, e. gabro, f. piroxenito contendo plagioclásio.

7. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A partir dos trabalhos de campo, análises petrográficas e levantamentos bibliográficos efetuados no presente estudo, constata-se que a geologia da região de Frade é formada por intrusões de granitóides sin-tectônicos do tipo-S e granitóides pós-tectônicos do tipo-I em rochas metassedimentares da Unidade São Fidélis do Complexo Paraíba do Sul.

A Unidade São Fidélis (Heilbron *et al.*, 2000) pode ser desmembrada em duas associações litológicas na região: **Biotita-Gnaise Migmatítico** e **Biotita-Gnaise**. O **Biotita-Gnaise Migmatítico** é composto por paragnaisses migmatíticos com estruturas do tipo dobrada, pitgmática e *schlieren*. O leucossoma possui composição pegmatítica, de granulação grossa, com cerca de 5 mm, e é composto por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, e granada. O mesossoma compreende o biotita-gnaise, sendo este fortemente foliado e composto por plagioclásio, quartzo, biotita, granada e sillimanita. Apresenta textura porfiroblástica, com porfiroblastos de plagioclásio de até 11,5 mm imersos em matriz de quartzo, biotita e granada com cerca de 1,5 mm.

O **Biotita-Gnaise** é uma rocha paraderivada, de granulação média, composta por cristais com cerca de 2 mm, e textura granoblástica e localmente porfiroblástica, com porfiroblastos de plagioclásio e microclina de até 5 mm. É composto essencialmente por quartzo, plagioclásio, microclina, biotita e granada. A mineralogia secundária, incluindo clorita, minerais opacos, muscovita e sericita, é associada à passagem de fluidos metamórficos e/ou hidrotermais por descontinuidades na rocha (it: microfraturas).

O corpo de granitóide sin-tectônico do tipo-S compreende rochas da **Suíte Desengano**. Esta unidade é encontrada na extremidade nordeste da área mapeada sob a forma de blocos e escassos afloramentos, formando um corpo alongado na direção NE-SW (Anexo I). Este corpo é formado por um granitóide leucocrático, de granulação média, com cristais com cerca de 2 mm aproximadamente e orientação das paletas de biotita, representando foliação metamórfica de baixa intensidade. É composta por quartzo, plagioclásio, biotita, microclina e granada, além de apatita e zircão como minerais acessórios. A composição modal obtida para uma amostra deste corpo permite classificá-lo como granodiorito a tonalito na área estudada.

Nessa rocha observa-se uma recristalização secundária, dada pela presença de plagioclásio e quartzo recristalizados ocorrendo junto a cristais de granada (anédrica e

com forma amebóide) que estão próximos a paletas de biotita. A recristalização ocorre preenchendo o interior amebóide da granada e freqüentemente inclui pequenos cristais de biotita, provavelmente provenientes das paletas maiores de biotita. Inicialmente essa recristalização se dá devido a uma reação envolvendo granada e biotita, porém devido ao reduzido número de lâminas não se pôde chegar a uma conclusão sobre a origem e a reação envolvendo essa recristalização.

Quanto aos minerais secundários presentes, biotita, muscovita e sericita, ocorrem percolando fraturas, contatos entre cristais ou alterando parcialmente plagioclásios, no caso da sericita. Essa associação é interpretada como sendo originada pela percolação de fluidos de final de cristalização pelas discontinuidades internas da rocha.

Os granitóides pós-tectônicos são representados pelo **Granito Sana**, com idade de 491 ± 12 Ma e $488 \pm 3,6$ Ma (Rb/Sr, Machado ,1997). Ele ocorre em dois corpos separados espacialmente, sendo a intrusão maior composta por granito **fácies equigranular** e o corpo menor formado por granito **fácies porfirítica**. A **fácies equigranular** abrange desde o centro até a parte sul do mapa (Anexo I) e é composta por granitos leucocráticos de cor cinza claro, com textura predominantemente equigranular e pontualmente inequigranular seriada, dada pela presença de cristais de microclina em duas modas bem marcadas. Possui estruturas maciça ou de foliação de forma (*shape foliation*), marcada pela orientação dos eixos maiores de cristais de microclina, além da orientação de biotita, ambas geradas a partir de fluxo magmático. Esta fácies é composta essencialmente por quartzo, microclina, plagioclásio e biotita, e contém como minerais acessórios allanita, apatita, minerais opacos, titanita e zircão. A composição modal calculada para as amostras estudadas desta fácies indica composição sienogranítica a monzogranítica.

