



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**Geologia da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000,  
sul de Minas Gerais**

**ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA**

Orientadores: André Ribeiro  
Júlio Cesar Mendes

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA DA UFRJ

RIO DE JANEIRO  
Janeiro 2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

# **Geologia da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000, sul de Minas Gerais**

ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA

Dissertação de mestrado submetida ao programa  
de pós-graduação em geologia da UFRJ

Área de concentração: Setor I

Orientadores: Prof. Dr. André Ribeiro

Prof. Dr. Júlio Cesar Mendes

Aprovado por:

-----  
Rudolph Allard Johannes Trouw

-----  
Cláudio de Morisson Valeriano

-----  
Renata da Silva Schmit

Rio de Janeiro  
Janeiro de 2010

OLIVEIRA, Alexandre Alves

Geologia da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000, sul de Minas Gerais

VII, 62 p. 29,7 cm (Instituto de Geociências – UFRJ, M. Sc., Curso de Pós-Graduação em Geologia, 2010).

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, realizada no Instituto de Geociências

1. *Nappe* Socorro – Guaxupé 2. Geotectônica 3. São Gonçalo do Sapucaí



Dedico essa obra, com amor e carinho, em memória ao meu mestre Joel Gomes Valença, homem sábio e profundo, que semeou o conhecimento durante décadas, fazendo brilhar as novas gerações. O seu amor pelas pessoas e pelas rochas, sem dúvida, são o seu maior legado. Através da educação pela pedra Ele me tornou mais humano. *Cum Mente et Malleo.*

## Agradecimentos

Agradeço a todos que me acompanharam durante estes anos maravilhosos da minha vida. A minha família, em especial meu pai, pelas nossas conversas sobre o céu, a terra, a água e o ar, como numa música de Raul Seixas, ele despertou o meu interesse nas geociências. A minha querida mãe, sempre ao meu lado, incondicionalmente, pelo amor, pelas lições de vida, a dedicação na arte de ensinar e sua luta pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, foram fundamentais na minha formação. Aos meus mestres Joel Valença e André Ribeiro, que me ensinaram a amar a geologia, mais que amigos, me mostraram que geologia é um negócio de família, de pai pra filho e de avô para neto. Aos meus professores Julio Mendes, Rodolfo Trouw e Fabio Pacciulo pela dedicação durante a minha formação. Aos meus queridos amigos Guga, Russo, Marquinho, Bruna e André, valeu a todos. Não poderia me furtar de dizer, obrigado UFRJ, a minha casa, um dia eu volto, prometo. Cum Mente et Malleo.

## Índice

Resumo	1
Abstract	2
1. Introdução	3
1.1. Localização geográfica e geotectônica da área de estudo	3
1.2. Objetivo	4
1.3. Metodologia	4
1.3.1. Trabalhos de Campo	4
1.3.2. Trabalhos de Escritório	4
1.3.3. Trabalhos de Laboratório	5
1.3.3.1. Descrição Petrográfica	5
1.3.3.2. Análise Geoquímica	5
Preparação das amostras	5
Condições Analíticas Quantitativas	5
Condições Analíticas semi-quantitativas	5
2. Geologia Regional	7
2.1. Embasamento	7
2.2. Sequências Proterozóicas	7
2.3. Orogênese Brasileira	10
2.3.1. Nappe Socorro-Guaxupé	10
3. Geologia da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000	13
3.1. Embasamento	13
3.1.1. Ortognaisse São Gonçalo	13
3.1.1.1. Petrografia	15
3.1.1.2. Geoquímica do Ortognaisse São Gonçalo	18
3.1.2. Ortognaisse Santa Luzia	21
3.1.2.1. Petrografia	21
3.1.2.2. Geoquímica do Ortognaisse Santa Luzia	25
3.2. Megassequência Andrelândia	28
3.2.1. Unidade São Vicente (NPasv) - Paragnaises, xistos, quartzitos e anfíbolitos	29

3.2.1.1. Paragneisses bandados	28
Petrografia	28
3.2.2. Unidade Santo Antônio (NPasa) - Granada biotita xisto/gnaiss	30
Petrografia	30
3.2.3. Unidade Arantina (NPaar) - Granada muscovita xistos, quartzos e quartzitos	32
Petrografia	32
3.2.4. Xistos, quartzitos, anfibolitos, pegmatitos e veios de quartzo nas unidades NPasv e NPaar.	34
Quartzos xistos e quartzitos micáceos	34
Anfibolitos	34
Pegmatitos	35
Veios de quartzo	35
3.3. Ortogneiss Guaxupé	38
3.3.1. Petrografia	38
3.4. Depósitos Cenozóicos	41
4. Geologia Estrutural	42
4.1. Fase Deformacional Brasília	42
Sistema de Nappes Socorro-Gaxupé	42
Foliação principal	43
Lineação de estiramento	44
4.2. Fase Deformacional Ribeira (DR1 + DR2)	46
Dobras	46
Zona de Cisalhamento Três Corações	47
5. Metamorfismo	52
5.1. Metamorfismo Brasília	52
5.2. Metamorfismo Ribeira	52
6. Conclusões e considerações finais	57
7. Referências bibliográficas	58
Anexo 1 - Mapa geológico 1:50.000	
acompanhado de legenda e seção geológica	



## Índice das Figuras

- Figura 1. Localização da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 no sul de Minas Gerais – polígono verde. Fonte Mapa Rodoviário Quatro Rodas, ano 2000. A Rodovia Fernão Dias (BR-381) corta a área no rumo NE-SW. 3
- Figura 2. Localização da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 no contexto geológico regional- quadrado negro no sistema de nappes Socorro-Guaxupé Rosa- embasamento e coberturas do Cráton do São Francisco (CSF), traço negro- limite convencional do cráton. Azul- Faixa Brasília, verde- Faixa Ribeira e vermelho- plutonitos de arco magmático associados as faixas Brasília e Ribeira. Amarelo- Bacia do Paraná e cinza escuro- maciços alcalinos Cretáceo e Cenozóico. Amarelo claro- sedimentos em bacias Cenozóicas. Mapa de Trouw et al., 2000. 8
- Figura 3. Mapa geológico da zona de interferência entre as faixas móveis Brasília e Ribeira, no sul de Minas Gerais. Unidades do embasamento: I) greenstone belts, II) Complexo Mantiqueira, MS) Supergrupo Minas; Intrusões Paleoproterozóicas: GR) granitóides, MG) gabróicas. Sequências Depositionais Proterozóicas: SDT) Tiradentes, SDL) Lenheiro, SDC) Carandaí, SDA) Andrelândia, Unidades da SDA: A1 e A2) biotita gnaisses bandados, com intercalações de quartzitos, anfibolitos e xistos máficos - ultramáficos, A3) quartzitos com intercalações de muscovita-xistos, A4) filitos - xistos cinzentos com intercalações quartzíticas subordinadas, A5) biotita-xistos, maciços ou laminados, localmente com granulos e seixos pingados, A6) biotita-xistos – gnaisses grossos, com intercalações de anfibolitos, quartzitos, metacherts e rochas calcissilicáticas. Areas pretas) principais corpos ultramáficos; GA) granitos anatóticos, NG) Nappe de Guaxupé, JTFS) Sistema de empurrões de Juiz de Fora. Cidades: SJR- São João Del Rei, Ti- Tiradentes, Ba- Barbacena, Lv - Lavras, Ca r- Carrancas, Lu - Luminárias, CC - Carmo da Cachoeira, TC - Três Corações, C - Caxambú, AND Andrelândia, BJM- Bom Jardim de Minas. Detalhe na parte superior esquerda: Domínios Tectônicos - I) autóctone, II e III) alóctones. Modificado de Paciullo, (1997) e Trouw et al., (2000). 9
- Figura 4. Carta estratigráfica simplificada mostrando a possível configuração da Megasequência Andrelândia Paciullo et al. (2000, 2003). + = embasamento, sequências deposicionais Carrancas, Serra do Turvo e as unidades de mapeamento A1 até A6. T derrames e soleiras de rochas máficas. Acima, traço empurrões, foliação principal (Sm) e dobras brasileiras. Fácies metamórficas XV- xisto verde, A- anfibolito e G-granulito. 9
- Figura 5. Mapa Geológico da *Nappe* Socorro-Guaxupé, do Domínio São Roque e Apiaí (Heilbron *et al.*, 2004). 12
- Figura 6. Paredão do Ortognaisse São Gonçalo na escarpa da Serra de São Gonçalo 14
- Figura 7. Estrutura migmatítica definida por leitões quartzo-feldspáticos redobrados. Ortognaisse São Gonçalo no ponto SG-29. 14
- Figura 8. Microfenocristal de plagioclásio, e matriz com plagioclásio, quartzo e biotita. Ortognaisse São Gonçalo no ponto SG-29. 16

Figura 9. Biotita marrom e hornblenda verde definindo a xistosidade no Ortognaisse São Gonçalo. Nota-se também allanita com borda de epidoto (ep), titanita (ti) e zircão (zr).	16
Figura 10: Composição modal do Ortognaisse São Gonçalo. Localização das amostras (SG-) no Anexo 1.	17
Figura 11. Composição modal de nove amostras do Ortognaisse São Gonçalo indicando protólitos tonalíticos. Triângulo composicional para classificação de rochas ígneas plutônicas, segundo Streckeisen (1976). Q- quartzo, A- alcalifeldspatos e P-plagioclásio.	17
Figura 12. Análises químicas das amostras SG 29, SG 60, SG 71, SG 337, SG 399 e SG 429 do Ortognaisse São Gonçalo. Na tabela superior esquerda elementos maiores e menores em % peso e LOI – perda ao fogo. Na tabela superior direita elementos traços em ppm (partes por milhão), nd – não detectável. Na tabela inferior a norma CIPW.	18
Figuras 13. Diagramas de classificação e ambiente geotectônico do Ortognaisse São Gonçalo. Amostras SG: 29- preto, 60- vermelho, 71-verde, 337- azul, 399- azul claro e 429- amarelo. a) R1 x R2 , De La Roche et al.(1980); b) SiO <sub>2</sub> x (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O), modificado de Cox et al (1979); c) MgO x FeOt x (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O), Irvine & Baragar ( 1971); d) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / (CaO + Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O) x Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O), Shand (1943); e) (Y+Nb) x Rb, segundo Pearce et al. (1984), e f) R1 x R2, Batchelor & Bowden (1985).	19
Figura 14. Diagramas de Harker (1909) para o Ortognaisse São Gonçalo. Sílica x Elementos maiores, menores (em % peso) e traços (em ppm) das amostras SG29-preto, 60-vermelho, 71- verde, 337- azul, 399-azul claro e 429- amarelo.	20
Figura 15. Exposição típica do Ortognaisse Santa Luzia na escarpa da serra homônima.	22
Figura 16. Matriz com biotita, quartzo e feldspato estirados e fenocristais de álcalifeldspatos também deformados. Augen gnaisse Santa Luzia no ponto 112.	22
Figura 17. Análise modal de amostras do Ortognaisse Santa Luzia, variedades monzo (mgr) e sienograníticas (sgr) e granodioríticas (grd). Localização das amostras (SG-) no Anexo 1.	23
Figura 18. Composição modal do Ortognaisse Santa Luzia indicando protólitos sieno e monzo graníticos. Triângulo composicional para classificação de rochas ígneas plutônicas, segundo Streckeisen (1976). Q- quartzo, A- alcalifeldspatos e P-plagioclásio.	24
Figura 19. Abundante microclina, plagioclásio, biotita e quartzo definindo a matriz de ortognaisse da Unidade Santa Luzia no ponto SG-115.	24
Figura 20. Nível máfico com biotita, granada e hornblenda. Ortognaisse Santa Luzia no ponto 115.	24

Figura 21. Análises químicas das amostras SG 75, SG 103, SG 115, SG 126, SG 127, SG 192 e SG 222 do Ortognaisse Santa Luzia. Na tabela superior esquerda elementos maiores e menores em % peso e LOI – perda ao fogo. Na tabela superior direita elementos traços em ppm (partes por milhão), nd – não detectável. Na tabela inferior a norma CIPW.	25
Figuras 22. Diagramas geoquímicos, amostras SG 75, SG-103, SG-115, SG-126 e SG-127, SG 192 e SG 222, do Ortognaisse Santa Luzia: a) R1 x R2, De La Roche et al.(1980)b) $\text{SiO}_2 \times (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ , modificado de Cox et al (1979); c) $\text{MgO} \times \text{FeO} \times (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ , Irvine & Baragar (1971);d) $\text{SiO}_2 \times \text{K}_2\text{O}$ , Peccerillo & Taylor (1976); e) $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \times \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ , Shand (1943), e f) R1 x R2, Batchelor & Bowden (1985).	26
Figura 23. Diagramas de Harker (1909) para o Ortognaisse Santa Luzia. Sílica x Elementos maiores, menores (em % peso) e traços (em ppm) das amostras, mostrando correlação negativa para $\text{TiO}_2$ (trend inflexionado), $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{K}_2\text{O}$ e $\text{P}_2\text{O}_5$ e padrão de dispersão para os demais elementos.	27
Figura 24. Composição modal de paragnaises bandados da Unidade São Vicente, Megassequência Andrelândia no sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	29
Figura 25. Lajedão de paragnaisse bandado da Unidade São Vicente no ponto SG-365. Serra do Campo Redondo, parte sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	29
Figura 26. Bandamento tabular delgado subvertical milonítico em paragnaisse (Unidade São Vicente) na Zona de Cisalhamento de Três Corações. Ponto SG-368, sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	30
Figura 27. Composição modal de biotita xisto da Unidade Santo Antônio, Megassequência Andrelândia, no ponto SG-239, no sudoeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	31
Figura 28. Veios de quartzo lenticulares centimétricos, subparalelos a foliação e, granada. Biotita xisto, Unidade Santo Antônio, Megassequência Andrelândia, no ponto SG-239.	31
Figura 29. Biotita marron definindo a xistosidade, granada (gr), estauroлита (st), cianita (ky) e minerais opacos. Biotita xisto, Megassequência Andrelândia, no ponto SG-239.	32
Figura 30. Composição modal de muscovita xisto da Unidade NPaar, Megassequência Andrelândia, no ponto SG-209, próximo a Serra do Quiabeiro, São Gonçalo do Sapucaí.	33
Figura 31. Morros suaves de muscovita xistos e ao fundo a Serra do Quiabeiro onde afloram ortognaises. Fazenda Campestre, Ribeiros, no sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	33

Figura 32. Quartzo, muscovita, cianita com sillimanita em neck de boudins. Xisto NPaar, Ponto SG-209, Fazenda Santa Inês, logo a sul da Serra do Quiabeiro.	34
Figura 33. Banco de quartzito micáceo e xisto fino intercalado em paragneisses NPasv. Ponto SG-384, sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	35
Figura 34. Corpo de anfibolito encaixado em quartzo xistos da Unidade NPaar no ponto SG-51, sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	36
Figura 35. Quartzo e feldspato anatéticos em veios concordantes e em dique de pegmatito no paragneisse da unidade NPasv. Ponto SG-34, sul da área, na BR-381.	36
Figura 36. Delgados veios de quartzo subparalelos a foliação, saprólito de muscovita xisto NPaar. Ponto SG-12, no norte da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	37
Figura 37. Composição modal de duas amostras de ortogneisse da Nappe Guaxupé, nos pontos SG-15 e 159, na parte norte da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	38
Figura 38. Composição modal do Ortogneisse Guaxupé indicando protólito sienó e monzó granítico. Triângulo composicional para classificação de rochas ígneas plutônicas, segundo Streckeisen (1976). Q- quartzo, A- alcalifeldspatos e P-plagioclásio.	38
Figura 39. Lajedo de ortogneisse granulítico na base da Nappe Guaxupé. Ponto PF-5, limite das folhas Poço Fundo e São Gonçalo do Sapucaí.	39
Figura 40. Fenocristais de feldspatos e xistosidade anastomosada em ortogneisse da Nappe Guaxupé. Ponto EM-4, Folha Elói Mendes limite com Folha São Gonçalo do Sapucaí.	39
Figura 41. Quartzo, plagioclásio, microclina e biotita e minerais opacos constituindo a matriz de ortogneisse granulítico da Nappe Guaxupé. Ponto SG-159, no norte da área mapeada.	40
Figura 42. Hornblenda verde, ortopiroxênio e minerais opacos ao longo da xistosidade em ortogranulito da Nappe Guaxupé. Ponto 15, no norte da área mapeada.	40
Figura 43. Feldspatos recristalizados em ortogneisse granulítico na base da Nappe Guaxupé. Ponto SG-15, parte norte da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	44
Figura 44. Dobras com superfície axial paralela a foliação regional no Ortogneisse Santa Luzia. Ponto SG-5 próximo a Monsenhor Paulo, no norte da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	45

Figura 45. Lineação de estiramento em biotita xisto. Ponto SG-40, sudoeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.	45
Figura 46. Estereograma de lineações demonstrando predominância de baixos mergulhos para W, SW e NW. Rede Schmidt, projeção equiárea.	46
Figura 47. Estereograma da foliação principal com mergulhos para NW e SE, demonstrando dobras DR1. Rede Schmidt, projeção equiárea	47
Figura 48. Ortognaisse Santa Luzia com textura milonítica, zona de cisalhamento Três Corações.	48
Figura 49. <i>Shear band cleavage</i> do tipo- C, indicando cisalhamento dextrógiro. Ortognaisse Santa Luzia, na Zona de Cisalhamento Três Corações.	48
Figura 50. Paragnaisse milonítico com mica fish indicando cisalhamento dextrógiro. Zona de Cisalhamento Três Corações.	49
Figura 51. Ortognaisse Santa Luzia milonítico com indicador cinemático do tipo- $\sigma$ , indicando cisalhamento dextrógiro. Zona de cisalhamento Três Corações.	49
Figura 52. Micropertita com estrutura do tipo <i>flamme</i> . Ortognaisse Santa Luzia, na zona de cisalhamento Três corações.	50
Figura 53. Microclina com textura manto núcleo, apresentando bordas recristalizadas. Ortognaisse Santa Luzia, na zona de cisalhamento Três Corações.	50
Figura 54. Sistema de nappes no sul de Minas Gerais com a Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 no polígono. Branco- embasamento, Azul escuro- domínio (para)autóctone, Amarelo claro – klipp Carrancas. Nappes: Amarelo- Luminárias, Laranja- São Tomé das Letras, Bege- Carmo da Cahoeira/Andrelândia, Marrom- Lambari/Liberdade, Azul esverdeado- Varginha e klippen correlatas, Verde escuro- Guaxupé. Vermelho- granitóide brasileiros. No canto sudoeste, em tons de verde e roxo unidades tectônicas da Faixa Ribeira. Negro- Maciços alcalinos Cretáceo-Cenozóicos. Setas- lineações de estiramento. Mapa segundo Pertene e Trouw (2007).	51
Figura 55. Campos definidos pelas associações metamórficas na Folha São Gonçalo do Sapucaí: Azul = sillimanita em xistos com granada, estauroлита, cianita e rutilo; Vermelho = almandina-estauroлита-cianita-rutilo + fusão parcial em xistos e, Verde = ortopiroxênio no Ortognaisse Guaxupé. O gráfico mostra o campo de estabilidade de biotita, granada, andaluzita (And), estauroлита, cianita (Ky), sillimanita (Sil), cordierita (Co), almandina (70%) + rutilo e hipertênio (Opx), e o limite muscovita + quartzo (Musc + qtz) versus K-feldspato + quartzo (k-felds + qtz), Anf- fácies anfíbolito. Gráfico baseado em Yardley, 1991.	53

Figura 56. Estauroлита, inclusa em granada D2, definindo fácies anfibolito em muscovita xisto da unidade A <sub>6</sub> . Ponto SG- 209, Fazenda Santa Inês, sul da Serra do Quiabeiro.	54
Figura 57. Muscovita xisto da unidade A <sub>6</sub> com cianita definindo metamorfismo de pressão de intermediária a alta. Ponto SG-209, Fazenda Santa Inês, sul da Serra do Quiabeiro.	54
Figura 58. Ortopiroxênio parcialmente substituído por hornblenda verde em ortogranulito da Nappe Guaxué. Ponto SG 15, no norte da área mapeada.	55
Figura 59. Agregados de fibrolita em muscovita xisto da unidade A <sub>6</sub> . Ponto SG-209, Fazenda Santa Inês, a sul da Serra do Quiabeiro.	55
Figura 60. Mapa metamórfico do sul de Minas Gerais, segundo Peternel e Trouw (2007). Folha São Gonçalo do Sapucaí no polígono. Branco-embasamento. Zonas e fácies metamórficas relacionadas a Faixa Brasília: Amarelo- biotita, xisto verde médio, Laranja- granada, xisto verde alto, Vermelho= anfibolito, estauroлита e cianita, Roxo escuro- cianita + k-feldspato, granulito de alta pressão e Roxo claro- sillimanita + K-feldspato, granulito de pressão média, Verde- hiperstênio, granulito de pressão média. Faixa Ribeira: Azul escuro, sillimanita na zona da cianita da Faixa Brasília e Azul claro- zona da sillimanita, fácies anfibolito.	56

## Resumo

A Folha São Gonçalo do Sapucaí é constituída, essencialmente, por rochas pré-cambrianas deformadas em fácies anfíbolito e granulito, durante a Orogênese Brasileira. Localiza-se no extremo sul da Faixa Brasília, no sistema de nappes Socorro-Guaxupé. As rochas nestas nappes registram movimento tectônico geral de topo para leste. A posterior deformação destas estruturas, em dobras com planos axiais NE-SW/subverticais e eixos NE-SW/subhorizontais, pode ser atribuída a evolução da Faixa Ribeira. A Zona de Cisalhamento Três Corações, uma estrutura regional NE-SW/subvertical destrógiara, trunca as unidades litológicas, é parte de um conjunto de estruturas dos episódios finais da Orogênese Brasileira.