A **fácies porfirítica** é encontrada em uma pequena intrusão separada espacialmente da fácies equigranular na região norte da área (Anexo I). Esta rocha é leucocrática, de cor cinza claro e granulação média, composta por cristais com cerca de 3 mm e textura exclusivamente porfirítica, apresentando fenocristais de microclina com até 1 cm e com eixos maiores orientados, formando foliação de forma (*shape foliation*), gerada por fluxo magmático. É constituída por quartzo, microclina (em duas modas: uma formando os fenocristais e outra compondo parte da matriz), plagioclásio e biotita e contém como minerais acessórios apatita, allanita, minerais opacos, titanita e zircão. A

composição modal obtida para a amostra estudada deste corpo indica composição monzogranítica.

A mineralogia secundária para ambas as fácies é composta por clorita, epidoto, muscovita e sericita, com ocorrência pontual de calcita na fácies porfirítica. Esta associação é interpretada como sendo resultante da alteração hidrotermal pela percolação de fluidos de final de cristalização das rochas. A alteração para sericita predominante no centro dos cristais de plagioclásio se dá pela passagem dos fluidos de alteração por microporos concentrados no núcleo dos plagioclásios. A determinação da origem destes microporos ainda carece de estudos, mas dada a presença de inclusões de plagioclásio com o núcleo alterado em cristais de microclina inalterada sugere que esta porosidade tende a ser de origem primária, provavelmente formada durante o início da cristalização de plagioclásio no magma ou por processo de *annealing* ao longo de planos de clivagem por fluidos tardios (Que & Allen, 1996).

O presente trabalho não abrange análises geoquímicas, no entanto o conteúdo mineralógico observado e os dados coletados durante o levantamento bibliográfico indicam que o Granito Sana seja formado por rochas metaluminosas, de caráter cálcio-alcalino de alto K (Silva *et al.*, 2000; Wiedemann-Leonardos *et al.*, 2000).

Embora a composição modal de minerais essenciais das duas fácies seja similar, a porcentagem de minerais acessório pode ser um pouco distinta, sendo a fácies equigranular mais rica em allanita, enquanto a fácies porfirítica apresenta maior quantidade de titanita. Contudo, observando a semelhança na forma dos cristais, da composição mineralógica e modal, além da ausência de relações entrecortantes entre as duas fácies, estas são consideradas como comagmáticas, sendo sua diferença textural o resultado de pequenas diferenças no regime de resfriamento na câmara magmática. Nesse sentido, a hierarquização em duas fácies segue a proposta de Philipp *et al.* (2003), equivalendo estratigraficamente a Membro. A diferenciação espacial entre as duas fácies pode ser explicada se considerarmos que estas estão ligadas em subsuperfície a um mesmo corpo intrusivo, que se ramifica e gera dois corpos aflorantes na topografia. Outra possibilidade seria que as ocorrências de Biotita-Gnaiss Migmatítico e Biotita-Gnaiss entre os granitos seja um megaxenólito ou um *roof pendant*, embora não haja evidências diretas para isso, devido à escassez de afloramentos na área.

Associado ao Granito Sana fácies equigranular ocorre um corpo de **rocha máfica** de composição gabróica na parte central do mapa (Anexo I). Esta rocha é mesocrática, de granulação média, com cristais com cerca de 1,5 mm e estrutura

maciça. Apresenta texturas intergranular, subofítica e granofírica e é composta por plagioclásio, ortopiroxênio, clinopiroxênio e minerais opacos. A alteração de bordas de clinopiroxênio para hornblenda e biotita anédricas indica que houve processo de hidratação nessa rocha, de provável origem secundária.

No presente trabalho não foi possível concluir se o magma básico que formou o gabro mapeado na região foi gerado durante o mesmo evento formador do magma ácido que originou o Granito Sana. A literatura disponível sobre o magmatismo pós-tectônico do Evento Brasileiro na região sudeste do Brasil aponta a presença de corpos graníticos em associação bimodal com rochas de natureza básica (origem mantélica). Esta bimodalidade pode ser observada pela ocorrência de corpos de composição gabróica e enxames de diques máficos no interior dos plútons graníticos (Silva *et al.*, 2000; Wiedemann-Leonardos *et al.*, 2000; Mendes *et al.*, 2002).