Os trabalhos de campo permitiram definir seis unidades de mapeamento, duas consideradas embasamento e quatro neoproterozóicas. O embasamento inclui o Ortognaisse São Gonçalo, tonalítico, de provável idade Arqueana e, o Ortognaisse Santa Luzia, granítico com idade U-Pb em zircão de  $2086 \pm 5$  Ma. As unidades neoproterozóicas são paragnaises bandados, biotita xistos e muscovita xistos da Megassequência Andrelândia; e ortognaises granulíticos Guaxupé. Estas seis unidades de mapeamento se distribuem em três nappes, Carmo da Cachoeira, Lambari e Guaxupé. No norte da folha, os ortognaises granulíticos representam a Nappe Guaxupé, superior. Sob esta estrutura aparece a Nappe Lambari, com unidades do embasamento e da Megassequência Andrelândia. A nappe inferior, Carmo da Cachoeira, é constituída por unidades da Megassequência Andrelândia.

## Abstract

Precambrian amphibolite and granulite facies successions metamorphosed and deformed during the Brasiliano Orogeny occur in the studied area, the São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 sheet. The successions show top to east tectonic movement related to emplacement of the Guaxupé Nappe system during collision in the southern part of Brasilia Belt. These early structures were later deformed in open to tight folds with NE-SW/subvertical axial planes and NE-SW/subhorizontal axes. This event can be attributed to the evolution of the Ribeira Belt. The Três Corações Shear Zone, a dextral regional NE-SW/subvertical shear zone, cuts the older structures and can be considered as part of the last events of crustal block amalgamation at the final stages of the Brasiliano Orogeny.

Six main mappable units were defined during the field work, two orthogneiss units of the Paleoproterozoic/Archean basement and four Neoproterozoic metasedimentary units correlated to the Andrelândia Megasequence. These units are distributed in three nappes, from base to top, the Carmo da Cachoeira Nappe with Andrelândia Units, the Lambari Nappe constituted of basement and Andrelândia units and the Guaxupé Nappe with granulite facies orthogneiss related to the magmatic arc developed prior to the collisional events.



## 1. Introdução

### 1.1. Localização geográfica da área de estudo

A Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 (SF-23-V-D-V-4; IBGE, 1971) é delimitada pelos paralelos  $45^{\circ}30'W$  -  $45^{\circ}45'W$  e meridianos  $21^{\circ}45'S$  -  $22^{\circ}00'S$ . Cobre uma área aproximada de  $750 \text{ Km}^2$  que inclui as cidades de São Gonçalo do Sapucaí, Monsenhor Paulo e Cordislândia no sul do Estado de Minas Gerais (Fig. 1).

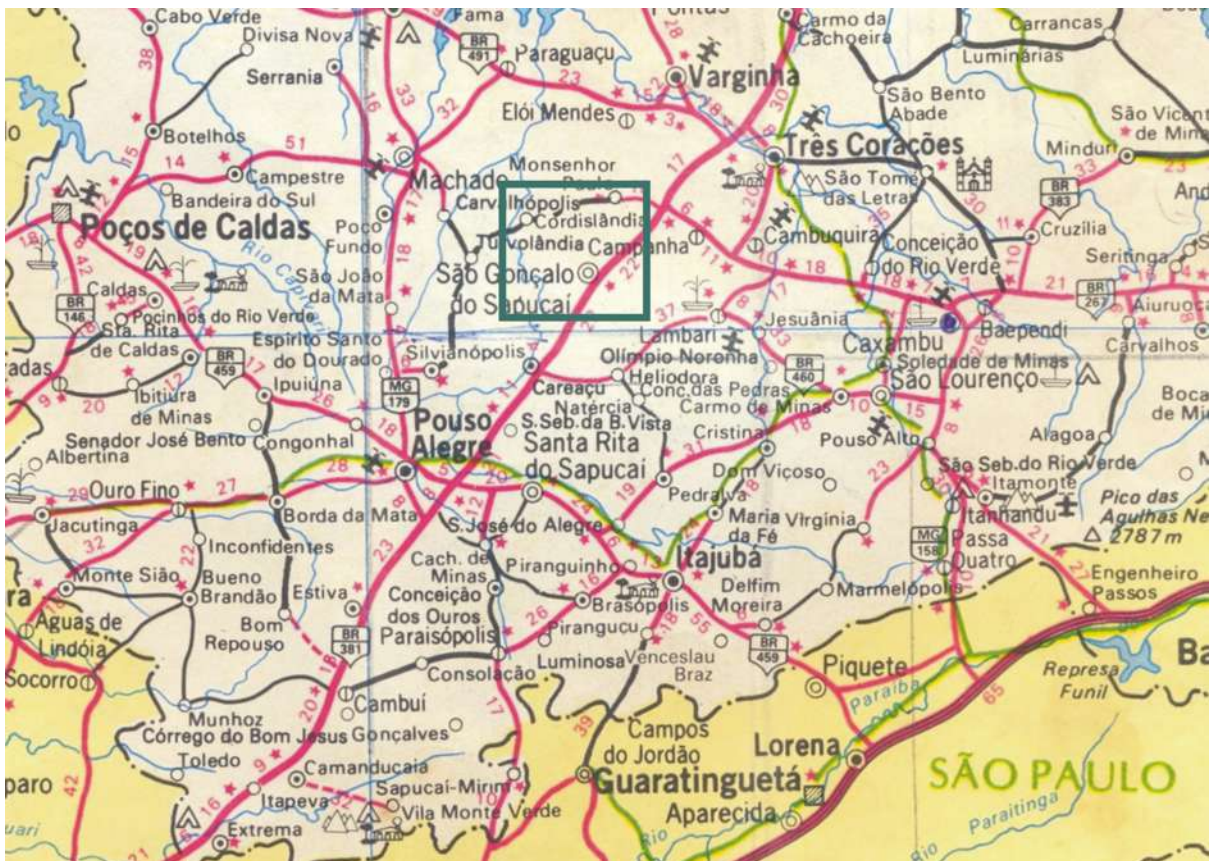


Figura 1. Localização da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 no sul de Minas Gerais – polígono verde. Fonte Mapa Rodoviário Quatro Rodas, ano 2000. A Rodovia Fernão Dias (BR-381) corta a área no rumo NE-SW.

## 1.2. Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é caracterizar a evolução geotectônica das unidades pré-cambrianas na Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000. Os dados e resultados integram-se a tradicional linha de pesquisa do Departamento de Geologia da UFRJ sobre a evolução geotectônica do Pré-cambriano no sul de Minas Gerais. Parte dos resultados foram apresentados durante o trabalho de conclusão do curso de geologia (Oliveira, A.A., 2007) na XXIX Jornada de Iniciação Científica da UFRJ (Oliveira, A.A., 2007), no 10<sup>o</sup> Simpósio de Geologia do Sudeste (Oliveira et al., 2007).

## 1.3. Metodologia

### 1.3.1. Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo incluíram o mapeamento geológico na escala 1:50.000 de uma área de 750Km<sup>2</sup> abrangendo toda a Folha São Gonçalo do Sapucaí. Durante o mapeamento foram feitas análises estrutural, metamórfica e litoestratigráfica, além de seções geológicas transversais a estrutura regional.

Foram 50 dias de trabalho de campo, distribuídos nos meses de janeiro, abril, junho e julho de 2007 e 2008, totalizando 510 pontos estudados, com coleta de 120 amostras, sendo 14 utilizadas para análise geoquímica e 50 para petrografia. Na tarefa de campo foram utilizados martelo Westwing, marreta de 3Kg, bússula Brunton, lupa de bolso com 10 e 20 aumentos, GPS e-track Garmin, ácido clorídrico diluído (0,1 mol/litro) e peróxido de hidrogênio.

### 1.3.2. Trabalhos de Escritório

Os trabalhos de gabinete foram desenvolvidos no ano 2008 alternando-se com as atividades de campo. Consistiram das seguintes atividades:

- produção de mapa geológico 1:50.000 no programa SIG (anexo 1)
- confecção de seção geológica transversal a estrutura regional (anexo 1)
- levantamento bibliográfico, incluindo geologia regional e trabalhos anteriores sobre a área
- elaboração do texto final

### 1.3.3. Trabalhos de Laboratório

Esta atividade foi realizada em laboratórios do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e incluiu petrografia e geoquímica.

#### 1.3.3.1. Petrografia

Com as análises petrográficas foi feita a composição modal e identificadas as principais associações minerais metamórficas e microestruturas das rochas. As lâminas delgadas de rochas foram confeccionadas por Tarcísio Raymundo de Abreu, no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia. As descrições foram feitas em microscópio Ortoplan Zeiss, modelo L, na sala J2-020. Na análise modal foram contados 400 pontos com contador modelo Swift F.

Nas descrições petrográficas de campo e laboratório foi usada a seguinte norma para tamanho dos grãos: fina < 1mm, média 1-5mm, grossa 5-30mm e muito grossa > 30mm.

#### 1.3.3.2. Análise Geoquímica.

Esta etapa foi desenvolvida no Laboratório de Fluorescência de Raio-X do Departamento de Geologia da UFRJ, com orientação do Professor Julio Cesar Mendes. Foram analisadas 14 amostras com o método de Fluorescência de Raio-X. Os elementos maiores e menores analisados, expressos em porcentagem peso de óxidos, foram: SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Os elementos traços analisados foram Co, Zn, Ga, Rb, Sr, Zr, Nb, Ba. Também foram feitas a determinação de voláteis pelo método de perda ao fogo (LOI).

A espectrometria de fluorescência de Raio-X (XRF) é uma técnica analítica versátil e rápida que permite a análise de elementos maiores e traços, detectando concentrações desde porcentagens peso a partes por milhão (ppm). Esta técnica é baseada na excitação da amostra por raios-X. A amostra é excitada pela radiação provinda do tubo e gera raios-X característicos (raio-X fluorescente) dos elementos químicos presentes. A partir da comparação de padrões de calibração utiliza-se a intensidade do Raio-X característico para determinar a concentração dos elementos da amostra.

#### Preparação das amostras

As amostras foram lavadas e britadas no Laboratório de Preparação de Amostras com o auxílio do técnico Osório de Moura Quintão. Foi utilizado britador de mandíbula com

abertura máxima de 10 centímetros. Posteriormente as amostras foram quarteadas e novamente lavadas. As amostras britadas e quarteadas foram moidas durante 1,5 minutos, em moinho de panela de tungstênio Siebtechnik, para atingir tamanho < 200 mesh.

#### Condições Analíticas Quantitativas

Elementos maiores e traços foram dosados com Espectrômetro de Fluorescência de raios X Philips PW2400, com tubo de Rh. A perda ao fogo foi obtida através da pesagem da amostra, antes e depois da mesma ser levada a 950°C por meia hora. Os elementos maiores foram detectados a partir da fusão de 1,2g de pó do material com tetraborato de lítio. Os elementos traços foram determinados em 7g do pó da amostra, prensada com 1g de aglutinante wax. Os elementos leves foram dosados com as seguintes condições: detector de fluxo, cristal analisador PET/Ge e potência do tubo 40 kV - 70 mA. Os elementos pesados foram detectados com detector selado, cristais analisadores LIF200/LIF220 e potência do tubo 50 kV - 50 mA. Com base em análises de padrões, o erro analítico relativo estimado é: Si, Al (<1%), Fe, Mg, Ca (1-2%), Ti, Na, K (3-5%), P e outros elementos traços ( $\leq 6\%$ ). As curvas de calibração foram obtidas a partir da análise dos seguintes padrões internacionais: NIM-P, 521-84n, GBW07112, GIT-IWG, ANRT, BE-N GIT, PM-S GIT, CRPG BR, AN-G GIT, GBW07104, GBW07110, GBW07111, AC-E, GS-N, MA-N, CRPG GH.

## 2. Geologia Regional

As unidades pré-cambrianas do sul de Minas Gerais, onde inclui-se a área mapeada, constituem faixas móveis neoproterozóicas, geradas durante a Orogênese Brasileira. Estas faixas localizam-se a sul do Cráton do São Francisco (Fig. 2) e, incluem duas grandes unidades litoestratigráficas: embasamento com rochas arqueanas e paleoproterozóicas, sobreposto, em discordância angular e/ou litológica, por sucessões proterozóicas onde predominam rochas metassedimentares (Fig. 3).

### 2.1. Embasamento

No embasamento, desde a área cratônica até as intercalações nas faixas móveis, ocorrem faixas de tipo greenstone belt, ortomigmatitos e ortognaisses granitóides, dioríticos e gabróticos. Existem também corpos de rochas metaígneas félsicas, máficas e ultramáficas, formando diques, stocks, plutons e soleiras que cortam ortognaisses. As faixas de tipo greenstone belt incluem metabasitos, metaultramafitos e sucessões metassedimentares com filitos, quartzitos, gonditos e outras variedade de metachert, além de formação ferrífera bandada. Metafelsitos subvulcânicos/vulcânicos tem sido tradicionalmente associados a estas faixas. Quartzitos, xistos e itabiritos do Supergrupo Minas, na Serra de Bonsucesso, a cerca de 300km a NE da área mapeada, também fazem parte do embasamento. Na Folha São Gonçalo do Sapucaí o embasamento está representado por dois corpos de ortognaisses, um granítico, com idade U-Pb em zircão de  $2086 \pm 5$  Ma (Peternel, 2005) e outro, mais antigo, tonalítico.

Sínteses sobre a geologia regional do embasamento, incluindo a parte pericratônica, aparecem nos trabalhos de Pires, 1978; Paciullo, 1997; Ribeiro, 1997; Ávila, 2000; Cherman, 2004, Peternel, 2005. Existe um consenso que os metagranitóides do embasamento registram, pelo menos, dois eventos de acreção crustal, um por volta de 2.7Ga e outro em torno de 2.0Ga (Ávila, 2000; Cordani et al., 1973; Machado et al., 1993), este último incluído na Orogênese Transamazônica.

### 2.2. Sequências Proterozóicas

As unidades precambrianas pós-transamazônicas na região sul de Minas Gerais foram incluídas em três megassequências dominadas por rochas metassedimentares. A mais antiga, São João del Rei, é constituída por sucessões quartzíticas de ambiente misto, litorâneo e deltáico (Ribeiro, 1997). Acima desta aparece a Megassequência Carandaí, constituída por uma seqüência carbonática plataformar e outra pelítica de costa a fora (Senra, 2007). A Megassequência Andrelândia, mais nova, também inclui duas seqüências, Carrancas na base e

Serra do Turvo no topo (Figs. 3 e 4; Paciullo *et al.*, 2000 e 2003). A primeira é constituída por paragneisses, quartzitos, filitos, xistos e intercalações de anfibolitos (litofácies A1 à A4); a segunda essencialmente por biotita xistos (litofácies A5). Estas associações gradam lateralmente para a associação A6, que representa sucessões distais da Bacia Andrelândia. Segundo Paciullo *et al.*, (2000 e 2003), as associações de litofácies são as seguintes:

- A1: biotita gnaisses finos bandados contendo intercalações de corpos anfibolíticos.
- A2: biotita gnaisses finos bandados com intercalações de quartzitos, xistos e anfibolitos.
- A3: quartzitos com intercalações subordinadas de xistos e escassos conglomerados.
- A4: filitos-xistos cinzentos com intercalações quartzíticas subordinadas.
- A5: biotita xistos-gnaisses finos, maciços ou laminados, localmente com grânulos e clastos caídos.
- A6: biotita xistos-gnaisses grossos, contendo intercalações de rochas calciossilicáticas, quartzitos manganésíferos, quartzitos e anfibolitos.

Trouw *et al.* (2006), revisaram a nomenclatura proposta por Paciullo (2000 e 2003) e adotaram o prefixo NPa (Neoproterozóico Andrelândia) seguido da abreviação da localidade tipo das unidades, da seguinte maneira: NPasv (A1+A2) – Unidade São Vicente; NPastl (A3) – Unidade São Tomé das Letras; NPac (A4) – Unidade Campestre; NPasa (A5) – Unidade Santo Antônio e; NPaar (A6) – Unidade Arantina.

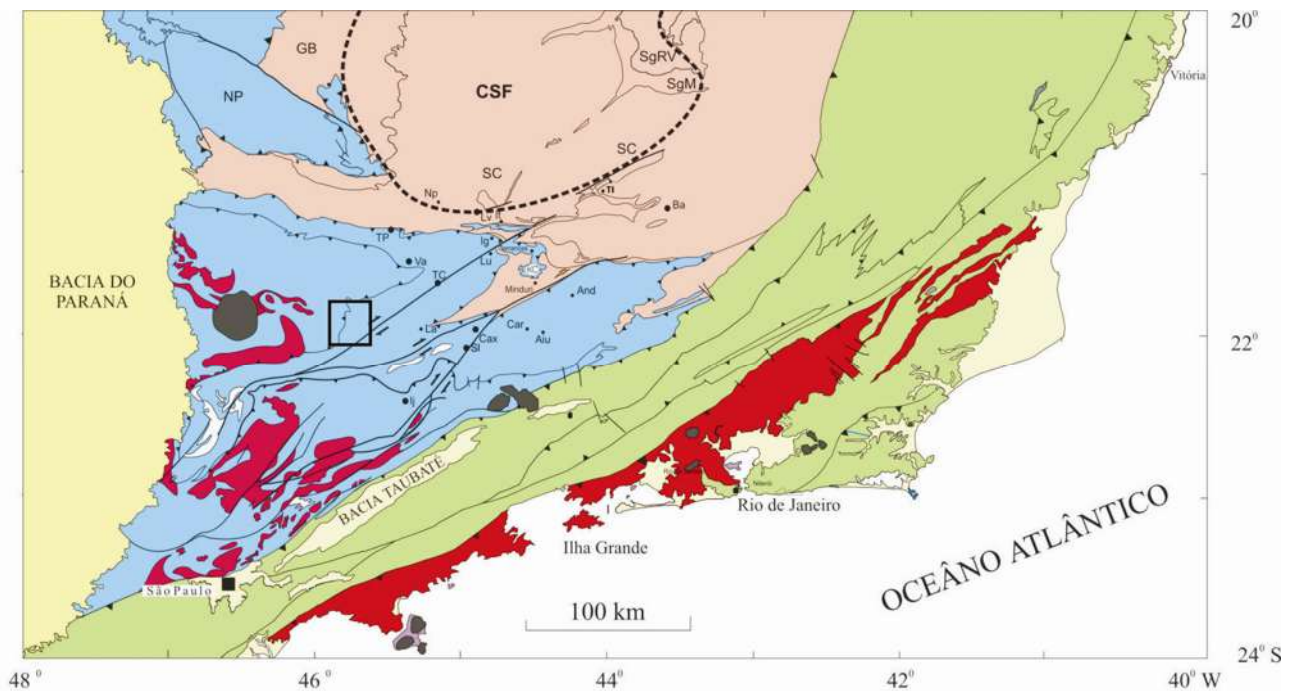


Figura 2. Localização da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 no contexto geológico regional- quadrado negro no sistema de nappes Socorro-Guaxupé. Rosa– embasamento e coberturas do Cráton do São Francisco (CSF), traço negro– limite convencional do cráton. Azul– Faixa Brasília, verde– Faixa Ribeira e vermelho– plutonitos associados as faixas Brasília e Ribeira. Amarelo– Bacia do Paraná. Cinza escuro– maciços alcalinos do Cretáceo e Cenozóico. Amarelo claro– sedimentos em bacias cenozóicas. Mapa de Trouw *et al.*, 2000.