Observações de campo mostram que o Granito Sana fácies equigranular é cortado por um dique máfico em avançado estado de alteração, de espessura métrica (figura 24) próximo à área de ocorrência do gabro, sugerindo que pelo menos um pulso de magma básico é mais novo que o Granito Sana fácies equigranular. Por outro lado, a presença de enclaves máficos arredondados na fácies equigranular do Granito Sana indica que possa haver uma contemporaneidade entre o granito e uma rocha máfica.

Associando os dados disponíveis coletados no presente estudo com descrições encontradas na bibliografia (Wiedmann-Leonardos *et al.*, 2000), infere-se que este corpo de gabro pode ter sido gerado em período pós-tectônico. O magma original destas rochas (de origem provavelmente mantélica) foi acrescentado à câmara magmática do Granito Sana, onde foi submetida a um processo de *mingling*, resultando em um corpo máfico bem definido no interior do batólito granítico, assim como raros enclaves máficos centimétricos observados no interior do mesmo.

8. REFERÊNCIAS

- Almeida, F.F.M. de, Amaral, G., Cordani, U., Kawashuta, K. 1973. The Precambrian evolution of the South American Cratonic Margin, South of Amazon River. *In: The ocean basin and margins*, 1, eds, Nairn and Stelli, pp. 411-416. Plenum, Nova York.
- Almeida F.F.M. de, Hasui, Y., Brito Neves, B.B. de, Fuck, R.A. 1977. As províncias estruturais brasileiras. *In: SBG, Simp. Geol. NE*, 8, Campina Grande, 1977. Atas..., Campina Grande, p. 363-391.
- Almeida F.F.M. de, Hasui, Y., Brito Neves, B.B. de, Fuck, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Sci. Reviews*, 17: 1-21.
- Barbosa, A.L.M., Grossy Sad, J.H. 1985. Batólito granítico da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Contrib. Geol. Petrol. Nucleo de Minas Gerais*, SBGM, 1985: 49-61.
- Batista, J.J., Silva, W.C., Marchetto, C.M.L. 1977. Folhas de São Fidélis e Cambuci. Projeto carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Departamento de Recursos Minerais – Triservice. Relatório Final, Rio de Janeiro.
- Bucher, K., Frey, M. 2002. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. 7ª ed..Springer Verlag, Berlim, 341pp..
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. 2002. *Minerais Constituintes das Rochas – Uma Introdução*. 2ª Ed. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 727 pp..
- Didier, J., Barbarin, B. 1991. *Enclaves and Granite Petrology*. Development in Petrology, 13. Amsterdam, Elsevier, 625pp..
- Fonseca, M.J.G., Heilbron, M., Chrispim, S.J., 1984. Geologia da area de cabo Frio e Armação de Búzios. *In: Anais XXXIII Congresso Brasileiro de Heologia*, Rio de Janeiro. SBG 12, 5393-5424.

- Fonseca, M.J.G., 1998. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro Escala 1:400.000, Texto explicativo. DNPM/MME Rio de Janeiro, 141pp..
- Heilbron, M., Mohriak, W., Valeriano, C.M., Milani, E.J., Almeida, M. 2000. From colision to extension: the roots of the southeastern continental margin of Brazil. In: Mohriak, W., MTALWANI (eds.): Atlantic Rifts and Continental Margins. American Geophysical Union, Geophysical Monography, 115: 1 – 31.
- Heilbron, M., Machado, N. 2003. Timing of terrene accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira Orogen (SE Brazil). *Precambrian Res.*, 125: 87-112.
- Heilbron, M., Pedrosa-Soares, A.C., Campos Neto, M.C., Silva, L.C.da, Trouw, R.A.J., Janasi, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto et al. (2004), Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida. p. 203-234.
- Heilbron, M., Valeriano, C.M., Tassinari, C.C.G., Almeida, J., Tupinambá, M., Siga Jr, O., Trouw, R.A.J. 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito Neves, B.B., de Wit, M.J. (eds) *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. Geological Society, London, Special Publications, 294: 211-237.
- Hembold, R., Valença, J.G., Leonardos Jr, O.H. 1965. Mapa Geológico do Estado da Guanabara, 1:50.000, Rio de Janeiro, DNPM / MME.
- Hibbard, M.J. 1995. Petrography to Petrogenesis. New Jersey, USA. Prentice-Hall, 587pp..
- Junho, M.C.B. 1993. Granitos Brasileiros do Estado do Rio de Janeiro - Considerações Geoquímicas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 65(2): 161-179.