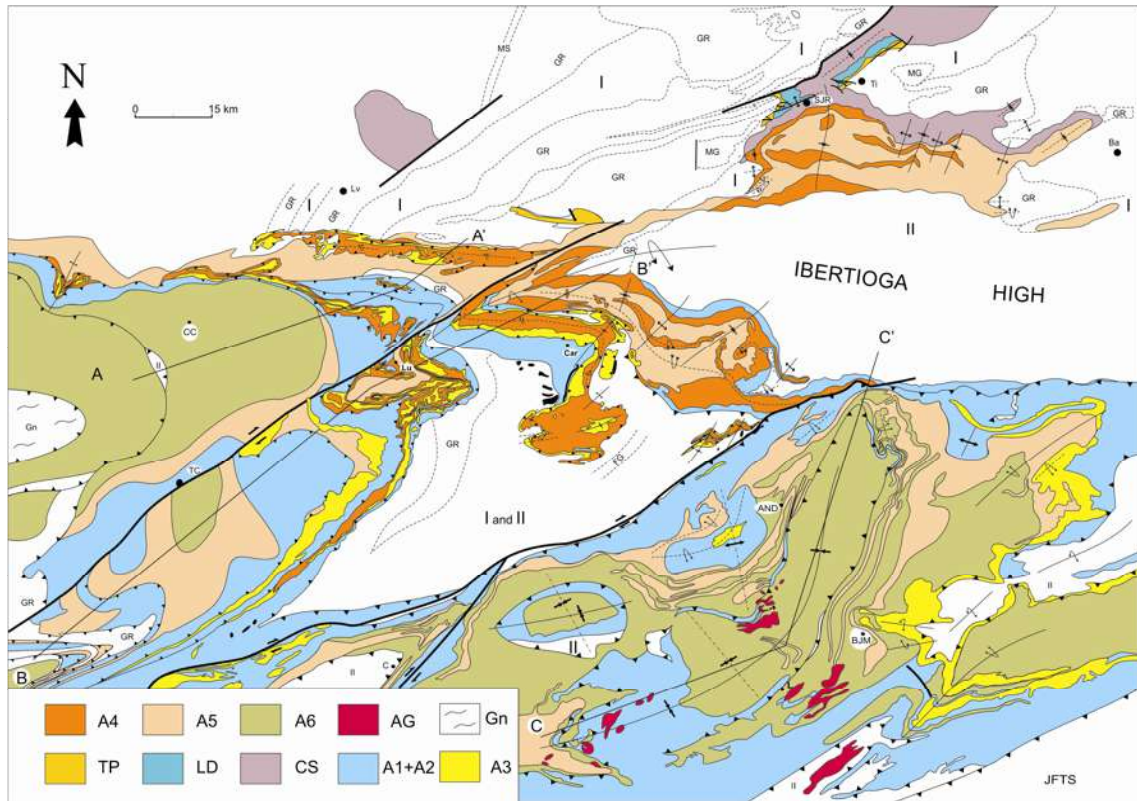


Figura 3. Mapa geológico da zona de interferência entre as faixas móveis Brasília e Ribeira, no sul de Minas Gerais. Unidades do embasamento: I) greenstone belts, II) Complexo Mantiqueira, MS) Supergrupo Minas; Intrusões Paleoproterozóicas: GR) granitóides, MG) gabróicas. Sequências Depositionais Proterozóicas: SDT) Tiradentes, SDL) Lenheiro, SDC) Carandaí, SDA) Andrelândia, Unidades da SDA: A1 e A2) biotita gnaisses bandados, com intercalações de quartzitos, anfibolitos e xistos máficos - ultramáficos, A3) quartzitos com intercalações de muscovita-xistos, A4) filitos - xistos cinzentos com intercalações quartzíticas subordinadas, A5) biotita-xistos, maciços ou laminados, localmente com granulos e seixos pingados, A6) biotita-xistos - gnaisses grossos, com intercalações de anfibolitos, quartzitos, metacherts e rochas calcissilicáticas. Areas pretas) principais corpos ultramáficos; GA) granitos anatéticos, NG) Nappe de Guaxupé, JFTS) Sistema de empurrões de Juiz de Fora. Cidades: SJR- São João Del Rei, Ti- Tiradentes, Ba- Barbacena, Lv - Lavras, Ca r- Carrancas, Lu - Luminárias, CC - Carmo da Cachoeira, TC - Três Corações, C - Caxambú, AND Andrelândia, BJM- Bom Jardim de Minas. Detalhe na parte superior esquerda: Domínios Tectônicos - I) autóctone, II e III) alóctones. Modificado de Paciullo, (1997) e Trouw et al., (2000).

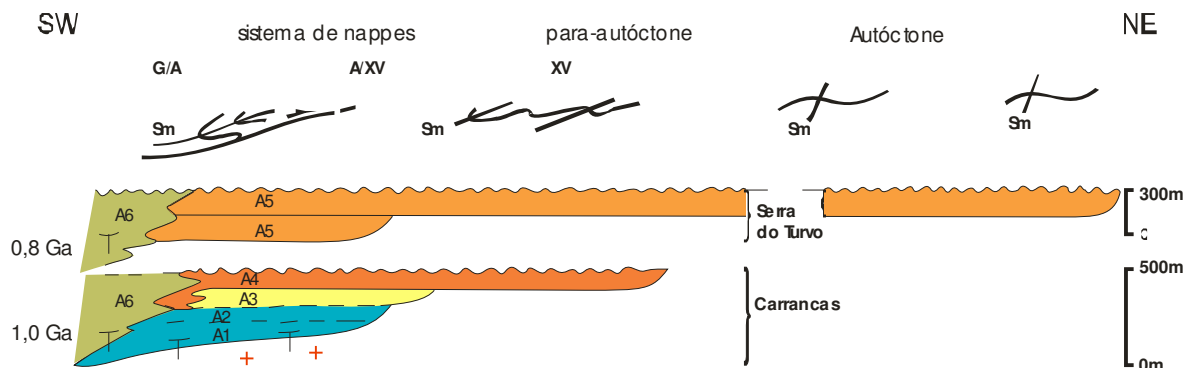


Figura 4. Carta estratigráfica simplificada mostrando a possível configuração da Megassequência Andrelândia Paciullo et al. (2000, 2003). + = embasamento, sequências deposicionais Carrancas, Serra do Turvo e as unidades de mapeamento A1 até A6. T derrames e soleiras de rochas máficas. Acima, traço empurrões, foliação principal (Sm) e dobras brasileiras. Fácies metamórficas XV- xisto verde, A- anfibolito e G-granulito.

### 2.3. Orogênese Brasileira

A área estudada situa-se na parte sul da Província Tocantins, a sudoeste da borda meridional do Cráton do São Francisco (Almeida et al., 1981). Foi considerada parte da zona de interferência entre as faixas neoproterozóicas Brasília e Ribeira (Trouw et al., 1994, 2000; Peternel et al., 2005, Trouw *et al.*, 2007). Inclui as nappes Guaxupé, Lambari e Carmo da Cachoeira, do sistema de nappes Socorro-Guaxupé (Figs. 2 e 49). Estas nappes, a foliação e o metamorfismo principais, foram gerados durante a formação da parte setentrional da Faixa Brasília. A posterior deformação destas estruturas, em antiformais e sinformais regionais, pode ser atribuída a evolução da Faixa Ribeira. A Zona de Cisalhamento Três Corações, uma estrutura regional NE-SW/subvertical destrógi, que trunca unidades da área, é parte de um conjunto de estruturas formadas nos episódios finais da Orogênese Brasileira.

A parte setentrional da Faixa Brasília foi estruturada durante a colisão do Cráton do Paranapanema contra a margem ocidental do Paleocontinente São Francisco. O auge de metamorfismo ocorreu em torno de 640Ma na Nappe de Passos (Valeriano et al., 2000, 2004a e b) e em torno de 620Ma no sistema de nappes Socorro-Guaxupé (Peternel, 2005). Segundo Trouw *et al.* (2000) o metamorfismo referente ao primeiro estágio colisional ( $M_B$ ) é do tipo Barroviano e contemporâneo à formação das *nappes* da Faixa Brasília. O grau metamórfico varia desde fácies xisto-verde médio no domínio autóctone passando para fácies anfíbolito e granulito de alta pressão nos domínios alóctones (Fig.58). O metamorfismo de pressão alta é caracterizado por associações Ky-Kfs em metassedimentos e Cpx-Grt-Qt em metamáficas (Ribeiro *et al.*, 1995 *apud* Trouw *et al.*, 2000). O grau metamórfico cresce gradativamente em direção às *nappes* Varginha e Socorro-Guaxupé que se sobrepõem ao Sistema de *Nappes* Luminárias e Liberdade. Essa inversão é de caráter pós-metamórfico e relacionada a ao estágio colisional da Orogênese Brasília.

A esta estruturação geotectônica foram amalgamados, em torno de 580Ma o Arco Rio Negro e há cerca de 520Ma o Terreno Cabo Frio, formando então o Segmento Central da Faixa Ribeira (Heilbron et al., 1995). Estas colisões ocorreram no contexto da aglutinação continental que deu origem ao Supercontinente Gondwana (Almeida et al., 2000; Alkmim et al., 2001, Valeriano et al., 2004b).

#### 2.3.1. Nappe Socorro-Guaxupé

A *Nappe* Socorro-Guaxupé (Fig.5) representa um arco magmático cordilheirano desenvolvido na margem da Placa Paranapanema devido ao fechamento do Oceano Brasilides com subducção para W da Placa Sanfransiscana sob a Placa Paranapanema e formação de



arco magmático na margem da placa superior. As idades, compiladas em Campos Neto *et al.* (2004), registram atividade ígnea cálcio-alcálica de arco a *ca.*670-650Ma (Figueiredo *et al.* 1992 & Heilbron, 1993 *apud* Campos Neto & Figueiredo, 1995) e metamorfismo de caráter colisional a *ca.*630-610Ma . Este grande domínio alóctone é segmentado em dois lobos principais: Guaxupé ao norte e Socorro ao sul, separados por uma megaestrutura antiformal e por zonas de cisalhamento. Campos Neto (2000) individualizou a Nappe Socorro-Guaxupé em três unidades principais: Inferior, Intermediária e Superior. A **Unidade Inferior** é constituída por Grt-Bt-Opx±(Cpx&Amp) granulito gnaisses bandados, esverdeados, enderbíticos a charno-enderbíticos, com intercalações decimétricas de gnaisses gabro-noríticos e leucossomas estromáticos hololeucocráticos, charnoquíticos e enderbíticos. O topo desta unidade é constituído de Hbl e Bt-Hbl gnaisses, tonalíticos a granodioríticos, intercalados com anfiboitos e bandas estromáticas leucotonalíticas/trochjemíticas. A **Unidade Intermediária** é caracterizada por Hbl-Bt-Cpx gnaisses migmatíticos, dioríticos a tonalíticos, que gradam lateralmente para granitos porfiríticos deformados de origem anatética. A **Unidade Superior** é caracterizada pela predominância de Grt-Sil-Bt gnaisses bandados com leucossomas portadores de Grt e Bt, intercalados com Sil-Ms quartzitos, gnaisses quartzosos, calcissilicáticas, raros mármore, Hbl gnaisses e anfibolitos.

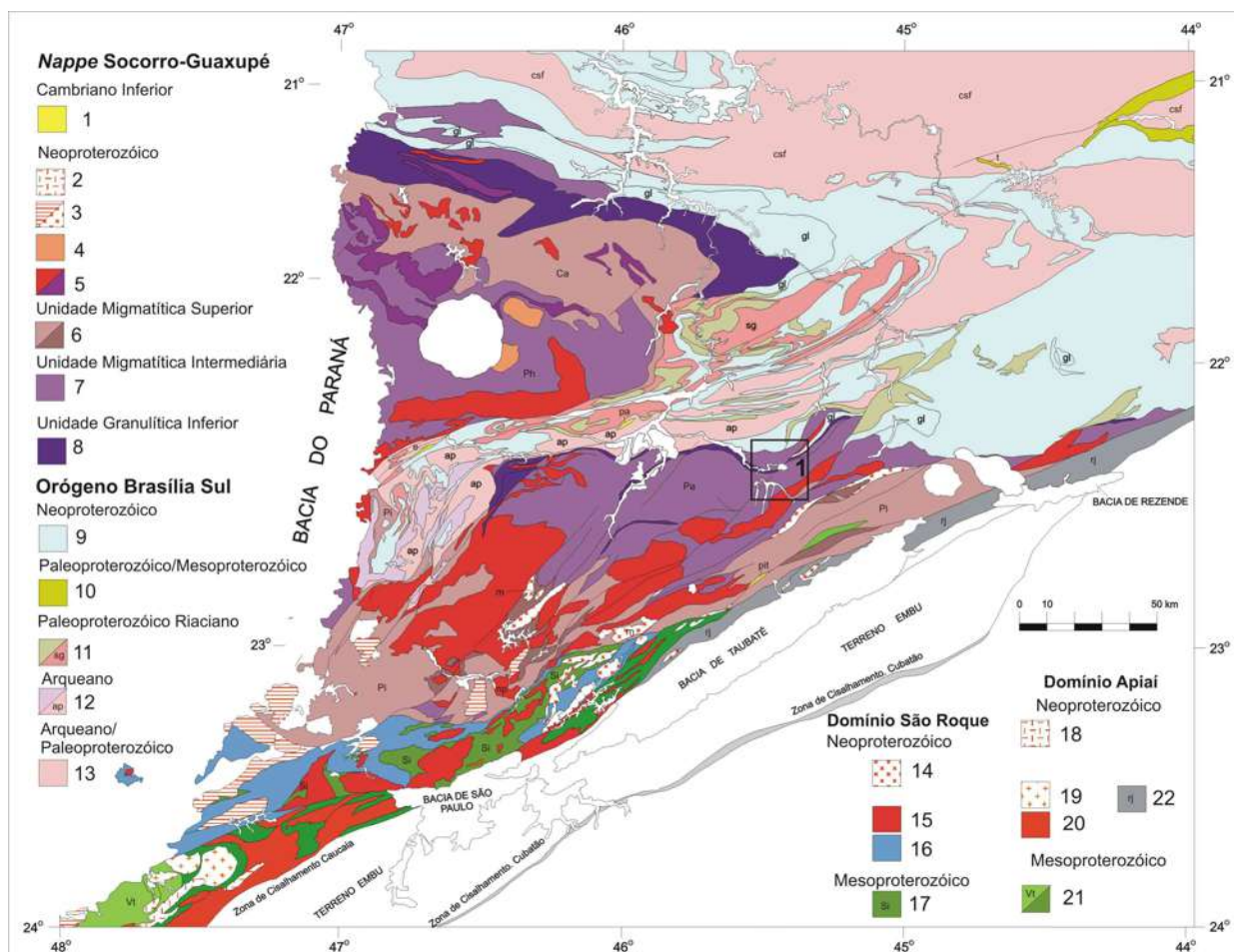


Figura 5: Mapa Geológico da *Nappe Socorro-Guaxupé*, do Domínio São Roque e Apiaí (Heilbron *et al.*, 2004).

#### *Nappe Socorro-Guaxupé* (1-8)

1 – Fm Pico do Itapeva (**pit**) e correlatos no Domínio Andrelândia (e-Fm Eleutério, pa-Fm Pouso Alegre); 2 – Granitos tipo-A; 3 – Província Granítica Itu (Série jotunito-mangerito **m** e granitos 585-590 Ma); 4 – Sienitos Capituva e Pedra Branca (*ca.* 610 Ma); 5 – Hbl-Bt ortognaisses cálcio-alcálicos porfírico-porfiroclásticos, Grt-Bt granitos (**np**) e ortognaisses mangerítico-graníticos (620-630 Ma); 6 – Gnaisses e migmatitos estromáticos com mesossoma metassedimentar, Complexos Piracaia (**Pi**) e Caconde (**Ca**). Ortognaisses tonalito-granodiorito-graníticos (640-655 Ma). 7 – Gnaisses diatexíticos de composição granítica metaluminosa. Complexos Pinhal (**Ph**) e Paraisópolis (**Pa**); 8 – Granada granulitos básicos e enderbitos gnáissicos;

#### Orógeno Brasília Sul e Cráton do São Francisco (9-13)

9 – *Nappes* de seqüências metassedimentares neoproterozóicas, (**gl**) *Nappes* de granulitos a cianita; 10 – Grupo São João Del Rei e Fm Tiradentes (**t**); 11 – Ortognaisses tonalito-granodioríticos. Complexos São Gonçalo do Sapucaí (**sg**); Tonalitos Serra Negra (Neoarqueano) Complexo Amparo (**ap** – Mesoarqueano); 13 – Complexos ortognaissicos e migmatíticos, incluindo a borda sul do Cráton São Francisco (**csf**).

#### Domínio São Roque

14 – Granitos; 15 – Hbl-Bt granitóides porfíricos, calcioalcalinos potássicos; 16 – Grupo São Roque; 17 – Grupo Serra do Itaberaba

Domínio Apiaí: 18 – Sienogranitos tipo-A; 19 – Ms-Bt granitos e granodioritos; 20 – Hbl-Bt granitóides porfíricos, calcioalcalinos potássicos; 21 – Fm Votuverava (**Vt**). Micaxistos transicionando a gnaisses e migmatitos, estruturados na direção NE; 22 – Faixa Milonítica Rio Jaguari.

### 3. Geologia da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000

Na área estudada afloram ortognaisses arqueanos e paleoproterozóicos considerados parte do embasamento e sucessões neoproterozóicas da Megassequência Andrelândia. Com base no conteúdo litológico foi possível definir as seguintes unidades de mapeamento, localmente cobertas por depósitos cenozóicos fluviais, coluviais e de talus (Anexo 1):

- a) Ortognaisse São Gonçalo - hornblenda tonalito gnaisses e raras intercalações de anfibolitos,
- b) Ortognaisse Santa Luzia - augen gnaisses graníticos e esparsas lentes de xistos máficos,
- c) Megasequência Andrelândia com três unidades, todas contendo anfibolitos e pegmatitos:  
NPasv- paragnaisses bandados, quartzitos e xistos, NPasa - granada biotita xisto/gnaisse e  
NPaar - granada muscovita xistos, quartzo xistos e quartzitos e,
- d) Ortognaisses granulíticos da Nappe Guaxupé.

Estas unidades aparecem em três nappes, Carmo da Cachoeira, inferior, constituída por unidades da Megassequência Andrelândia, Lambari com embasamento e Megassequência Andrelândia e Nappe Guaxupé com ortognaisses granulíticos (Anexo 1 e Fig. 55).

#### 3.1. Embasamento

O embasamento está representado pelos ortognaisses São Gonçalo e Santa Luzia, ambos na Nappe Lambari (Anexo 1). Peternel (2005) obteve em amostras coletadas logo nordeste da área, na mesma nappe, uma idade Pb-Pb de 2.909 Ga em zircão de um ortognaisse correlacionado ao São Gonçalo e uma idade U-Pb em zircão de  $2086 \pm 5$  Ma para o Ortognaisse Santa Luzia. Os contatos e escassos xenólitos indicam que o corpo mais novo, Santa Luzia, é intrusivo no Ortognaisse São Gonçalo.

##### 3.1.2. Ortognaisse São Gonçalo

Esta unidade alcança cerca de 2km de espessura aparente (Anexo 1). São ortognaisses cinzentos que afloram na escarpa da Serra de São Gonçalo e na baixada a leste, em lajedos frescos ou semi-frescos e em barrancos de rocha alterada (Fig. 6). Trata-se de ortognaisses tonalíticos cinzentos, com xistosidade definida principalmente por orientação de biotita e feldspatos. Intercalações de corpos quartzo-feldspáticos leucossomáticos, pegmatitos e aplitos fornecem caracter migmatítico (Fig. 7). Ocorrem também veios centimétricos de quartzo e escassas intercalações de anfibolitos em lentes com até 1 metro de espessura.



Figura 6. Paredão do Ortognaisse São Gonçalo na escarpa da Serra de São Gonçalo.



Figura 7. Estrutura migmatítica definida por leitos quartzo-feldspáticos redobrados. Ortognaisse São Gonçalo no ponto SG-29.

### 3.1.2.1. Petrografia

As amostras analisadas são de ortogneisses leucocráticos a mesocráticos, com textura equigranular ou seriada, matriz hipidiomórfica a xenomórfica média (1-5mm) e fenocristais de plagioclásio de 1 até 6mm de comprimento. Ocorrem quartzo, plagioclásio (Fig. 8), biotita, hornblenda, epidoto, allanita, titanita (Fig. 9), microclina, antipertita, zircão e minerais opacos. A moda permite definir protólitos tonalíticos (Figs. 10 e 11).

O quartzo constitui de 22 à 31% da moda. Na matriz ocorre em cristais finos (< 1mm) a médios (1-5mm), xenomórficos a hipidiomórficos, deformados ou recristalizados (Fig. 8). No contato entre plagioclásio e microclina forma intercrescimentos mirmequíticos. Ocorre também, raramente, como inclusões em plagioclásio (Fig. 8).

Ocorrem três tipos de feldspatos, plagioclásio, microclina e micro-antipertita. O plagioclásio, 25 à 58% da moda, ocorre em grãos hipidiomórficos a xenomórficos, finos a médios (1-6mm), com composição de andesina a oligoclásio. Os membros mais cálcicos, comumente, apresentam duas geminações polissintéticas perpendiculares (Fig. 8), além de lamelas de exsolução quando antipertíticos. A microclina acessória (0,2-5%), xenomórfica fina a média (0,2-1mm) aparece na matriz. Quando em contato com plagioclásio forma intercrescimento mirmequítico.

A biotita, marrom a verde amarronzado, perfaz 7-18% da moda. Ocorre em cristais finos a médios (0,5-2,5mm), idiomórficos a xenomórficos, definindo a xistosidade da rocha (Fig. 9) ou como inclusão em plagioclásio e hornblenda.

A hornblenda verde perfaz de 0,7 à 24% da moda. Ocorre em cristais xenomórficos a hipidiomórficos médios (1-3mm), em bandas máficas associadas com biotita (Fig. 9) ou intersticial entre cristais de feldspato e ainda isolada na matriz.

O epidoto perfaz, junto com allanita, 5 à 11% da moda. A allanita é xenomórfica a hipidiomórfica e fina (0,1-1,5mm), ocorrendo intersticial na matriz, em agregados nas lâminas máficas ou como inclusões em biotita e anfibólio (Fig. 9). Comumente apresenta bordas de epidoto. Este aparece também em cristais xenomórficos a idiomórficos, finos a médios (0,1-2,5mm), isolados na matriz, inclusos em biotita e anfibólio. A titanita constitui 0,5 à 0,7% da moda, em grãos isolados, finos (0,1- 0,9mm), hipidiomórficos a xenomórficos, isolados na matriz ou em agregados nas lâminas máficas ricas em biotita e anfibólio (Fig.9). Zircão e apatita, são idiomórficos quando inclusos em biotita e hipidiomórficos quando em agregados isolados. Em ambos os casos a granulometria é fina, menor que 0,1mm.

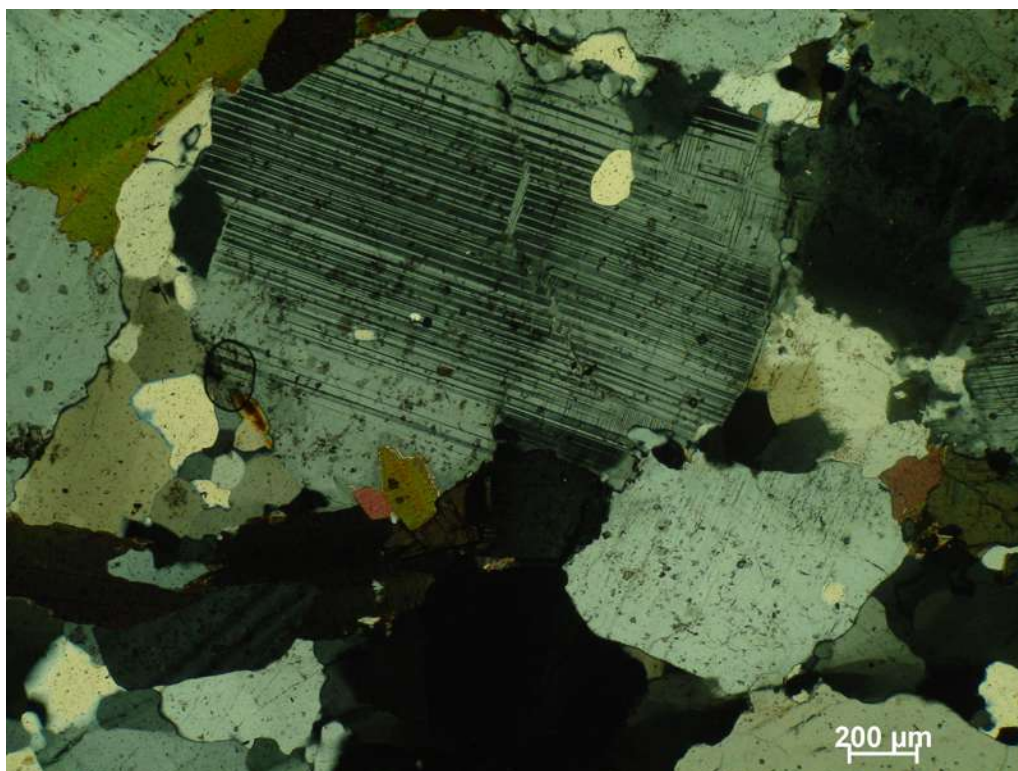


Figura 8. Microfenocristal de plagioclásio e matriz com plagioclásio, quartzo e biotita. Ortognaisse São Gonçalo no ponto SG-29.



Figura 9. Biotita marrom e hornblenda verde definindo a xistosidade no Ortognaisse São Gonçalo. Nota-se também allanita com borda de epidoto, titanita e zircão incluído na biotita.

% modal	SG 29	SG 60	SG 65	SG 71	SG 154	SG 189	SG 337	SG 399	SG 429	SG 432
<b>protólito</b>	tonalito	tonalito	tonalito	tonalito	tonalito	tonalito	tonalito	tonalito	tonalito	tonalito
<b>Quartzo</b>	29,2	22,0	24,0	39,2	30	30,7	28,3	31,3	28,6	25,7
<b>Plagioclásio</b>	57,7	47,5	39	46,9	25,9	46,7	38,4	45,7	49,4	55,5
<b>Microclina</b>	0,1	0,2	2,0	0,0	0,2	5	2,3	5	2,6	0,0
<b>Biotita</b>	7,2	16,9	12,6	10,8	17,5	15,5	13,4	11	3,4	6,7
<b>hornblenda</b>	0,8	6,7	10,4	2,0	24	0,2	15,6	6	16	11,5
<b>Epidoto/ allanita</b>	5,0	6,2	11,0	traço	2,2	0,7	1,2	0,8	traço	traço
<b>Titanita</b>	traço	0,5	0,7	traço	0,2	1,2	0,7	0,2	traço	0,1
<b>Zircão</b>	traço	traço	traço	0,1	traço	traço	traço	traço	traço	0,1
<b>Apatita</b>	traço	traço	traço	1,1	traço	traço	traço	traço	traço	0,4
<b>Minerais opacos</b>	traço	traço	0,2	traço	traço	0,2	0,1	traço	traço	traço
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Figura 10. Composição modal do Ortognaisse São Gonçalo. Localização das amostras (SG-) no Anexo 1.

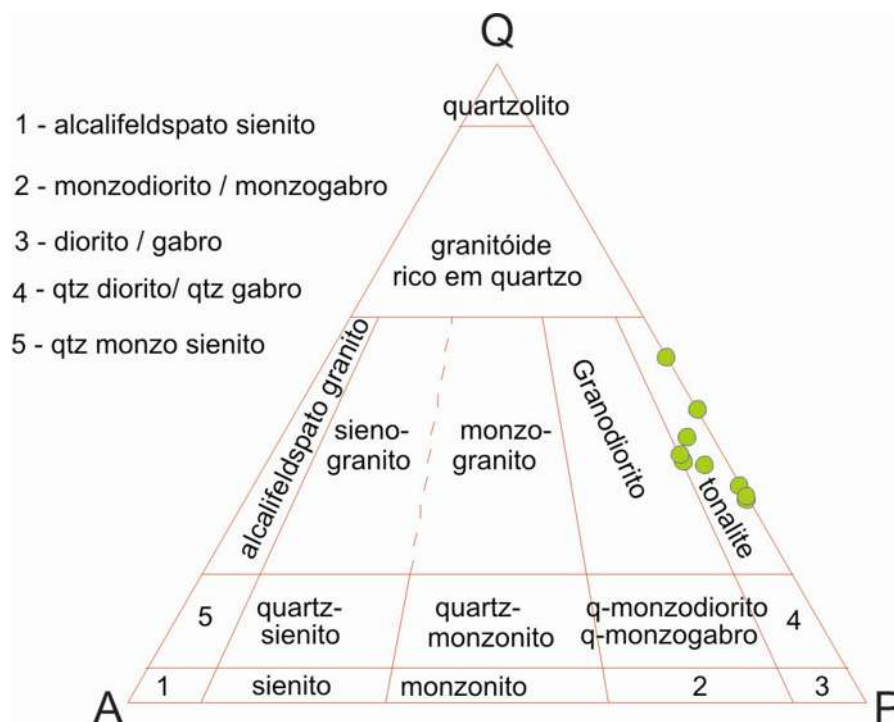


Figura 11. Composição modal de nove amostras do Ortognaisse São Gonçalo indicando protólitos tonalíticos. Triângulo composicional para classificação de rochas ígneas plutônicas, segundo Streckeisen (1976). Q- quartzo, A- alcalifeldspatos e P-plagioclásio.

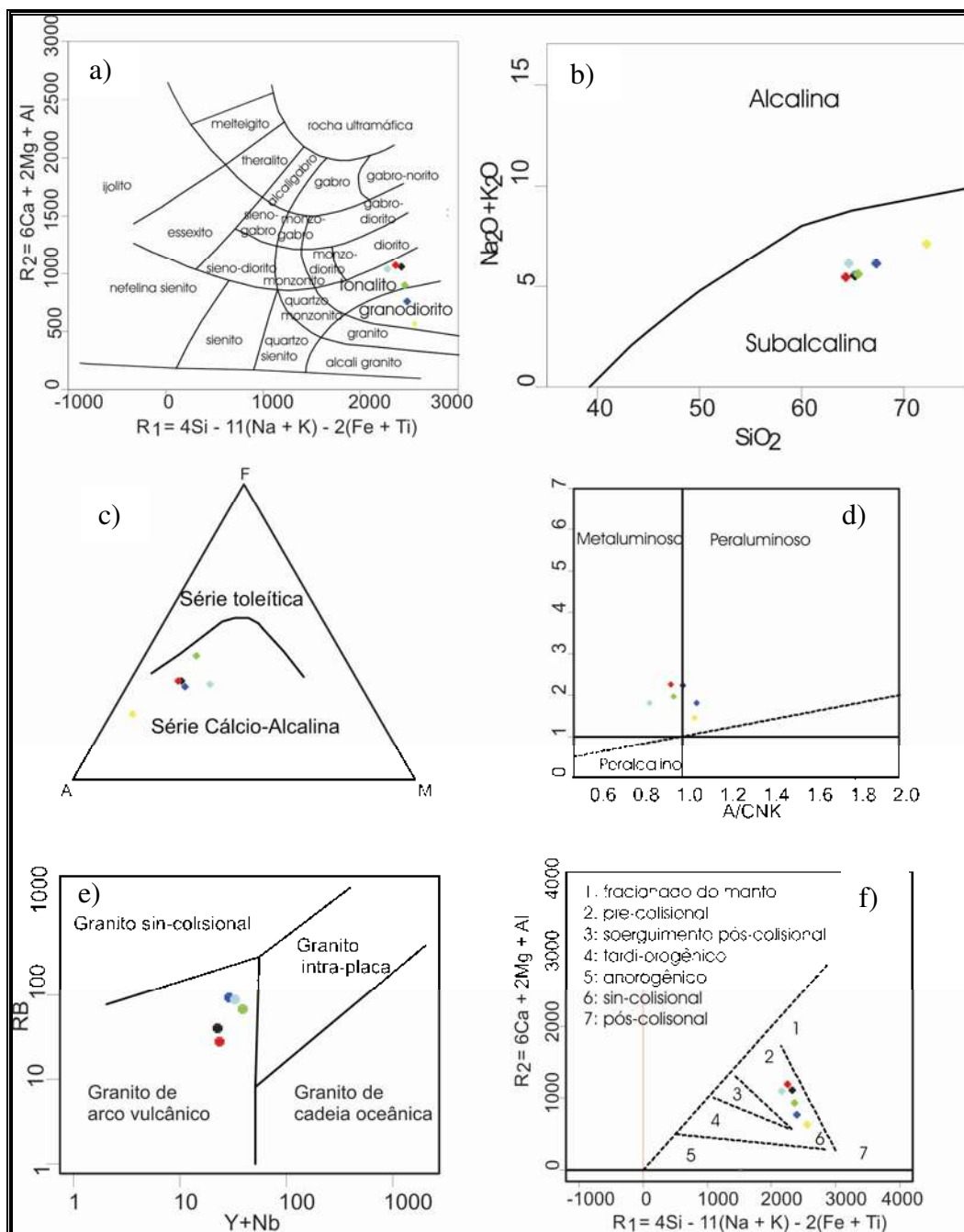
### 3.1.2.2. Geoquímica do Ortognaisse São Gonçalo

As rochas analisadas (Fig. 12) são tonalitos e granodioritos calcio-alcálicos, peraluminosos a metaluminosos, provavelmente de arco magmático (Fig. 13). Nos diagramas de Harker (Fig. 14) só foi possível identificar correlação negativa de cálcio com sílica, indicando fracionamento de plagioclásio durante a evolução do magmatismo São Gonçalo.

	SG 29	SG 60	SG71	SG 337	SG399	SG 429		SG 29	SG 60	SG 71	SG 337	SG 399	SG 429
<b>SiO<sub>2</sub></b>	65,46	67,37	65,20	64,67	71,50	64,40	<b>Ga</b>	65	50	55	50	72	51
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,66	0,50	0,37	0,50	0,27	0,35	<b>Rb</b>	71	98	41	93	177	29
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15,34	15,45	17,64	15,17	14,50	17,82	<b>Sr</b>	897	929	1009	785	416	1099
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	5,44	4,06	3,80	4,70	2,72	3,69	<b>Zr</b>	314	208	133	169	220	231
<b>MnO</b>	0,07	0,05	0,05	0,07	0,04	0,06	<b>Nb</b>	12	8	6	9	12	7
<b>MgO</b>	2,14	2,20	1,78	3,24	1,05	1,65	<b>Ba</b>	1098	1096	406	531	641	100
<b>CaO</b>	4,18	3,17	5,03	4,66	2,13	5,56	<b>V</b>	108	94	44	63	37	46
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4,12	4,27	4,77	3,97	4,30	4,94	<b>Cr</b>	65	28	143	202	141	113
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1,49	1,88	0,70	2,14	2,79	0,47	<b>Y</b>	26	20	16	23	43	16
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,19	0,12	0,11	0,13	0,06	0,10	<b>Ni</b>	nd	nd	12	74	15	9
<b>LOI</b>	0,33	0,33	0,55	0,67	0,67	0,41	<b>Zn</b>	nd	nd	269	208	270	231
<b>Total</b>	99,42	99,40	100	99,92	100,3	99,45							
	<b>Q</b>	<b>C</b>	<b>Or</b>	<b>Ab</b>	<b>An</b>	<b>Di</b>	<b>Hy</b>	<b>Il</b>	<b>Hm</b>	<b>Tn</b>	<b>Ru</b>	<b>Ap</b>	
<b>SG 29</b>	24.33	0.00	8.79	34.84	18.99	0.00	5.32	0.15	5.44	0.36	0.43	0.44	
<b>SG 60</b>	25.65	0.93	11.11	36.09	14.91	0.00	5.48	0.10	4.06	0.00	0.45	0.29	
<b>SG 71</b>	21.58	0.13	4.18	40.41	24.28	0.00	4.43	0.11	3.80	0.00	0.31	0.25	
<b>SG 337</b>	20.07	0.00	12.62	33.55	17.30	2.70	6.81	0.14	4.70	1.04	0.00	0.32	
<b>SG 399</b>	30.56	0.69	16.51	36.35	10.15	0.00	2.63	0.09	2.72	0.00	0.22	0.15	
<b>SG 429</b>	20.20	0.00	2.78	41.76	25.09	0.66	3.81	0.12	3.69	0.71	0.00	0.23	

Figura 12. Análises químicas das amostras SG 29, SG 60, SG 71, SG 337, SG 399 e SG 429 do Ortognaisse São Gonçalo. Na tabela superior esquerda elementos maiores e menores em % peso e LOI – perda ao fogo. Na tabela superior direita elementos traços em ppm (partes por milhão), nd – não detectável. Na tabela inferior a norma CIPW.





Figuras 13. Diagramas de classificação e ambiente geotectônico do Ortognaisse São Gonçalo.

Amostras SG: 29- preto, 60- vermelho, 71-verde, 337- azul, 399- azul claro e 429- amarelo.

a) R1 x R2 , De La Roche et al.(1980);

b) SiO<sub>2</sub> x (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O), modificado de Cox et al (1979);

c) MgO x FeOt x (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O), Irvine & Baragar ( 1971);

d) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / (CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) x Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O), Shand (1943);

e) (Y+Nb) x Rb, segundo Pearce et al. (1984), e

f) R1 x R2, Batchelor & Bowden (1985).

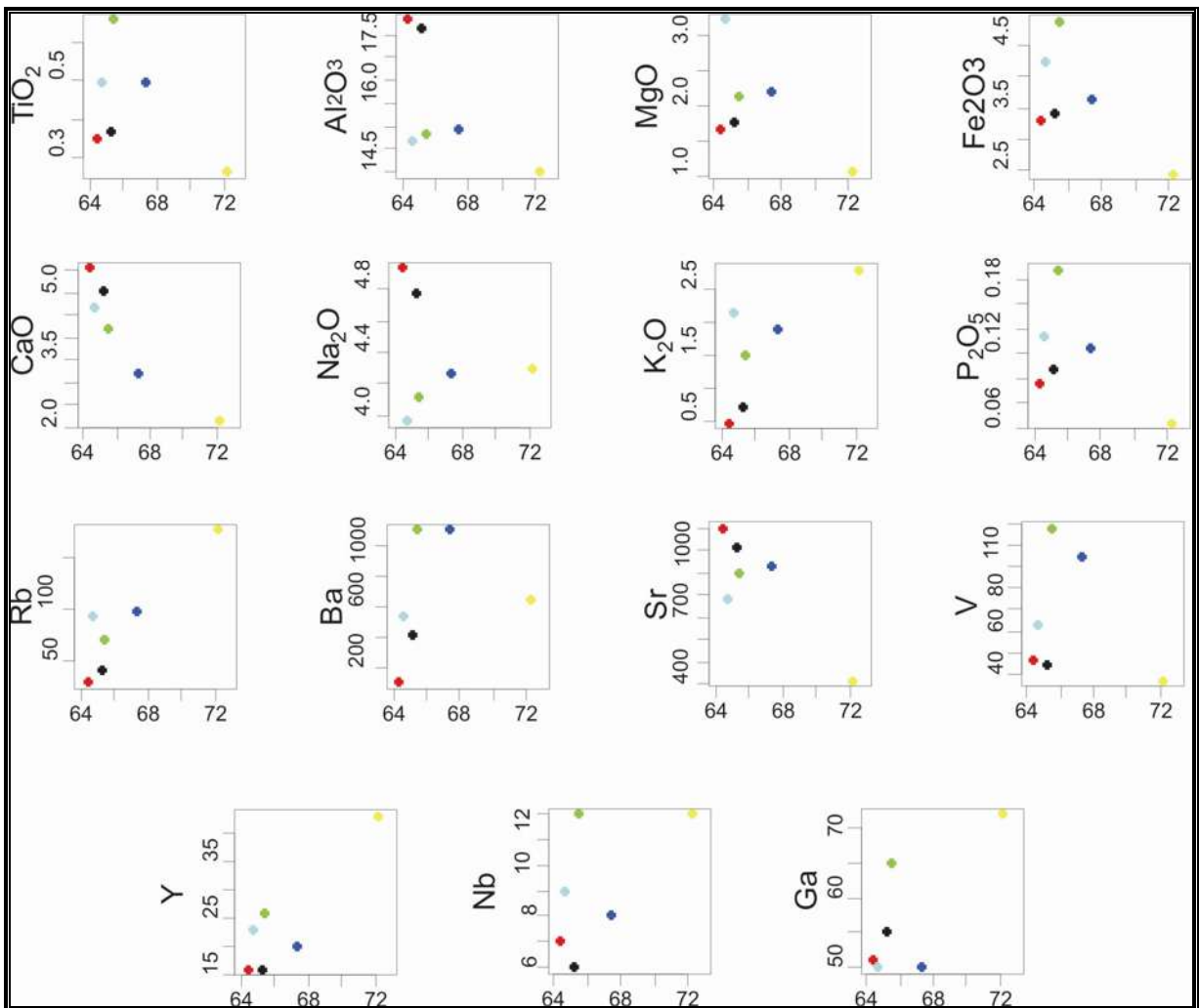


Figura 14. Diagramas de Harker (1909) para o Ortognaisse São Gonçalo. Sílica x Elementos maiores, menores (em % peso) e traços (em ppm) das amostras SG29- preto, 60-vermelho, 71- verde, 337- azul, 399-azul claro e 429- amarelo.

### 3.1.3. Ortognaisse Santa Luzia

As rochas desta unidade afloram nas serras de São Gonçalo, Santa Luzia, Quiabeiro e no Serrote de Santa Rita (Fig. 15). Constituem dois corpos, um com cerca de 150 Km<sup>2</sup> e outro com 30 Km<sup>2</sup>, que se estendem para nordeste nas folhas Lambari e Varginha. Trata-se de ortognaisses graníticos e granodioríticos, porfiríticos, de tipo augen gnaiss, com xistosidade definida por orientação de biotita, quartzo e feldspato deformados (Fig. 16). Localmente ocorre lineação de estiramento. Estes augen gnaisses encaixam pegmatitos, aplitos e veios de quartzo. A natureza intrusiva é evidenciada pelos litotipos e escassos xenólitos ortognaisses tonalíticos observados na Serra de São Gonçalo. O traço do contato em mapa sugere uma soleira encaixada no Ortognaisse São Gonçalo (Anexo 1).