- Le Maitre, R.W. 2002. *Igneous Rocks, A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcomission on the Systematics of Igneous Rocks. 2^a ed.. Cambridge University Press, Cambridge. 236 pp..*
- Machado, R. 1997. *Litogeoquímica e tectônica dos granitóides neoproterozóicos do Cinturão Paraíba do Sul no Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Livre Docência, 215 p..*
- Mendes, J.C., Junho, M.C. & Ghizi, A. 2002. *Geology and geochemistry of granitic and dioritic rocks of the São José do Ribeirão intrusive massif, mountain region of Rio de Janeiro State, Brazil. Rev. Un. Rural, série Ci. Exatas e da Terra, 21(2): 1-11.*
- Mendes, J.C., Ávila, C.A., Pereira, R.M., Heilbron, M.; Moura, C.A. 2006. *²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb-ages of zircons from syn-collisional I-type porphyritic granites of the central Ribeira belt, SE Brazil. Gondwana Research, 9(3): 326-336.*
- Mendes, J.C.; Teixeira, P.A.D.; Matos, G.C.; Ludka, I.P.; Medeiros, F.F.; Ávila, C.A. 2007. *Geoquímica e geocronologia do Granitóide Barra Alegre, Faixa Móvel Ribeira, Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geociências, v. 37, p. 101-113.*
- Philipp, R.P.; Nardi, L.V.S. & Bitencourt, M.F. 2003. *Estratigrafia das Rochas Plutônicas: revisão e comentários. In: Encontro sobre Estratigrafia do Rio Grande do Sul: Escudo e Bacias, 1, Porto Alegre, 2003. Anais...p.95-98.*
- Que, M., Allen, A.R. 1996. *Sericitization of plagioclase in the Rosses Granite Complex, Co. Donegal, Ireland. Mineralogical Magazine, 60: 927 – 936.*
- Schmitt, R.S., Trouw, R.A.J., Schmus, W.R.V., Pimentel, M.M. 2004. *Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterisation of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). Precambrian Res., 133: 29-61.*

Silva, L.C., Santos, R.A., Delgado, I.M., Cunha, H.C. (Coord) 2000. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro em escala 1:400.000. CPRM/DRM, Rio de Janeiro.

Silva, L.C., Vieira, V.s., Guimarães, M.T., Souza E.C., 2000. Neoproterozóico/Cambriano. In: Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. CPRM/DRM, Rio de Janeiro. p: 31-53.

Smith, J.V., Brown, W.L. 1988. Feldspar Minerals. Vol. I – Crystal Structures, Physical, Chemical, and Microtextural Properties. 2^a ed.. Springer Verlag, Berlim, 828 pp..

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. 1999. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Geociências, USP. PhD. Thesis, 221p..

Tupinambá, M., Teixeira, W., Heilbron, M. 2000. Neoproterozoic Western Gondwana Assembly and Subduction plutonism: the Hole of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt. Revista Brasileira de Geociências, 30(1): 7-11.

Wiedemann-Leonardos, C.M., Ludka, I.P., Medeiros, S.R.M., Mendes. J.C., Costa-de-Moura, J. 2000. Arquitetura de plutons zonados da faixa Araçuaí-Ribeira. Geonomos 8(1): 25-38.

Google Maps: <http://maps.google.com.br>

Carta topográfica Casimiro de Abreu, 1:50.000 (SF-23-Z-B-III-4). Disponível em:
[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/topograficos/topo50/vetor/Casimiro_de_Abreu27174/
vetor/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/topograficos/topo50/vetor/Casimiro_de_Abreu27174/vetor/)

Carta topográfica Trajano de Moraes, 1:50.000 (SF-23-Z-B-III-2). Disponível em:
[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/topograficos/topo50/vetor/Trajano_de_Morais27172/v
etor/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/topograficos/topo50/vetor/Trajano_de_Morais27172/vetor/)



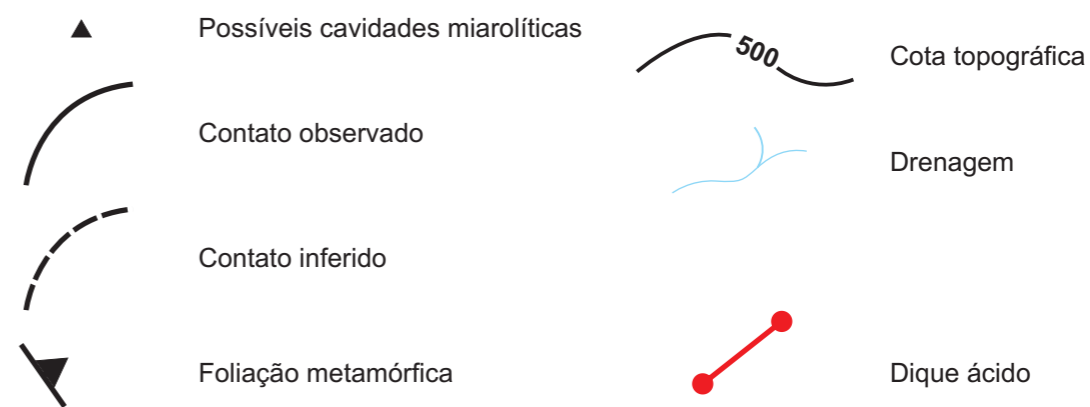
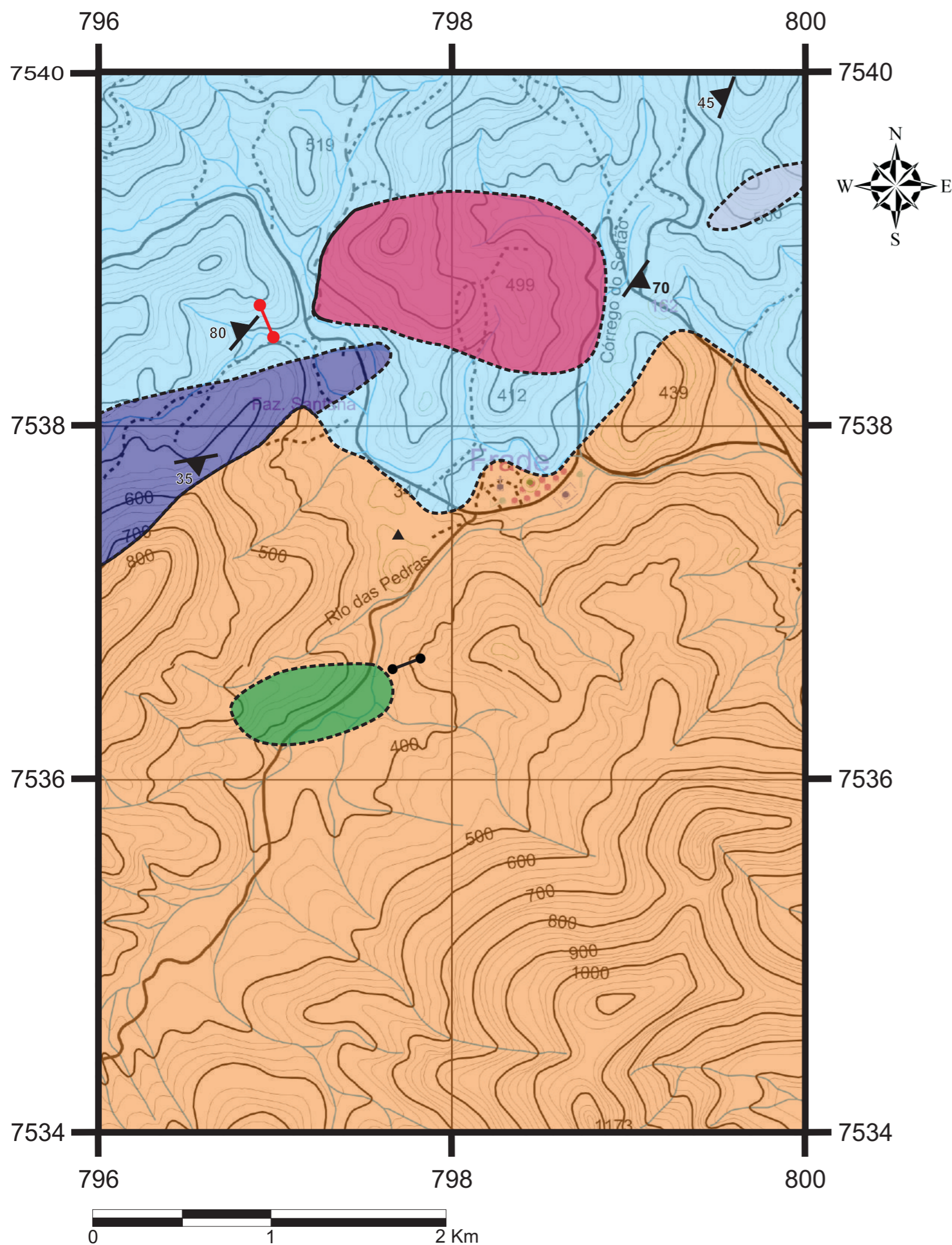
Anexo I