#### Petrografia

Foram identificados monzo/sieno granitos e granodioritos (Figs.17 e 18), leucocráticos, com fenocristais de alcalifeldspato rosa e cinza. Quartzo, alcalifeldspato, plagioclásio e biotita são essenciais, epidoto, allanita, titanita, zircão, apatita, acessórios. A matriz é rica em microclina, quartzo e biotita e, localmente, contém hornblenda e granada.

O quartzo, 23 à 42% da moda (Fig.18), aparece em cristais finos a médios, xenomórficos, com extinção ondulante, subgrãos e novos grãos, disperso na matriz. Ocorre também em intercrescimentos mirmequíticos e como inclusões em microclina.

Microclina (26 à 41%), micropertita (<1%), ortoclásio (<1%) e plagioclásio (10 à 28%) são xenomórficos. A microclina, fina a média, aparece na matriz (Fig. 19) e fenocristais de até 6cm (Fig. 16). O ortoclásio ocorre na matriz e forma fenocristais. O plagioclásio, albita a oligoclásio, forma cristais finos na matriz e, raramente fenocristais, de até 2cm.

A biotita, marrom a verde, idiomórfica a xenomórfica, fina a média (máximo 4mm), ocorre em agregados definindo níveis máficos (Fig. 20). Também ocorre raramente como inclusões em feldspatos. A hornblenda verde, xenomórfica ou hipidiomórfica, fina a média, tem ocorrência restrita. Localmente mostra passagem para biotita.

A allanita xenomórfica, fina, ocorre na matriz e em agregados nos níveis máficos. O epidoto xenomórfico ocorre isolado e em bordas de allanita. A titanita, xenomórfica a hipidiomórfica, fina, ocorre isolada ou agregada nos níveis micáceos. Zircão e apatita, hipidiomórficos, finos, aparecem como inclusões em plagioclásio. A granada fina aparece localmente dispersa na matriz. Os minerais opacos, xenomórficos finos, ocorrem dispersos na matriz.



Figura 15. Exposição típica do Ortognaisse Santa Luzia na escarpa da serra homônima.



Figura 16. Matriz com biotita, quartzo e feldspato estirados e fenocristais de álcalifeldspatos também deformados. Augen gnaisse Santa Luzia no ponto 112.

% modal	SG 75	SG 103	SG 104	SG 115	SG 123	SG 126	SG 127	SG 162	SG 192	SG 222	SG 382
protólito	mgr	sgr	sgr	sgr	grd	mgr	sgr	mgr	sgr	mgr	sgr
Quartzo	38,5	35,0	34,3	23,8	39,4	33,8	33,5	25,5	29,7	33,4	41,5
Plagioclásio	28,8	10,3	13,9	12,1	30,6	28,0	16,5	25	19,5	21,0	14,2
Microclina	20,3	26,5	36,6	53,3	14,3	30,1	39,5	39,7	40,2	37,6	26,5
Biotita	7,3	21,0	7,5	3,7	12,1	7,6	8,1	9,2	9,7	7,3	13,2
hornblenda	-	-	-	4,6	-	-	-	-	-	-	-
Epidoto/ allanita	1,2	7,0	5,7	0,5	0,1	0,5	1,8	0,5	0,5	0,6	2,2
Granada	2,8	-	-	0,6	-	-	0,5	-	-	-	-
Titanita	traço	traço	1,3	0,8	2,2	traço	traço	traço	0,2	0,1	2,0
Zircão	0,6	traço	-	traço	traço	-	traço	traço	traço	traço	traço
Apatita	traço	-	0,1	traço	1,1	traço	Traço	-	-	traço	traço
Minerais opacos	0,3	traço	0,1	0,6	0,1	traço	traço	traço		traço	0,2
Total	99,8	99,8	100	100	99,9	100	99,9	99,9	99,8	100	99,8

Figura 17. Análise modal de amostras do Ortognaisse Santa Luzia, variedades monzo (mgr) e sienograníticas (sgr) e granodioríticas (grd). Localização das amostras (SG-) no Anexo 1.

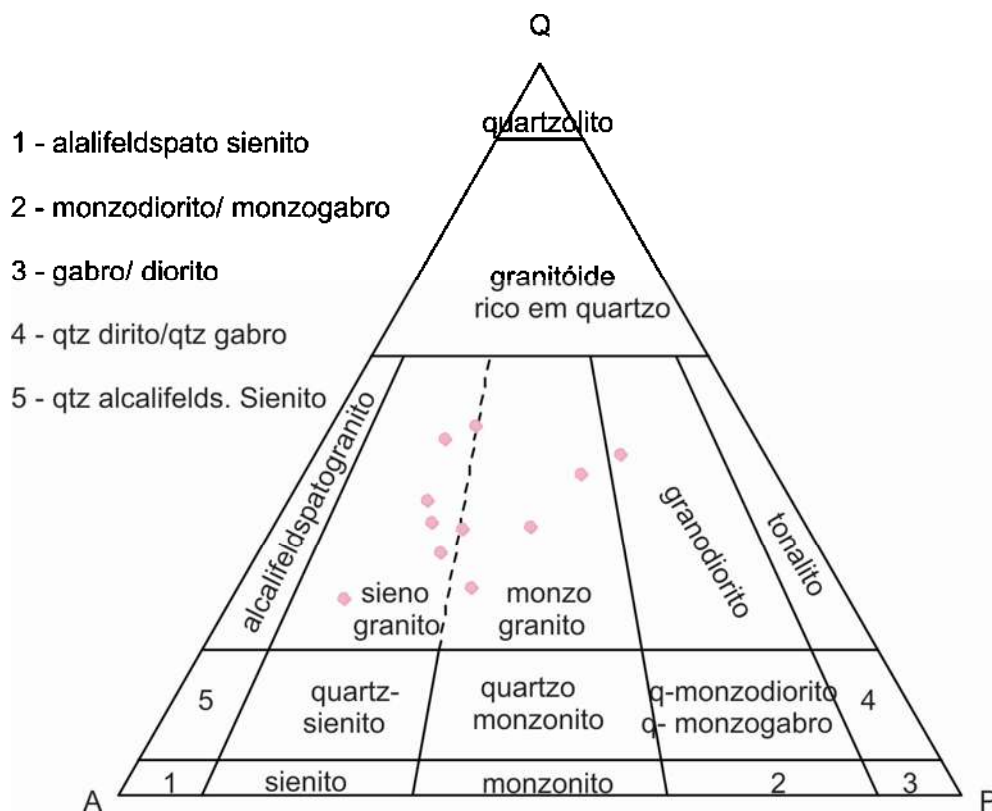


Figura 18. Composição modal do Ortognaisse Santa Luzia indicando protólitos sieno e monzo graníticos. Triângulo composicional para classificação de rochas ígneas plutônicas, segundo Streckeisen (1976). Q- quartzo, A- alcalifeldspatos e P-plagioclásio.

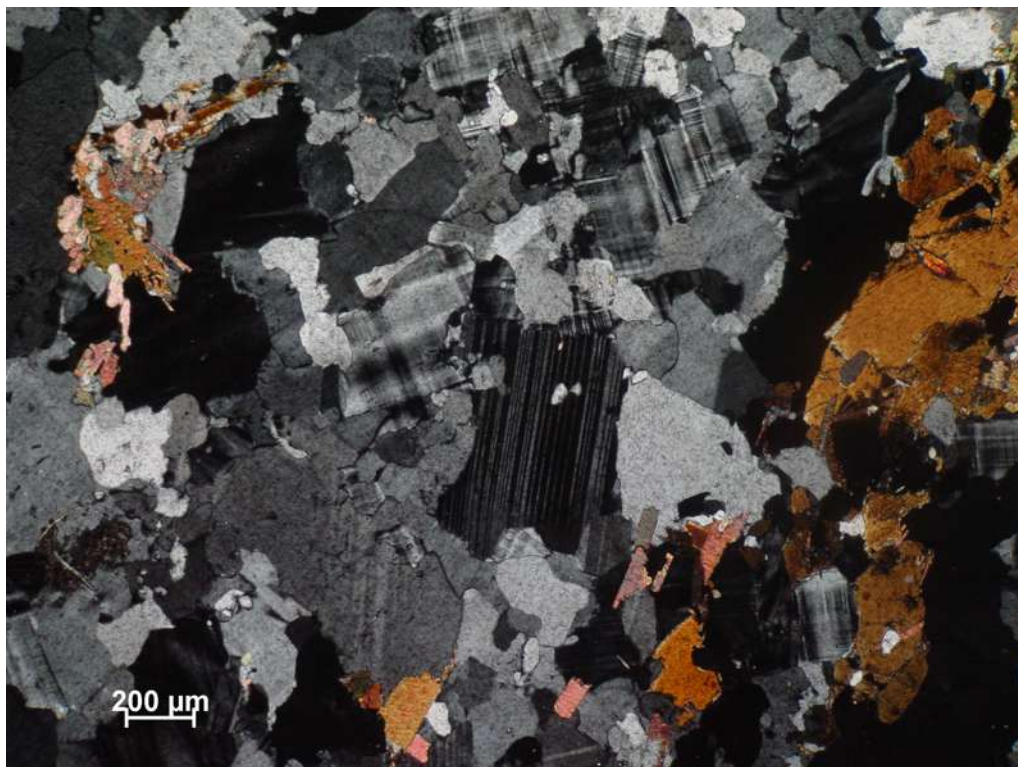


Figura 19. Abundante microclina, plagioclásio, biotita e quartzo definindo a matriz de ortogneisse monzogranítico da Unidade Santa Luzia no ponto SG-115.

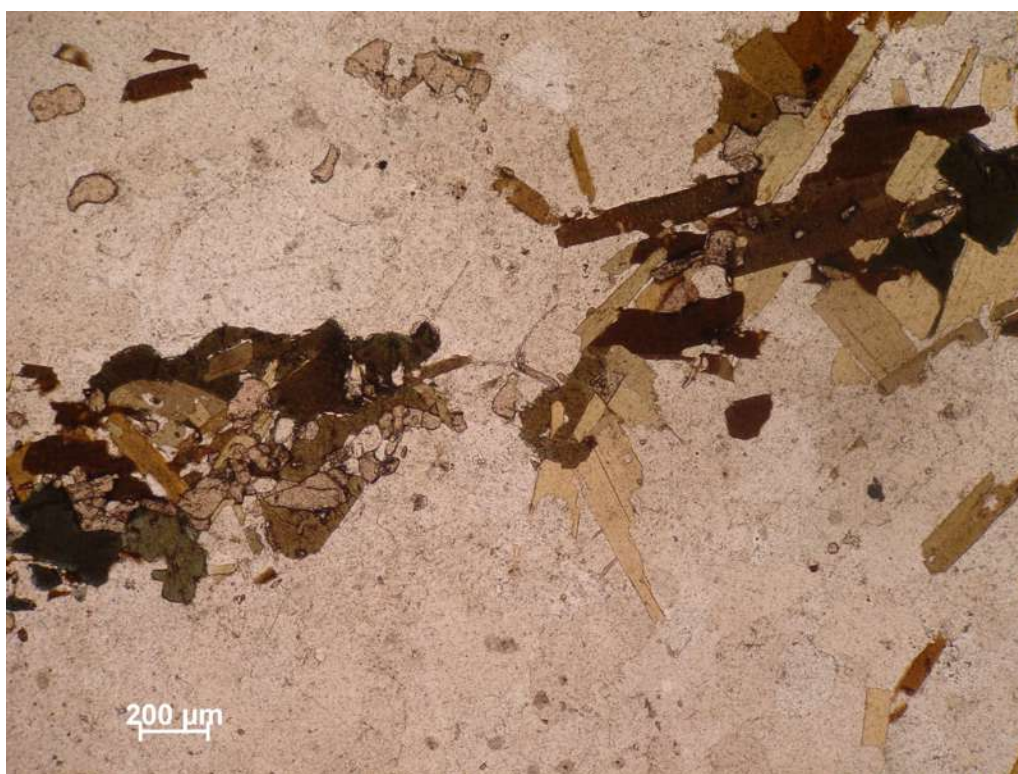


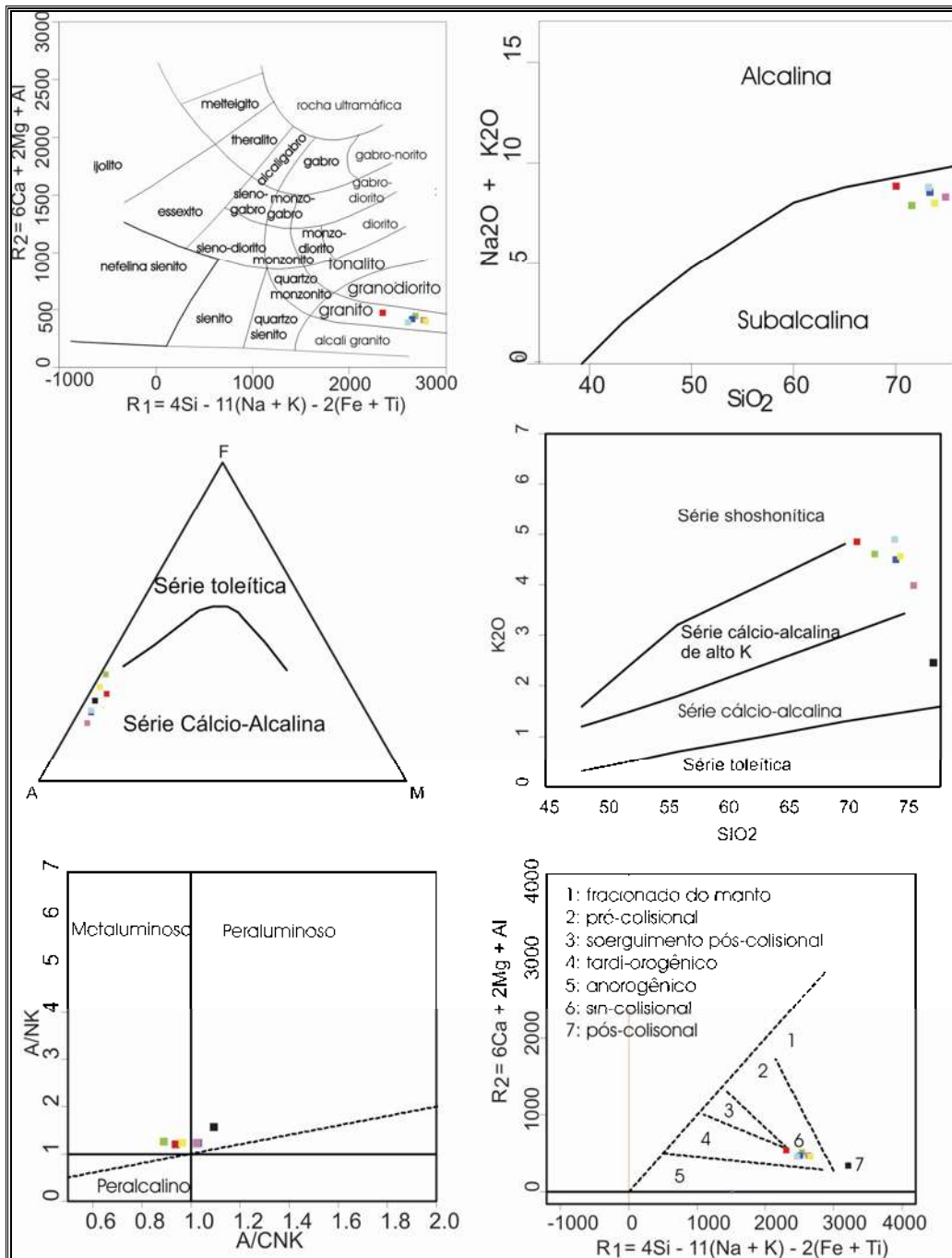
Figura 20. Nível máfico com biotita, granada e hornblenda. Ortogneisse Santa Luzia no ponto 115.

## Geoquímica do Ortognaisse Santa Luzia

As sete amostras analisadas (Fig. 18) quimicamente são granitos calcio-alcálicos de alto potássio, peraluminosos e metaluminosos, provavelmente sin-colisionais (Fig.19), as relações de campo e a idade deste corpo corroboram esta afirmação. Observou-se correlação negativa para  $TiO_2$  (trend inflexionado),  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$  e  $P_2O_5$  (Fig.20) provavelmente relacionado a diferenciação de titanita e biotita, alcalifeldspato e apatita, durante a evolução do magmatismo Santa Luzia. Os demais elementos apresentam padrão de dispersão

	SG 75	SG103	SG 115	SG126	SG 127	SG192	SG222		SG 75	SG 103	SG 115	SG126	SG 127	SG192	SG 222
<b>SiO<sub>2</sub></b>	77,52	70,94	72,08	73,44	73,36	74,62	73,74	<b>Ga</b>	46	69	66	53	66	58	67
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,21	0,42	0,38	0,30	0,28	0,27	0,33	<b>Rb</b>	143	256	150	297	322	272	179
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	12,55	13,89	12,82	13,80	13,67	13,70	12,92	<b>Sr</b>	388	357	364	303	286	376	312
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2,33	3,69	4,35	2,59	2,72	2,09	3,69	<b>Zr</b>	479	357	364	303	286	324	537
<b>MnO</b>	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	<b>Nb</b>	14	21	26	21	17	22	28
<b>MgO</b>	0,21	0,54	0,15	0,35	0,32	0,38	0,19	<b>Ba</b>	1326	1048	2063	697	966	902	1555
<b>CaO</b>	1,79	1,81	1,99	1,47	1,36	1,45	1,61	<b>V</b>	60	73	76	62	62	46	46
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3,39	3,24	2,77	3,30	3,18	3,55	2,91	<b>Cr</b>	0	0	0	0	0	101	120
<b>K<sub>2</sub>O</b>	2,44	4,87	4,69	4,61	4,91	4,21	4,65	<b>Y</b>	41	61	54	82	52	67	75
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,04	0,11	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	<b>Ni</b>	0	0	0	0	0	12	16
<b>LOI</b>	0,12	0,58	0,25	0,17	0,33	0,66	0,67	<b>Zn</b>	182	320	426	295	281	245	433
<b>Total</b>	100,66	100,14	99,61	100,14	100,24	101,03	100,82								
	<b>Q</b>	<b>C</b>	<b>Or</b>	<b>Ab</b>	<b>An</b>	<b>Hy</b>	<b>Il</b>	<b>Hm</b>	<b>Tn</b>	<b>Ru</b>	<b>Ap</b>				
<b>SG 75</b>	44.43	1.16	14.43	28.68	8.63	0.51	0.12	2.33	0	0.14	0.09				
<b>SG103</b>	29.03	0.24	28.80	27.44	8.29	1.35	0.10	3.69	0	0.36	0.26				
<b>SG115</b>	33.89	0.00	27.73	23.43	8.70	0.37	0.17	4.35	0.48	0.12	0.18				
<b>SG126</b>	33.14	0.88	27.22	27.93	6.82	0.87	0.09	2.59	0	0.25	0.17				
<b>SG 127</b>	32.91	0.83	30.00	26.87	6.28	0.80	0.08	2.72	0	0.24	0.16				
<b>SG 192</b>	34.37	0.82	24.86	30.05	6.77	0.94	0.94	2.09	0	0.23	0.15				
<b>SG 222</b>	35.46	0.31	27.48	24.60	7.62	0.47	0.47	3.69	0	0.28	0.13				

Figura 21. Análises químicas das amostras SG 75, SG 103, SG 115, SG 126, SG 127, SG 192 e SG 222 do Ortognaisse Santa Luzia. Na tabela superior esquerda elementos maiores e menores em % peso e LOI – perda ao fogo. Na tabela superior direita elementos traços em ppm (partes por milhão), nd – não detectável. Na tabela inferior a norma CIPW.



Figuras 22. Diagramas geoquímicos, amostras SG 75, SG-103, SG-115, SG-126 e SG-127, SG 192 e SG 222, do Ortognaise Santa Luzia:

- a) R1 x R2 , De La Roche et al.(1980)
- b)  $\text{SiO}_2$  x  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ , modificado de Cox et al (1979);
- c)  $\text{MgO}$  x  $\text{FeOt}$  x  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ , Irvine & Baragar ( 1971);
- d)  $\text{SiO}_2$  x  $\text{K}_2\text{O}$ , Peccerillo & Taylor (1976);
- e)  $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  x  $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ , Shand (1943), e
- f) R1 x R2, Batchelor & Bowden (1985).