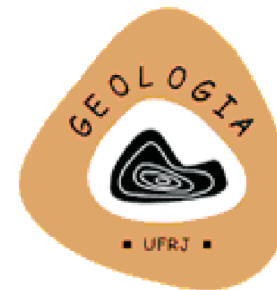
Mapa Geológico da Região de Frade, Distrito de Macaé, RJ

Autor: Rodrigo Telles Garcia
Orientador: Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo
Coorientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mendes

Legenda

Cambriano	Granitóides Pós-tectônicos	Rochas Máficas Dique de rocha máfica Granito Sana (491±12Ma; 488±3,6Ma; Machado, 1997) Fácies Porfirítica
	Granitóides Sin-tectônicos	Suíte Desengano
Neoproterozóico	Seqüências de Margem Passiva Neoproterozóica	Biotita-Gnaise Biotita Gnaise Migmatítico





Anexo II

Mapa de Pontos da Região de Frade, Distrito de Macaé, RJ

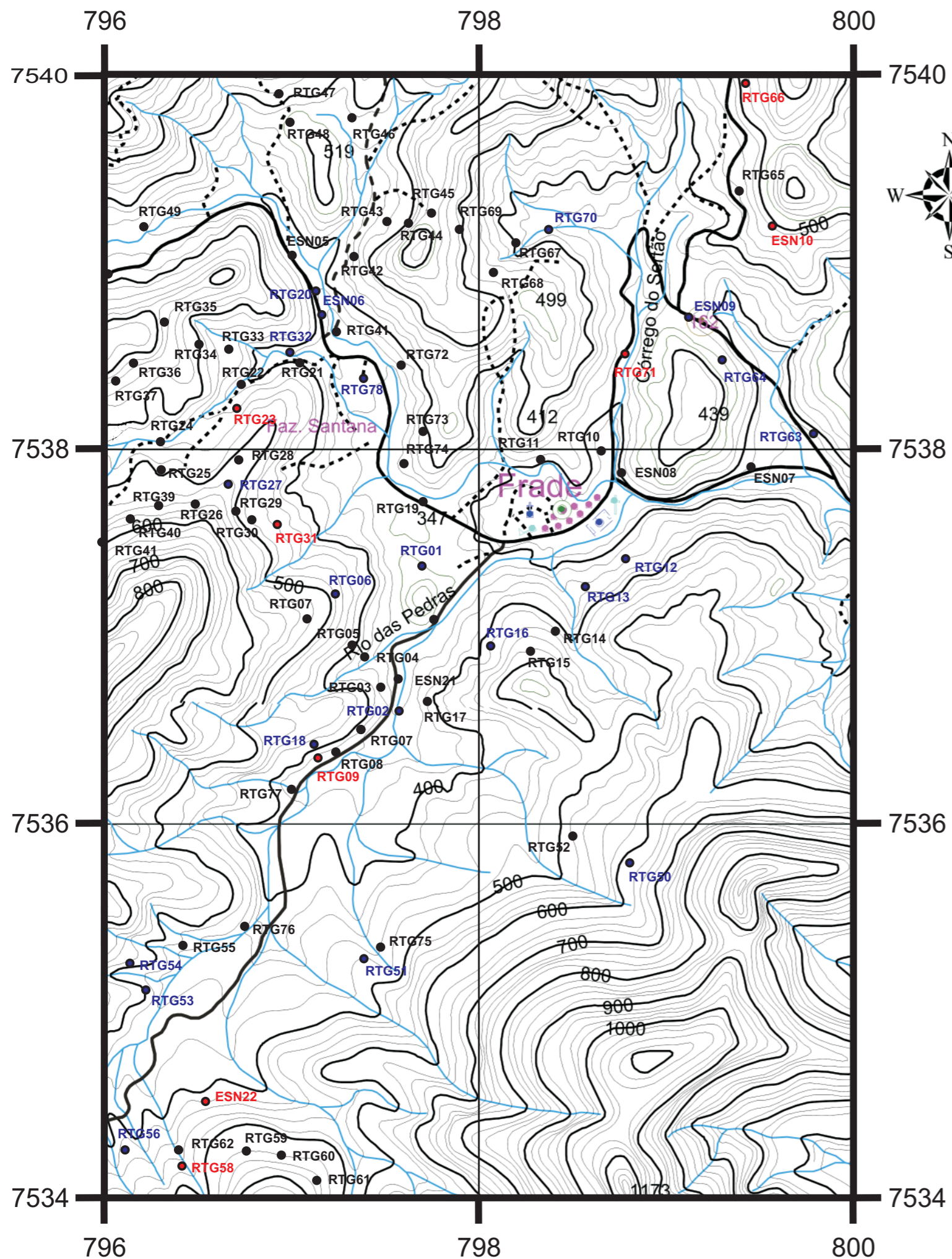
Autor: Rodrigo Telles Garcia
Orientador: Prof. Dr. Everton Marques Bongioiolo
Coorientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mendes