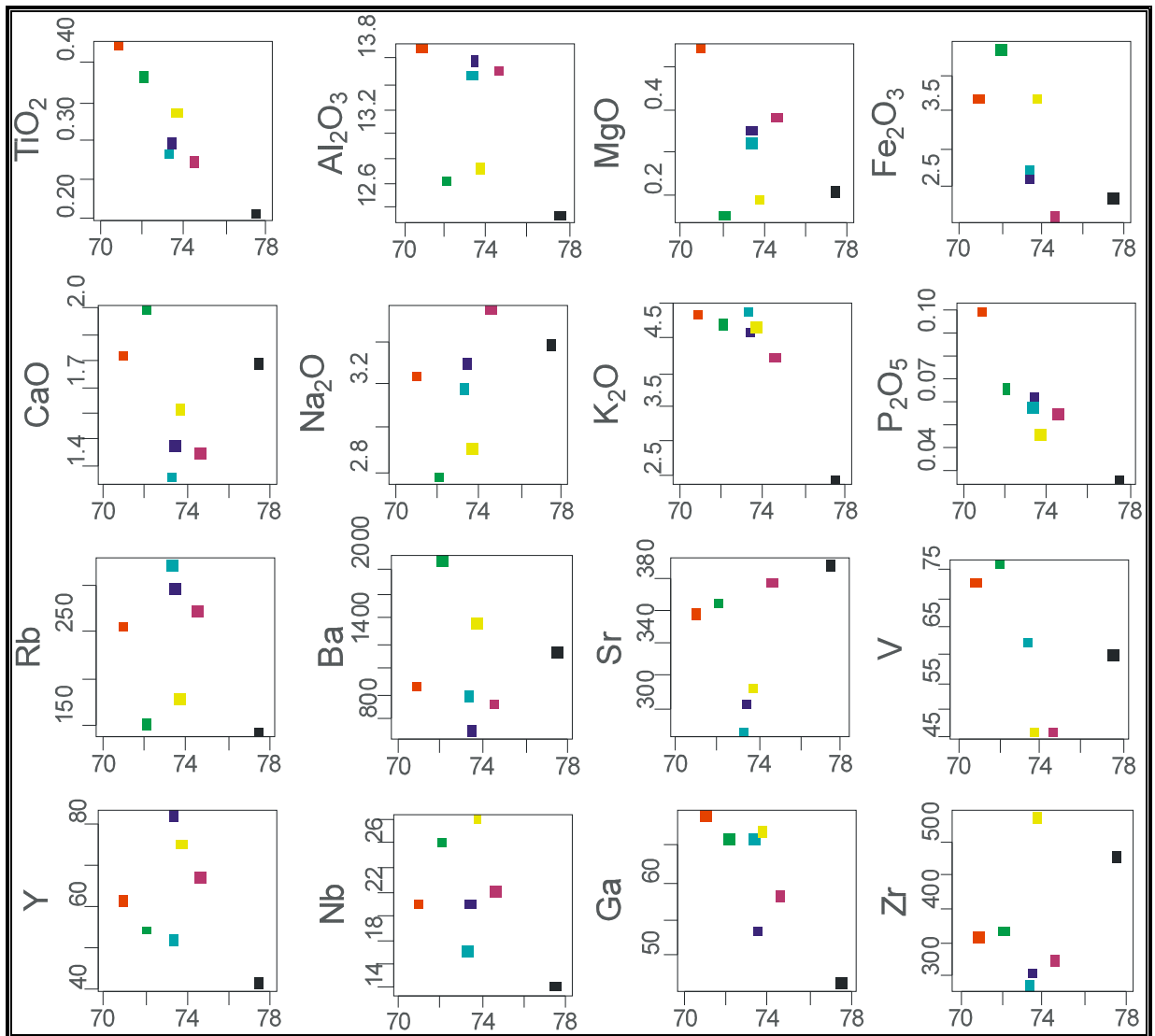


Figura 23. Diagramas de Harker (1909) para o Ortognaisse Santa Luzia. Sílica x Elementos maiores, menores (em % peso) e traços (em ppm) das amostras, mostrando correlação negativa para  $\text{TiO}_2$  (trend inflexionado),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  e padrão de dispersão para os demais elementos.

### 3.2. Megassequência Andrelândia

Três unidades de mapeamento, cada uma com distintas associações de litofácies, representam a Megassequência Andrelândia na Folha São Gonçalo do Sapucaí. Estas unidades tem continuidade física para leste, nas folhas Lambari e Varginha 1:50.000, onde foram cartografadas por Peternel (2005), e a sul na folha Heliadora (Polo, ). Para denominá-las foi utilizado a nomenclatura de Trouw *et al.*, 2006 e são as seguintes:

Unidade São Vicente (NPasv) - Paragnaisses, xistos, quartzitos e anfibolitos

Unidade Santo Antônio (NPasa) - Granada biotita xisto/gnaisse

Unidade Arantina (NPaar) - Granada muscovita xistos, quartzo xistos e quartzitos

#### 3.2.1. Unidade São Vicente (NPasv) - Paragnaisses, xistos, quartzitos e anfibolitos

Esta unidade ocorre na Nappe Carmo da Cachoeira, inferior, no sul na área. A espessura aparente de cerca de 3km resulta de espessamento estrutural- repetição por dobras e possíveis empurrões internos. A unidade é coberta a sul, em aparente concordância por xistos da Unidade Arantina. No norte ocorre sob um empurrão de embasamento e o contato com xistos NPaar é através da Zona de Cisalhamento Três Corações (Anexo 1). Predominam paragnaisses sobre intercalações de xistos, quartzitos e anfibolitos descritos nos itens 3.2.3 e 3.2.4

##### 3.2.1.1. Paragnaisses bandados

Afloram em cortes na BR-381 e lajedos na Serra do Campo Redondo (Fig. 25). Os paragnaisses formam camadas quartzo-feldspáticas cinzentas, tabulares delgadas/médias com proporções variáveis de biotita. O bandamento é acentuado na Zona de Cisalhamento Três Corações (Fig. 26). Delgados veios quartzo-feldspáticos e pegmatitos delgados a espessos fornecem, localmente, caracter migmatítico ao conjunto. A estratificação, mineralogia, as intercalações de xistos e quartzitos, e possíveis seixos feldspáticos sugerem origem sedimentar, provavelmente, arco-seana.

Petrografia – os paragnaisses são finos a médios e contêm quartzo, microclina, plagioclásio e biotita. Os acessórios são muscovita, epidoto, allanita, titanita, granada e minerais opacos (Fig. 24). A xistosidade, paralela ao bandamento, é definida pela biotita e fitas de quartzo.

<i>% modal</i>	<i>SG 34</i>	<i>46</i>	<i>SG 55</i>
Protólito =>	arcóseo /wacke arcósica	arcóseo/wacke arcósica	arcóseo/wacke arcósica
quartzo	43	33	35
plagioclásio	17,2	28	27,1
microclina	25,2	26	20
biotita	12,7	7	11,7
granada	-	-	Traço
epidoto/allanita	0,5	0,5	3
titanita	0,2	Traço	0,5
Zircão	-	Traço	-
apatita	-	-	-
muscovita	1	5	2
Minerais opacos	0,2	0,5	0,7
Total	100	100	100

Figura 24. Composição modal de paragnaisses bandados da Unidade São Vicente , Megassequência Andrelândia no sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.



Figura 25. Lajedão de paragnaisse bandado da Unidade São Vicente no ponto SG-365. Serra do Campo Redondo, parte sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.



Figura 26. Bandamento tabular delgado subvertical milonítico em paragnaisse (Unidade São Vicente) na Zona de Cisalhamento de Três Corações. Ponto SG-368, sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.

### 3.2.2. Unidade Santo Antônio (NPasa) - Granada biotita xisto/gnaisse

Esta unidade, com espessura mínima em torno de 100m, ocorre no sudoeste da área, em discordância litológica sobre o Ortognaisse São Gonçalo, integrando a Nappe Lambari. Rochas frescas em lajedos negros e a notória presença de veios de quartzo centimétricos subparalelos a foliação (Fig. 28) são características distintas dos outros xistos da área. Trata-se de biotita xistos médios, maciços ou homogêneos, exceto pela sua foliação, que é uma xistosidade desjuntiva anastomosada definida por biotita e muscovita. Localmente, devido a maior proporção de feldspatos, a rocha adquire textura gnáissica. A aparente estrutura maciça e, localmente, relictos de uma lâminação primária, junto com a mineralogia típica de protólitos semi-pelíticos com plagioclásio, sugerem que a rocha original foi do tipo wacke feldspática. Xisto semelhante na área de Madre de Deus de Minas contém seixos pingados de granitóides e gnaisses indicando origem sedimentar, provavelmente diamictitos (Paciullo, 1997). Campos Neto et al. (2004) interpretam a unidade como depósito tipo flysch do Terreno Andrelândia.

Petrografia - os biotita xistos apresentam trama porfiroblástica, são compostos essencialmente por quartzo, plagioclásio, biotita e granada. Os acessórios frequentes são muscovita, cianita, sillimanita, estauroлита, epidoto, allanita, minerais opacos e rutilo (Fig. 27). A biotita marrom (<4mm) e muscovita (<2mm) definem a xistosidade (Fig. 29). Granada forma porfiroblastos

de até 1cm de diâmetro, com inclusões de estauroлита, rutilo, quartzo, clorita e minerais opacos. A matriz fina a média, inclui cianita, fibrolita acicular e estauroлита. Ocorrem ainda allanita com borda de epidoto, epidoto, rutilo e minerais opacos.

<i>% modal</i>	<i>SG-239</i>
protólito =>	Wacke arcósica
Quartzo	40
Plagioclásio	13
Biotita	25
Granada	10
Muscovita	1
cianita	4
sillimanita,	3
Estauroлита	1
Epidoto/allanita	Traço
Rutilo	Traço
minerais opacos	2
Clorita	Traço
Total	99

Figura 27. Composição modal de biotita xisto da Unidade Santo Antônio, Megassequência Andrelândia, no ponto SG-239, no sudoeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.



Figura 28. Veios de quartzo lenticulares centimétricos, subparalelos a foliação e, granada. Biotita xisto, Unidade Santo Antônio, Megassequência Andrelândia, no ponto SG-239.

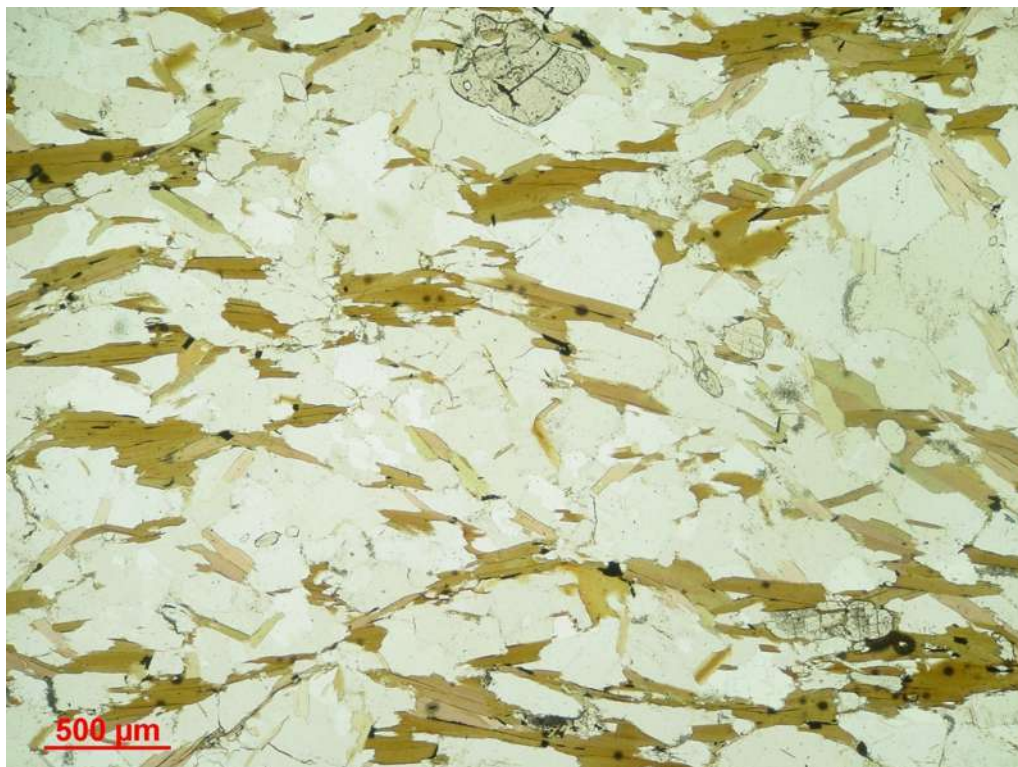


Figura 29. Biotita, granada, estauroлита, cianita e minerais opacos no biotita xisto da Megassequência Andrelândia, ponto SG-239.

### 3.2.3. Unidade Arantina (NPaar) - Granada muscovita xistos, quartzo xistos e quartzitos

Esta unidade aparece nas Nappe Lambari no norte da área em discordância litológica sobre o Ortognaisse Santa Luzia e Nappe Carmo da Cachoeira, no sul e leste, sob o Ortognaisse São Gonçalo e sobre paragnaisse NPasv (Anexo 1). As espessuras mínimas, do conjunto dobrado e com possíveis empurrões internos, variam de 500 a 1000m. Somente foram observados afloramentos de rochas alteradas em cortes de estradas, barrancos, voçorocas e morros suaves que caracterizam a morfologia típica na unidade (Fig. 31). Predominam muscovita xistos médios a grossos nos quais se intercalam, em transição, quartzo xistos e quartzitos micáceos. Ocorrem também intercalações de anfibolitos e lentes quartzo-feldspáticas de origem provável anatética.

A abundância em aluminossilicatos e transições xisto - quartzo xisto- quartzito indicam protólitos sedimentares pelíticos (argilitos, lamitos) e semi-pelíticos de tipo wacke quartzosa. Petrografia - Os xistos apresentam trama porfiroblástica, contêm essencialmente, muscovita, biotita, quartzo e granada. Porém, ocorrem variedades com sillimanita, cianita (Fig. 32), estauroлита, rutilo, zircão e minerais opacos em porcentagens acessórias (Fig. 30). Com o aumento de quartzo aparecem quartzo xistos e quartzitos micáceos, com minerais acessórios semelhantes aos muscovita xistos.

<i>% modal</i>	<i>SG-209</i>
protólito =>	lutito / wacke quartzosa
Muscovita	30
Quartzo	35
Biotita	2
Granada	23
cianita	4
Sillimanita	2
Estauroлита	2
Rutilo	2
minerais opacos	4
Zircão	traço
Total	100

Figura 30. Composição modal de muscovita xisto da Unidade NPaar, Megassequência Andrelândia, no ponto SG-209, próximo a Serra do Quiabeiro, São Gonçalo do Sapucaí.



Figura 31. Morros suaves de muscovita xistos e ao fundo a Serra do Quiabeiro onde afloram ortognaisses. Fazenda Campestre, Ribeiros, no sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.

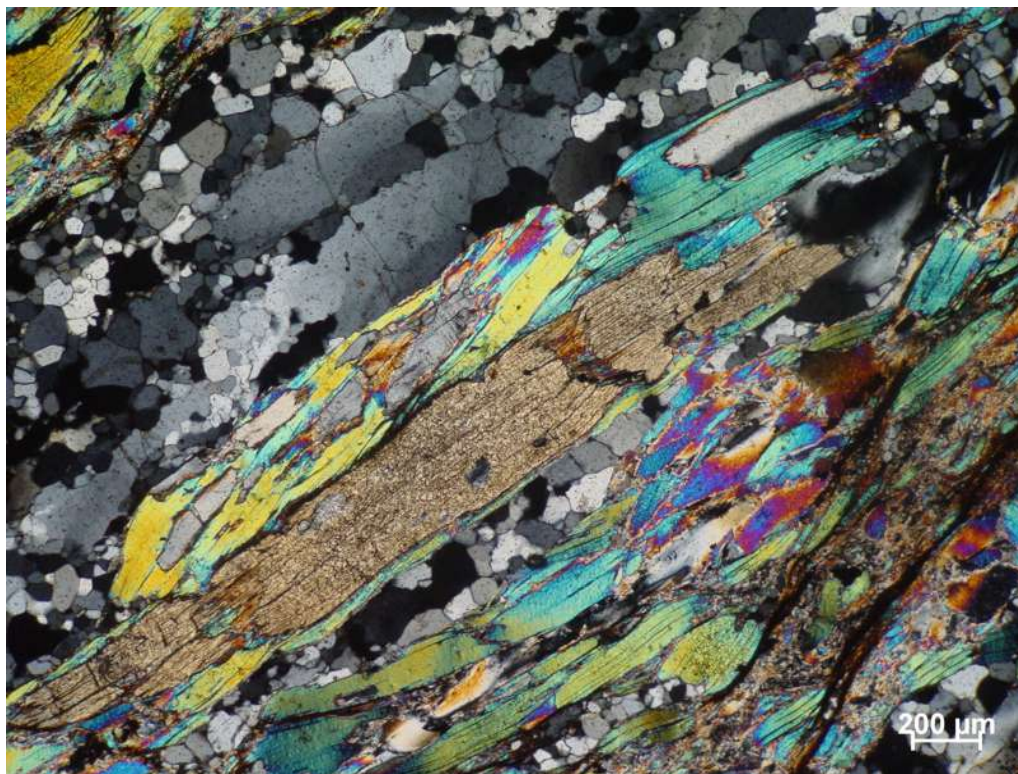


Figura 32. Quartzo, muscovita, cianita com sillimanita em neck de boudins. Xisto NPaar, Ponto SG-209, Fazenda Santa Inês, logo a sul da Serra do Quiabeiro.

### 3.2.4. Xistos, quartzitos, anfibolitos, pegmatitos e veios de quartzo nas unidades NPasv e NPaar.

#### Quartzo xistos e quartzitos micáceos

Estas rochas ocorrem intercaladas nos paragnaisses NPasv e no muscovita xisto NPaar, alteradas, em camadas tabulares ou lenticulares delgadas (1-10cm), espessas (1m), isoladas ou empilhadas em estratos com espessuras até métricas (Fig.33). A mineralogia é semelhante a dos muscovita xistos porém, em geral contêm menor proporção de granada, cianita e sillimanita. Estauroлита não foi observada. O aumento do teor de quartzo gera transições para quartzitos micáceos com trama granoblástica a granolepidoblástica. Estes xistos e quartzitos podem ser finos, como no norte da área onde gradam para filitos, médios ou grossos. Por sua composição e estratificação devem representar protólitos pelíticos, semi-pelíticos e quartzíticos.

#### Anfibolitos

Ocorrem em corpos aparentemente tabulares, com espessuras aparentes até métricas, contatos bruscos com encaixantes, de rochas alteradas (Fig. 34) finas, médias, xistosas,



constituídas essencialmente de hornblenda e plagioclásio. Devem representar corpos ígneos máficos, possivelmente, derrames e soleiras intercaladas nos metassedimentos.

#### Pegmatitos e veios de quartzo e feldspato anatóticos

Ocorrem em corpos de espessura centimétricas (Fig.35) a métricas nos paragnaisses e xistos. São rochas grossas com quartzo, alcalifeldspato branco, muscovita, quase sempre turmalina e raro plagioclásio e granada. Ocorrem de duas formas, paralelos a subparalelos a foliação e discordantes. No primeiro caso sua gênese deve ser relacionada a processo metamórfico de fusão parcial nos metassedimentos.

#### Veios de quartzo

Veios de quartzo (Fig. 36), em corpos lenticulares de espessuras milimétricas a métrica, ocorrem encaixados nos paragnaisses, xistos e quartzitos. Contêm quantidades acessórias de muscovita, localmente pirita e outros minerais opacos.



Figura 33. Banco de quartzito micáceo e xisto fino intercalado em paragnaisses NPasv. Ponto SG-384, sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.



Figura 34. Corpo de anfibolito encaixado em quartzo xistos NPaar no ponto SG-51, sudeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.



Figura 35. Quartzo e feldspato anatóicos em veios concordantes e em dique de pegmatito no paragnaisse da unidade NPasv. Ponto SG-34, sul da área, na BR-381.



Figura 36. Delgados veios de quartzo subparalelos a foliação, saprólito de muscovita xisto NPaar. Ponto SG-12, no norte da Folha São Gonçalo do Sapucaí.

### 3.3. Ortogneisse Guaxupé

Trata-se de ortogneisses monzo e sieno graníticos (Figs. 37 e 38), granulíticos na base da unidade, interpretados como de raiz de arco e denominados Unidade Granulítica Basal da Nappe Guaxupé por Campos Neto e Caby (2000). Aparecem empurrados sobre xistos da Nappe Lambari, com cerca de 500m de espessura aparente, em lajedos (Fig. 37) e alterados em voçorocas e barrancos.

Petrografia - São rochas maciças porfíricas grossas com xistosidade anastomosada definida pela matriz e fenocristais de feldspatos deformados (Fig. 40). Os fenocristais podem ser de plagioclásio e microclina. A matriz contém essencialmente, quartzo, oligoclásio-andesina, microclina, biotita (Fig. 41). Granada, ortopiroxênio e hornblenda verde são acessórios ou essenciais de baixa porcentagem (Fig. 42). Ocorrem ainda epidoto, allanita, titanita, zircão e minerais opacos. Milonitos ocorrem no empurrão basal da Nappe Guaxupé.

<i>% modal</i>	<i>SG 15</i>	<i>SG 159</i>
protólito =>	monzo granito	sieno granito
quartzo	40	33,3
plagioclásio	15	16,6
microclina	20	35
biotita	5	11,6
granada	Traço	3
epidoto/allanita	Traço	0,3
hornblenda	9	-
zircão	Traço	traço
ortopiroxênio	6	-
minerais opacos	Traço	traço
Total	100	99,8

Figura 37. Composição modal de duas amostras de ortogneisse da Nappe Guaxupé, nos pontos SG-15 e 159, na parte norte da Folha São Gonçalo do Sapucaí.

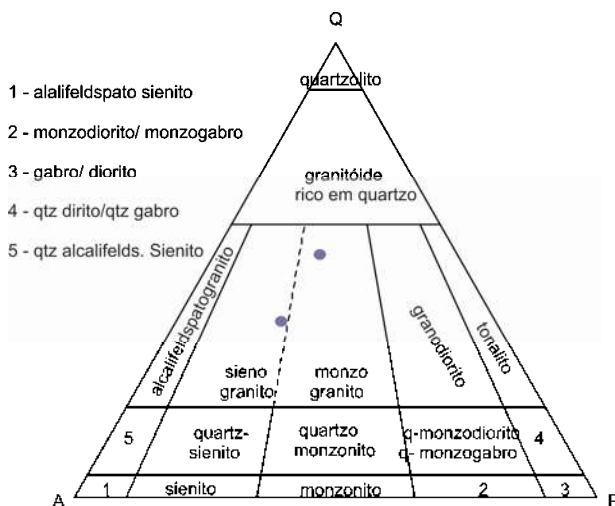


Figura 38. Composição modal do Ortogneisse Guaxupé indicando protólito sieno e monzo granítico. Triângulo composicional para classificação de rochas ígneas plutônicas, segundo Streckeisen (1976). Q- quartzo, A- alcalifeldspatos e P-plagioclásio.



Figura 39. Lajedo de ortognaisse granulítico na base da Nappe Guaxupé. Ponto PF-5, limite das folhas Poço Fundo e São Gonçalo do Sapucaí.



Figura 40. Fenocristais de feldspatos e xistosidade anastomosada em ortognaisse da Nappe Guaxupé. Ponto EM-4, Folha Elói Mendes limite com Folha São Gonçalo do Sapucaí.

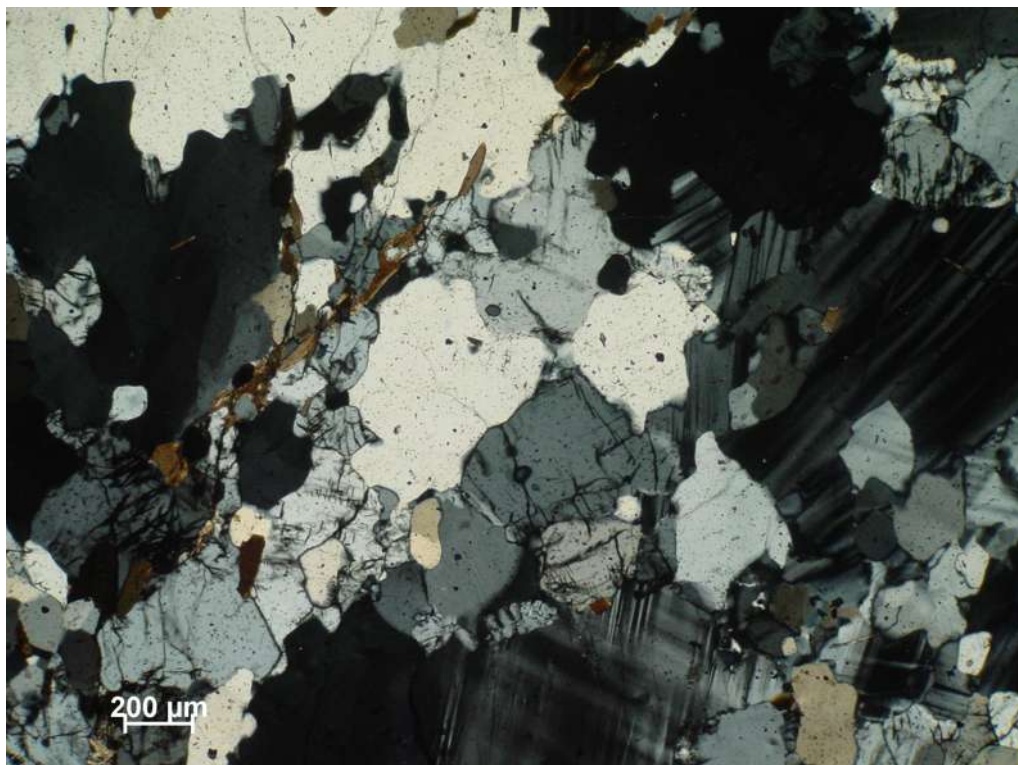


Figura 41. Quartzo, plagioclásio, microclina, biotita e minerais opacos na matriz de ortogneisse da Nappe Guaxupé. Ponto SG-159, norte da área mapeada.



Figura 42. Hornblenda verde, ortopiroxênio e minerais opacos ao longo da xistosidade em ortogneisse granulítico da Nappe Guaxué. Ponto 15, no norte da área mapeada.

### 3.4. Depósitos Cenozóicos

Constituem-se basicamente de depósitos fluviais do Rio Sapucaí e seus afluentes, além de espessas coberturas coluvionares. São mais expressivos em todo segmento oeste da área ao longo da planície de inundação do rio Sapucaí e a leste, os depósitos do Ribeirão dos Barretos, afluente do Rio Sapucaí. Ocorrem em discordância angular e litológica sobre todas as unidades precambrianas. Coberturas coluvionares muito espessas (>1m) são observadas a noroeste de São Gonçalo e a leste de Monsenhor Paulo, sendo constituídas por depósitos *in situ*, originados do intemperismo e erosão dos ortognaisses do embasamento e metassedimentos da Megassequência Andrelândia.

#### 4. Geologia Estrutural

No embasamento, Megassequência Andrelândia e no ortognaisse Guaxupé foram reconhecidas estruturas de tectônica dúctil que podem ser relacionadas a três fases de deformação regionais. A mais antiga relacionada com a Faixa Brasília, gerou falhas de empurrão, a foliação principal, dobras fechadas a isoclinais e lineações de estiramento e mineral. As duas fases deformacionais mais novas, são interpretadas como relacionadas à Faixa Ribeira. A primeira (DR1), acarretou no dobramento das superfícies de empurrão, notável no mapa, e da foliação principal, além de crenulação nos metassedimentos. A segunda (DR2), gerou a Zona de Cisalhamento Três Corações, que deforma e trunca as demais estruturas pretéritas.

##### 4.1. Fase Deformacional Brasília

###### Sistema de Nappes Socorro-Gaxupé

Na área foram diferenciadas três nappes, denominadas Carmo da Cachoeira, Lambari e Guaxupé (Fig.54), correlacionadas com as nappes descritas por Paciullo (1997), Peternel (2000 e 2004), Trouw (2000) e Trouw *et al* (2007). Estas estão descritas abaixo, da base para o topo, de acordo com a ordem de empilhamento tectônico.

A Nappe Carmo da Cachoeira (NCC) está presente nas partes sul, sudeste e leste da área, sendo constituída por metassedimentos e anfibolitos das unidades  $A_{1+2}$  e  $A_6$  da Megassequência Andrelândia (MSA).

A Nappe Lambari (NL) ocorre em dois segmentos, um a sudoeste, centro e nordeste da área e outro a leste. Posiciona-se tectonicamente sobre as unidades da MSA presentes na Nappe Carmo da Cachoeira, sendo constituídas por ortognaises do embasamento e as unidades  $A_5$  e  $A_6$  da MSA.



A Nappe Guaxupé esta presente nas partes noroeste e norte da área, posicionada tectonicamente sobre a unidade A<sub>6</sub> da MSA. É composta por ortogranulitos e anfibolitos da unidade Guaxupé.

Na base da Nappe Guaxupé a foliação principal adquiriu textura milonítica. A recristalização avançada de feldspatos e a consequente escassez de porfiroclastos de feldspatos nestes milonitos sugerem deformação em fácies anfibolito alto à granulito (Fig. 43). Na base dos outros empurrões, não foram encontrados milonitos, talvez por falta de afloramentos adequados ou provavelmente, devido ao pico de recristalização metamórfica, ser tardio em relação a colocação destas nappes. Neste caso, os empurrões foram definidos por inversões estratigráficas, como a do Ortognaisse São Gonçalo sobre os xistos da unidade A<sub>6</sub> e do Ortognaisse Santa Luzia sobre paragnaisses da unidade A<sub>1+2</sub> (Anexo 1).

Estruturas como dobras assimétricas com vergência para nordeste/ leste e, lineações de estiramento e mineral para oeste/sudoeste, indicam transporte tectônico relativo do topo destas nappes para leste/nordeste, corroborando as informações, para a cinemática destes sistemas de nappes, apresentadas por Trouw e seus colaboradores, em regiões contíguas a leste e a sul da área deste presente trabalho.

### Foliação principal

Em geral as rochas da área apresentam xistosidade bem definida, ocorrendo morfologias planares e anastomosadas nos metassedimentos (Figs. 26, 27, 28) e, quase sempre, anastomosada nos ortognaisses (Figs. 16, 38). Esta xistosidade é a foliação principal da área e mostra mergulhos baixos (~ 30<sup>0</sup>) para NW, N e NE no norte da área e mergulhos mais íngremes (~ 60<sup>0</sup>) para SE, na parte sul da área. A xistosidade é subparalela ao acamamento nos metassedimentos e às superfícies de empurrão. Por tal razão, provavelmente, sua gênese é contemporânea à colocação do sistema de nappes Socorro-Guaxupé, da Faixa

Brasília. Esta foliação deve ser precoce ou cedo-sin-tectônica em relação a colocação das nappes pois, aparentemente, foi deformada pelos próprios empurrões (vide seção geológica, Anexo 1).

Localmente, nos ortognaisses do embasamento, foram observadas dobras abertas à isoclinais, com a foliação principal no plano axial, sugerindo uma provável transposição de foliação pré-brasiliana no embasamento (Fig. 44). Nestas rochas ocorrem também padrões locais de redobramento (Fig. 7).

#### Lineação de estiramento

Nas superfícies da foliação principal, em poucos pontos, foi observada uma lineação de estiramento (Figs.45 e 46) com caimento suave ( $5^{\circ}$ – $10^{\circ}$ ) para NW, W e SW. Esta guirlanda definida pela lineação de estiramento, pode ser interpretada, como variação dos campos de esforços ou como mecanismo de escape lateral, durante a colocação das nappes (Fig. 46).

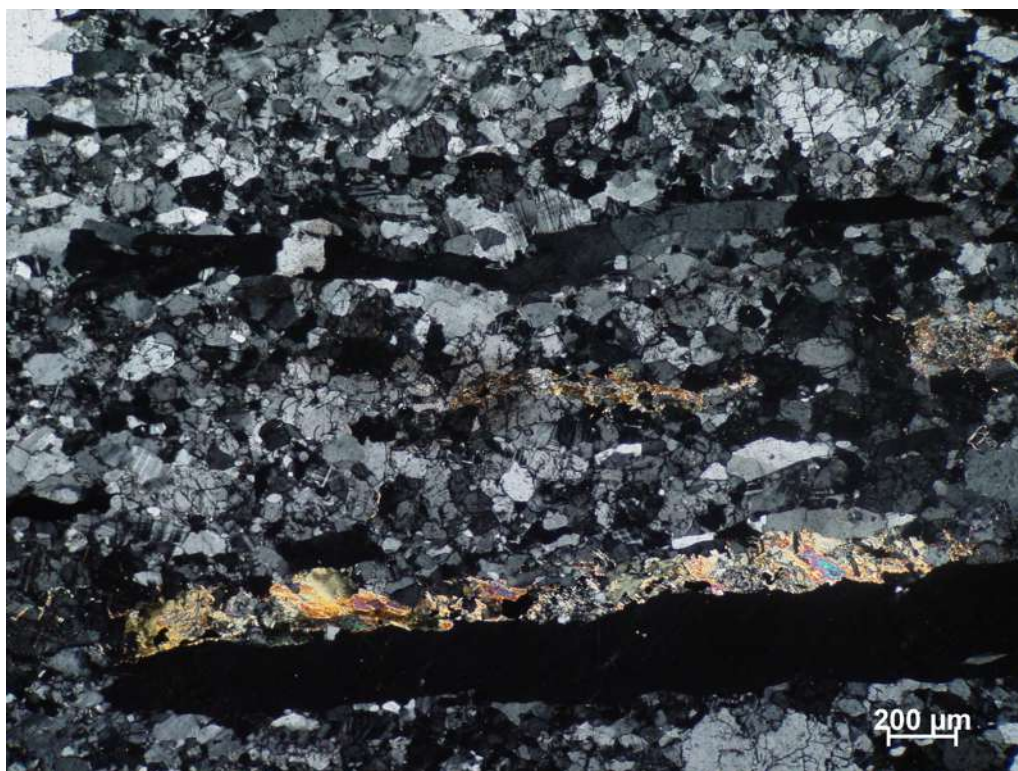


Figura 43. Feldspatos recrystalizados em ortogneisse granulítico na base da Nappe Guaxupé. Ponto SG-15, parte norte da Folha São Gonçalo do Sapucaí.



Figura 44. Dobras com superfície axial paralela a foliação regional no Ortognaisse Santa Luzia. Ponto SG-5 próximo a Monsenhor Paulo, no norte da Folha São Gonçalo do Sapucaí.



Figura 45. Lineação de estiramento em biotita xisto. Ponto SG-400, sudoeste da Folha São Gonçalo do Sapucaí.

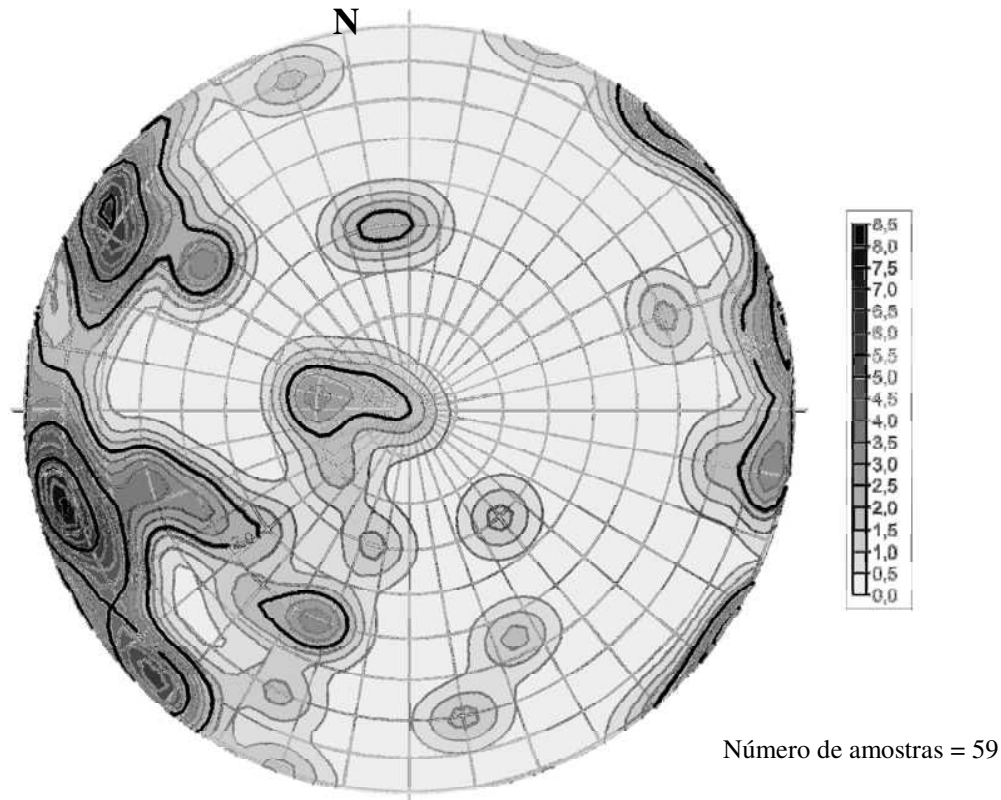


Figura 46. Estereograma de lineações demonstrando predominância de baixos mergulhos para W, SW e NW. Rede Schmidt, projeção equiárea.

#### 4.2. Fase Deformacional Ribeira (DR1 + DR2)

##### Dobras

A foliação principal define dobras, de micro e macroescala, parasíticas do Antiformal de São Gonçalo. Esta megaestrutura de escala regional é representada na área por seu flanco norte e apenas parte do seu flanco sul (cf. seção geológica no Anexo 1). O fechamento da estrutura ocorre ao sul, na Folha Heliadora. As crenulações e dobras de várias escalas, têm superfície axial de traço NE-SW com mergulhos íngremes para NW ou SE (Fig.47). A maioria dos eixos medidos mostram caimento suave ( $\sim 1-10^0$ ) para SW. A vergência das dobras é mal definida mas, a sul, na Folha Heliadora, aparentemente a vergência é para NW. Por deformar a foliação principal e empurrões, e por sua atitude, provavelmente, estas dobras são relacionadas a evolução da Faixa Ribeira. Deste modo a área da Folha São Gonçalo do

Sapucaí pode ser incluída no limite norte da zona de interferências entre as faixas Brasília e Ribeira.

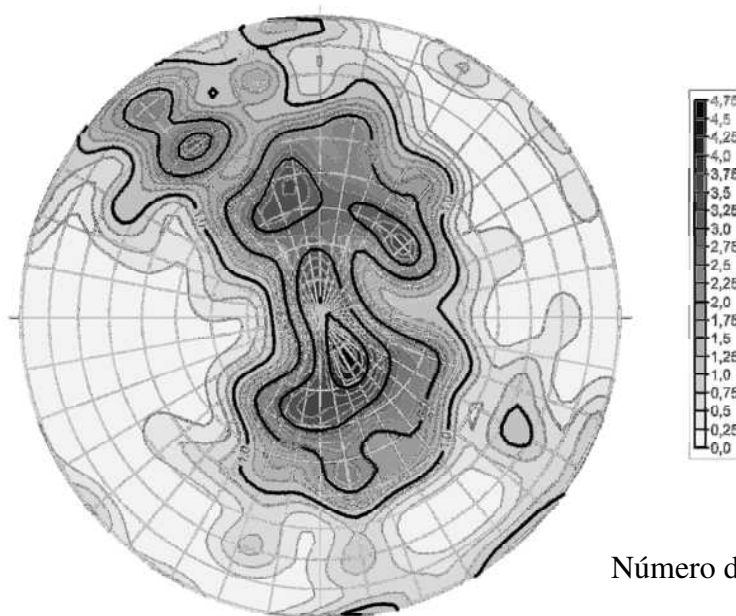


Figura 47. Estereograma da foliação principal com mergulhos para NW e SE, demonstrando dobras DR1. Rede Schmidt, projeção equiárea.

#### Zona de Cisalhamento Três Corações

Esta megaestrutura é subvertical de rumo NE-SW e tem extensão de centenas de quilômetros e espessura decamétricas (Fig. 2). Na área da Folha São Gonçalo do Sapucaí ela desloca contatos entre as unidades, mostrando rejeitos aparentes em torno de 2km. Ao longo desta zona de cisalhamento a foliação principal assume a atitude da própria zona de cisalhamento e adquire caracter milonítico (Fig.48). Além disso, a zona de cisalhamento parece se bifurcar ou mostrar padrão *en echelon* (vide mapa geológico, Anexo 1). O caráter dextrógiro é evidenciado por *shear band cleavage* do tipo- SC (Fig.49), mica fish (Fig.50) e porfiroclastos manteados do tipo- $\sigma$  (Fig.51). Foi observado uma forte lineação de estiramento, associada aos planos miloníticos. Esta zona de cisalhamento, aparentemente, resulta de uma compressão regional E-W, durante os ajustes finais da aglutinação do Supercontinente Gondwana.



Figura 48. Ortognaisse Santa Luzia com textura milonítica, zona de cisalhamento Três Corações.



Figura 49. *Shear band cleavage* do tipo-SC, indicando cisalhamento dextrógiro. Ortognaisse Santa Luzia, na Zona de Cisalhamento Três Corações.