Legenda

- Ponto sem amostra coletada
- Ponto com amostra coletada
- Ponto com amostra laminada

- 500 Cota topográfica
- Drenagem



Anexo III

Ponto	UTM (S)	UTM (W)	Litologia	Textura	Unidade	Exposição	Amostra	Lâmina
ESN 05	7539224	796940	Biotita Gnaiss Migmatítico / Pegmatito	-	São Fidélis	Afloramento		
ESN 06	7538625	797240	Granitóide	Equigranular	Sana	Afloramento	X	
ESN 07	7537840	799455	Granitóide	Equigranular	Sana	Afloramento		
ESN 08	7537872	798763	Pegmatito / Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
ESN 09	7538703	799122	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento	X	
ESN 10	7539190	799569	Granitóide (gnaiss)	-	Desengano	Afloramento	X	X
ESN 20	7537137	797843	Granitóide	Equigranular	Sana	Afloramento		
ESN 21	7536653	797535	Granitóide	-	Sana	Solo		
ESN 22	7534468	796580	Granitóide	Porfirítico	Sana	Blocos	X	X
RTG 01	7537431	797723	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos	X	
RTG 02	7536600	797575	Máfica	-	Sana	Blocos	X	
RTG 03	7536727	797477	Granitóide médio	Porfirítico	Sana	Blocos		
RTG 04	7536889	797391	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 05	7536952	797324	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Afloramento		
RTG 06	7537225	797234	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Afloramento	X	
RTG 07	7537092	797083	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Afloramento		
RTG 07B	7536501	797371	Máfica	-	Sana	Blocos		
RTG 08	7536422	797184	Máfica	-	Sana	Blocos		
RTG 09	7536381	797237	Máfica	-	Sana	Blocos	X	X
RTG 10	7537989	798655	Colúvio	-	-	Solo		
RTG 11	7537943	798331	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Blocos		
RTG 12	7537413	798785	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos	X	
RTG 13	7537264	798570	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos	X	
RTG 14	7537026	798410	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 15	7536919	798277	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 16	7537003	798050	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos	X	
RTG 17	7536651	797726	Granitóide	Equigranular	Sana	Solo		
RTG 18	7536372	797127	Máfica	-	Sana	Blocos	X	
RTG 19	7537718	797703	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
RTG 20	7538812	797188	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento	X	
RTG 21	7538459	797044	Colúvio	-	-			
RTG 22	7538330	796754	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
RTG 23	7538216	796708	Gnaiss	-	Desengano	Afloramento	X	X
RTG 24	7538038	796300	Gnaiss	-	Desengano	Afloramento		
RTG 25	7537888	796304	Gnaiss	-	Desengano	Blocos		
RTG 26	7537665	796322	Gnaiss	-	Desengano	Afloramento		
RTG 27	7537705	796486	Gnaiss	-	Desengano	Afloramento	X	
RTG 28	7537811	796662	Gnaiss	-	Desengano	Afloramento		
RTG 29	7537667	796703	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Afloramento		
RTG 30	7537621	796788	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 31	7537596	796924	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos	X	X

Ponto	UTM (S)	UTM (W)	Litologia	Textura	Unidade	Exposição	Amostra	Lâmina
RTG 32	7538471	796922	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento	X	
RTG 33	7538532	796665	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Blocos		
RTG 34	7538558	796506	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Blocos		
RTG 35	7538677	796321	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
RTG 36	7538426	796081	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
RTG 37	7538934	796020	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
RTG 38	7538260	795827	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Blocos		
RTG 39	7537626	796139	Gnaiss	-	Desengano	Afloramento		
RTG 40	7537502	795987	Granitóide médio	-	Sana	Blocos		
RTG 41	7538832	797271	Biotita Gnaiss Migmatítico/Granitóide	-	-	Afloramento		
RTG 42	7539027	797334	Biotita Gnaiss Migmatítico/Granitóide	-	-	Afloramento		
RTG 43	7539214	797510	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Blocos		
RTG 44	7539205	797625	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Blocos		
RTG 45	7539259	797748	Biotita Gnaiss Migmatítico/Granitóide	-	-	Afloramento		
RTG 46	7539768	797323	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
RTG 47	7539896	796933	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Blocos		
RTG 48	7539744	796992	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
RTG 49	7539201	796211	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Blocos		
RTG 50	7535789	798807	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Afloramento	X	
RTG 51	7535277	797387	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos	X	
RTG 52	7535932	798503	Granitóide grosso	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 53	7535110	796222	Granitóide grosso	Equigranular	Sana	Blocos	X	
RTG 54	7535202	796117	Granitóide grosso	Equigranular	Sana	Afloramento	X	
RTG 55	7535348	796420	Granitóide grosso	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 56	7534256	796111	Granitóide grosso	Equigranular	Sana	Blocos	X	
RTG 57	7533950	796373	Granitóide grosso	Porfirítico	Sana	Afloramento	X	
RTG 58	7534170	796415	Granitóide grosso	Equigranular	Sana	Blocos	X	X
RTG 59	7534228	796946	Granitóide grosso	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 60	7534250	796946	Granitóide grosso / médio	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 61	7534093	797135	Granitóide médio / grosso	-	Sana	Afloramento		
RTG 62	7534256	796397	Granitóide grosso	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 63	7538081	799789	Granitóide médio	Porfirítico	Sana	Afloramento	X	
RTG 64	7538475	799301	Granitóide fino	Equigranular	Sana	Afloramento	X	
RTG 65	7539377	799392	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
RTG 66	7539952	799426	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento	X	X
RTG 67	7539100	798199	Granitóide médio-grosso	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 68	7538942	798079	Granitóide médio-grosso	Porfirítico	Sana	Blocos		
RTG 69	7539172	797897	Granitóide médio-grosso	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 70	7539171	798374	Granitóide médio-grosso	Equigranular	Sana	Blocos	X	
RTG 71	7538507	798782	Granitóide médio	Porfirítico	Sana	Blocos	X	X
RTG 72	7538447	797586	Gnaiss	-	Desengano	Afloramento		
RTG 73	7538093	797703	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Afloramento		
RTG 74	7537921	797601	Biotita Gnaiss Migmatítico	-	São Fidélis	Blocos		

Ponto	UTM (S)	UTM (W)	Litologia	Textura	Unidade	Exposição	Amostra	Lâmina
RTG 75	7535339	797476	Granitóide médio	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 76	7535450	796750	Granitóide médio-grosso	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 77	7536209	797004	Granitóide médio / Máfica	Equigranular	Sana	Blocos		
RTG 78	7538376	797385	Gnaisse / Granitóide médio	Porfírico	Desengano	Blocos	X	