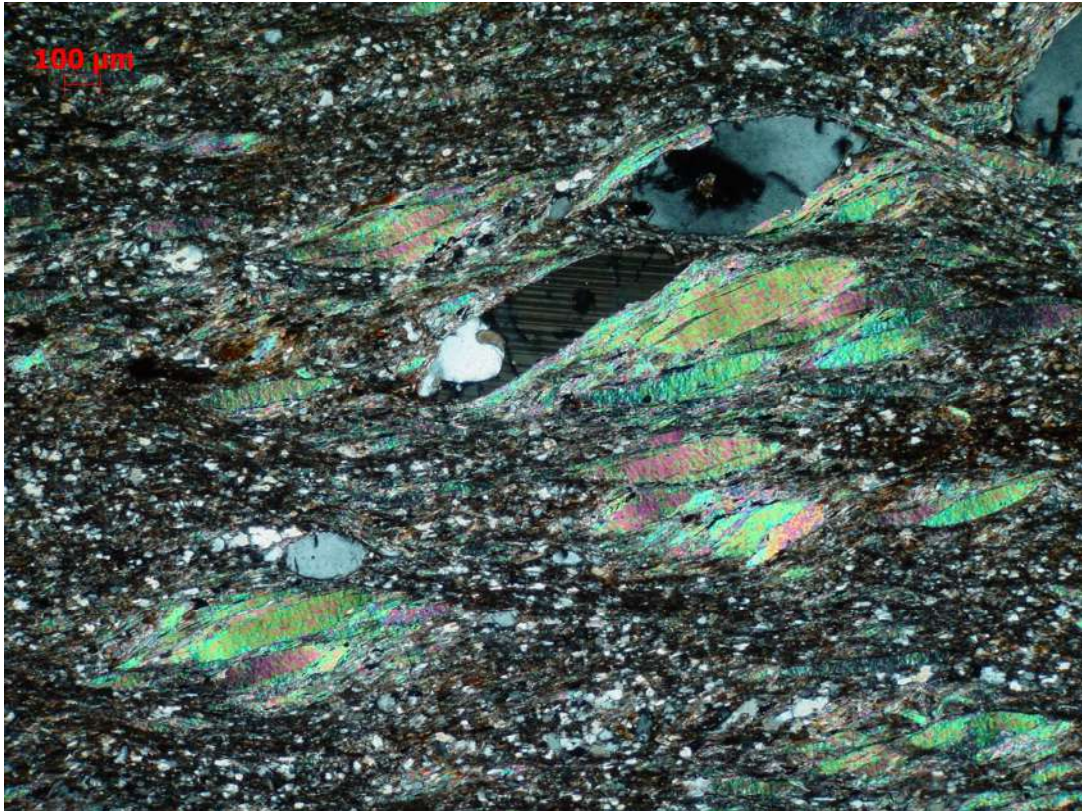


Figura 50. Paragnaisse milonítico com mica fish indicando cisalhamento dextrógiro. Zona de Cisalhamento Três Corações.

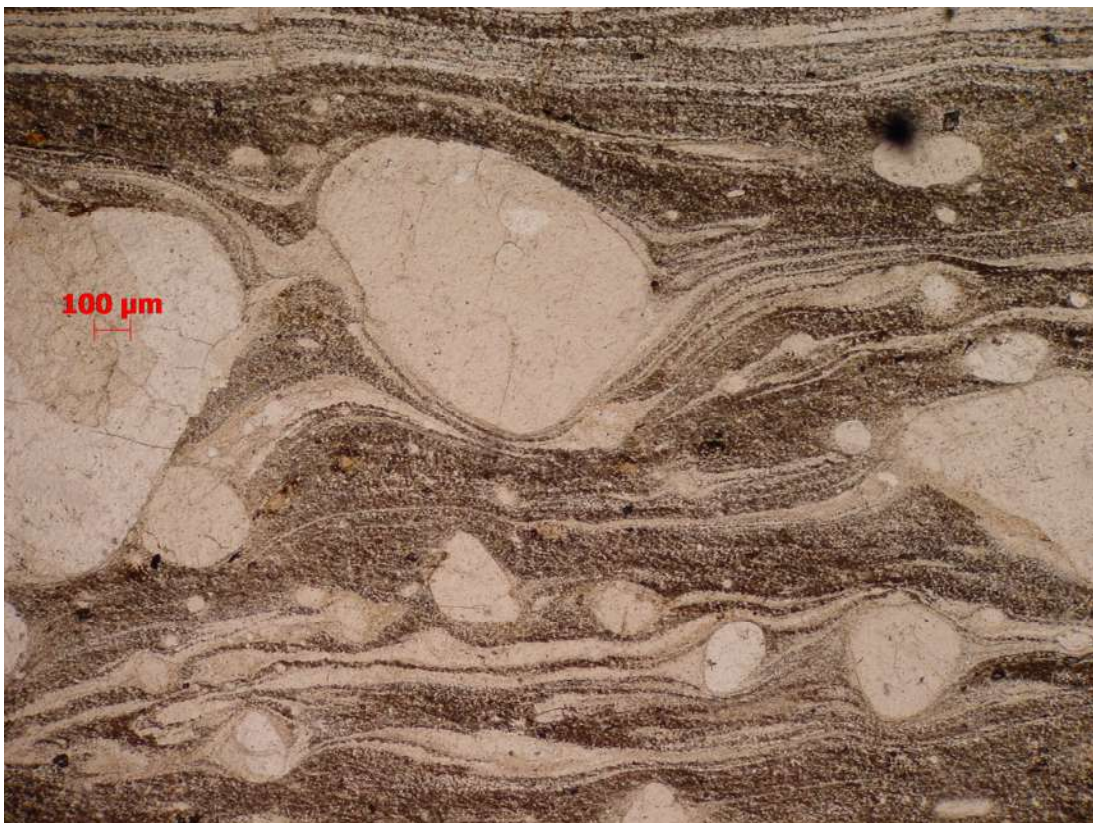


Figura 51. Ortognaisse Santa Luzia milonítico com indicador cinemático do tipo-  $\sigma$ , indicando cisalhamento dextrógiro. Zona de cisalhamento Três Corações.



Figura 52. Microperthita com estrutura do tipo *flamme*. Ortognaisse Santa Luzia, na zona de cisalhamento Três corações

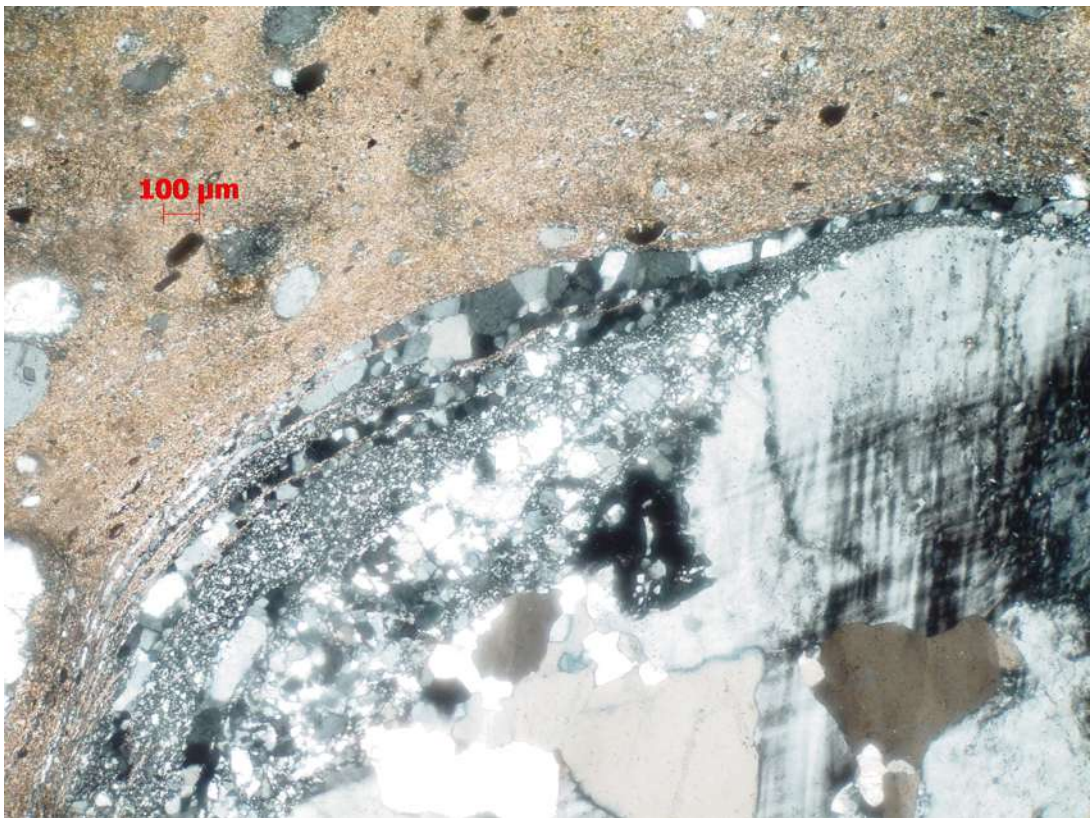


Figura 53. Microclina com textura manto núcleo, apresentando bordas recristalizadas. Ortognaisse Santa Luzia, na zona de cisalhamento Três Corações.



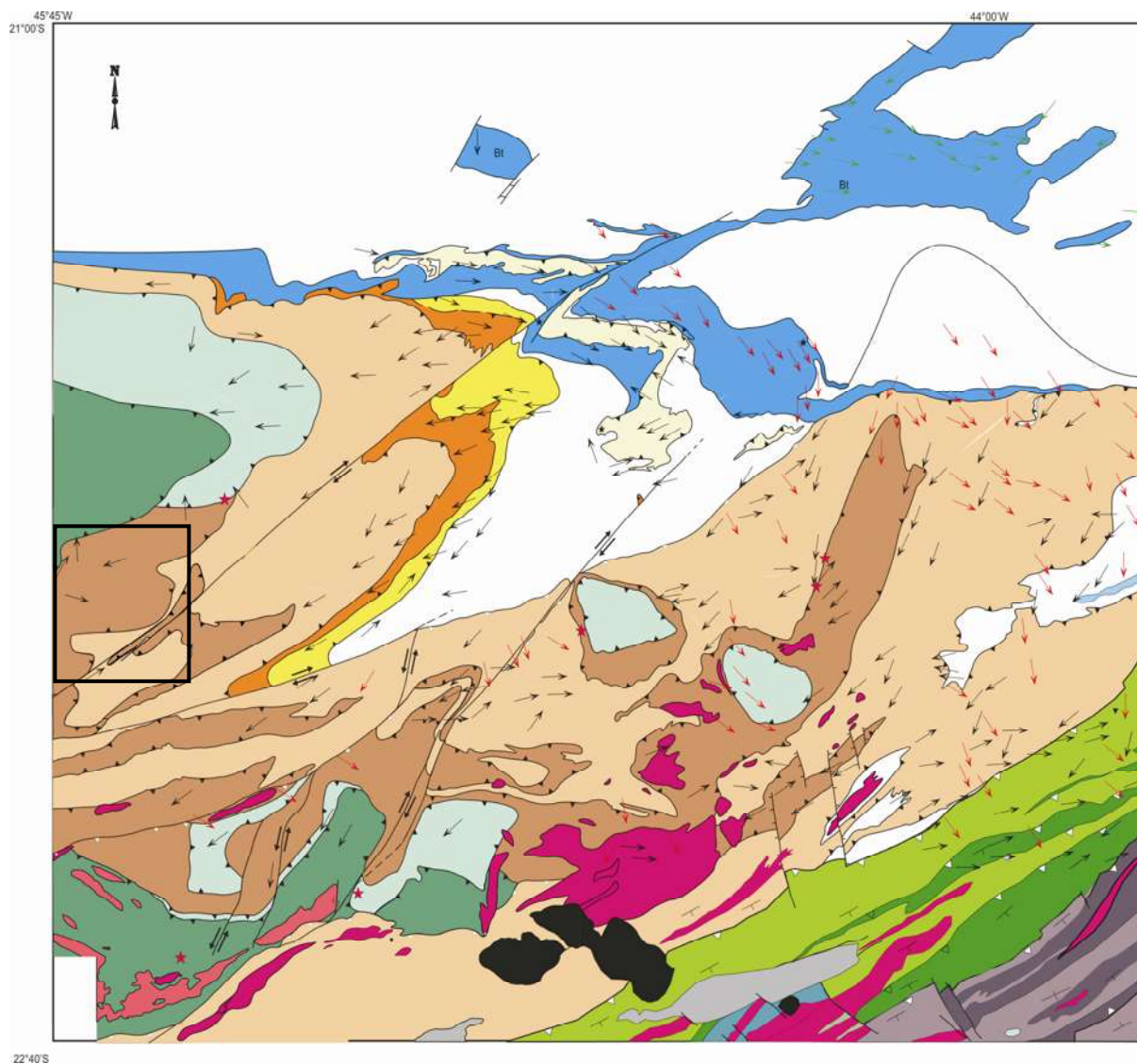


Figura 54. Sistema de nappes no sul de Minas Gerais com a Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 no polígono. Branco- embasamento, Azul escuro- domínio (para)autóctone, Amarelo claro – klipp Carrancas. Nappes: Amarelo- Luminárias, Laranja- São Tomé das Letras, Bege- Carmo da Cahoeira/Andrelândia, Marrom- Lambari/Liberdade, Azul esverdeado- Varginha e klippen correlatas, Verde escuro- Guaxupé. Vermelho- granitóide brasileiros. No canto sudoeste, em tons de verde e roxo unidades tectônicas da Faixa Ribeira. Negro- Maciços alcalinos Cretáceo-Cenozóicos. Setas- lineações de estiramento. Mapa segundo Trouw *et al* (2007).

## 5. Metamorfismo

Nas rochas pertencentes ao embasamento, da Megassequência Andrelândia e nos ortognaisses neoproterozóicos, foram identificadas diversas associações metamórficas, definindo fácies metamórficas desde anfibolito de baixa pressão até anfibolito de pressão intermediária/alta à granulito (Fig.55 e 60). A partir da correlação das diversas associações mineralógicas com as fases deformacionais, foram identificados dois eventos metamórficos associados à evolução das Faixas Brasília e Ribeira, respectivamente. Portanto o metamorfismo também mostra que a área insere-se na zona de interferência entre as faixas móveis Brasília e Ribeira (Fig. 56).

### 5.1. Metamorfismo Brasília

Na área de estudo, o metamorfismo principal está associado à geração da foliação principal e às isógradas metamórficas, coincidindo com os contatos tectônicos das nappes, portanto este é atribuído à evolução da Faixa Brasília. A associação metamórfica observada nos metassedimentos é caracterizada por muscovita + biotita + granada + rutilo + estauroлита + cianita, além de veios anatéticos e pegmatitos (Fig. 35). Estauroлита (Fig. 56) indica fácies anfibolito e cianita (Fig. 57), pressões intermediárias a altas. No Ortognaisse Guaxupé, a associação predominante é hiperstênio + cpx + plagioclásio + quartzo ± granada. A associação granada + opx + cpx + plagioclásio caracteriza fácies granulito em pressão intermediária (Fig. 58). Nos ortognaisses do embasamento a associação hornblenda + plagioclásio + biotita + quartzo indica metamorfismo em fácies anfibolito.

### 5.2. Metamorfismo Ribeira

O metamorfismo associado à evolução da Faixa Ribeira, ocorreu em condições de pressão mais baixa que as geradas durante o metamorfismo Brasília. Nos xistos ocorre granada e sillimanita, variedade fibrolita, aparentemente, mais novos que a associação granada-estauroлита-cianita-rutilo (Fig. 59). A sillimanita indica pressão mais baixa na fácies anfibolito, e a proporção cianita/sillimanita, decresce de norte para o sul.

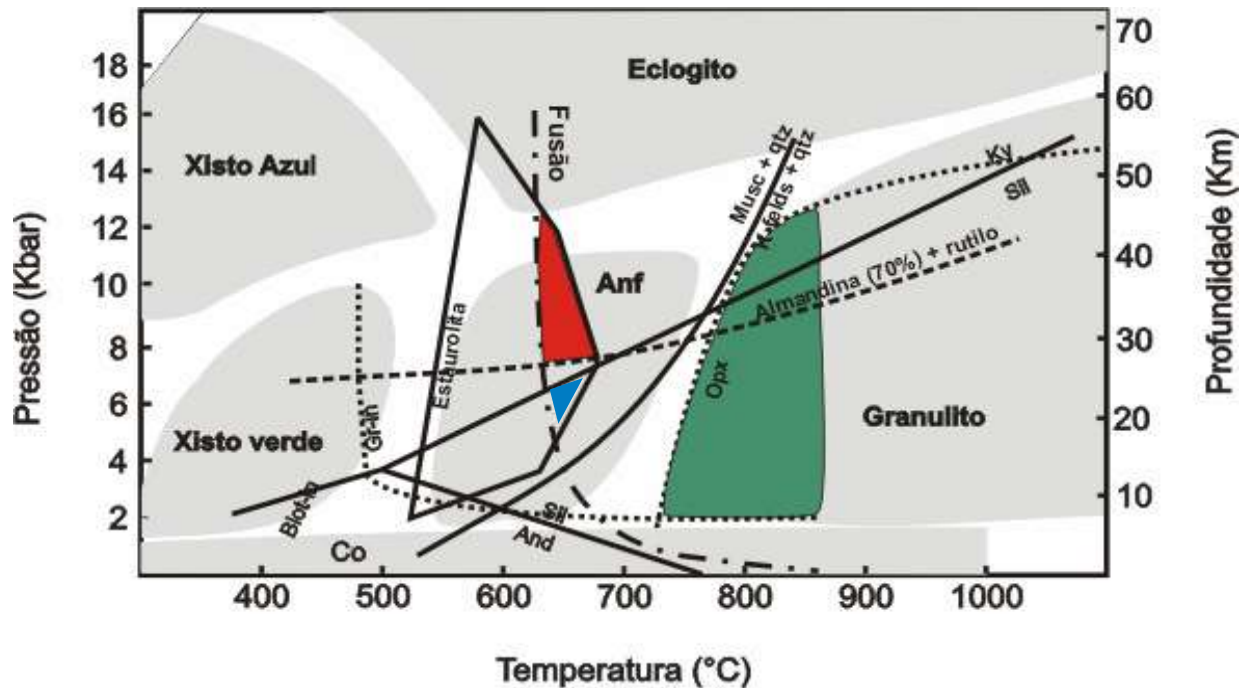


Figura 55. Campos definidos pelas associações metamórficas na Folha São Gonçalo do Sapucaí: Azul = sillimanita em xistos com granada, estaurolita, cianita e rutilo; Vermelho = almandina-estaurolita-cianita-rutilo + fusão parcial em xistos e, Verde = ortopiroxênio no Ortognaisse Guaxupé. O gráfico mostra o campo de estabilidade de biotita, granada, andaluzita (And), estaurolita, cianita (Ky), sillimanita (Sil), cordierita (Co), almandina (70%) + rutilo e hipertênio (Opx), e o limite muscovita + quartzo (Musc + Qtz) versus K-feldspato + quartzo (k-felds + Qtz), Anf- fácies anfibolito. Gráfico baseado em Yardley, 1991.

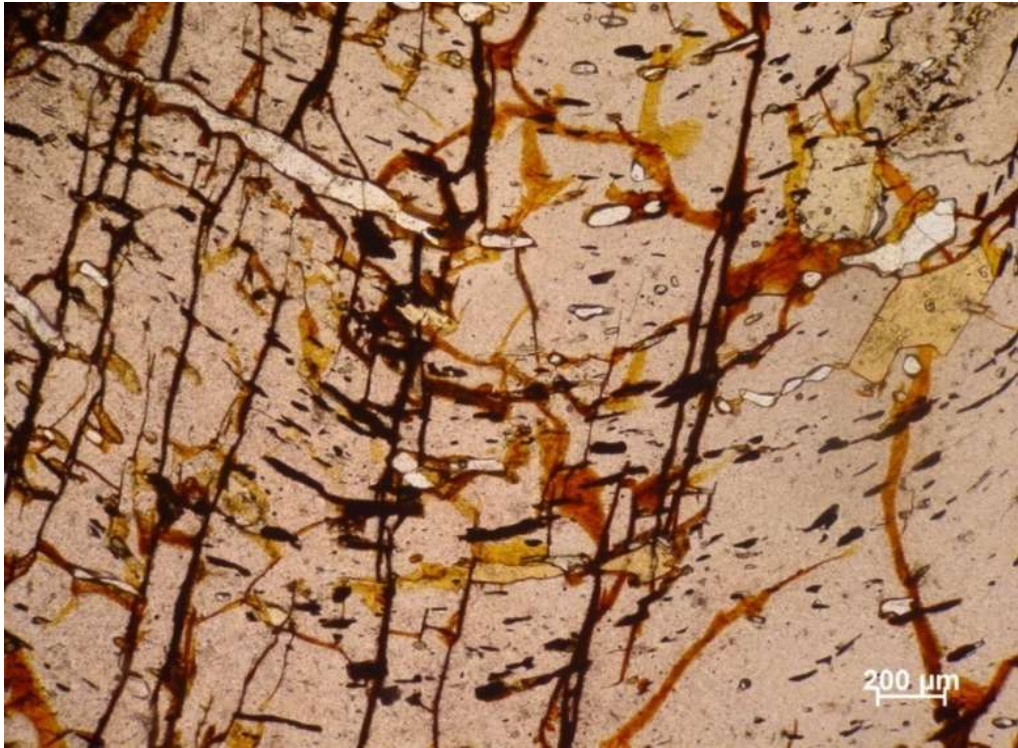


Figura 56. Estauroilita, incluída em granada D2, definindo fácies anfibolito em muscovita xisto da unidade A<sub>6</sub>. Ponto SG- 209, Fazenda Santa Inês, sul da Serra do Quiabeiro.



Figura 57. Muscovita xisto da unidade A<sub>6</sub> com cianita definindo metamorfismo de pressão de intermediária a alta. Ponto SG-209, Fazenda Santa Inês, sul da Serra do Quiabeiro.

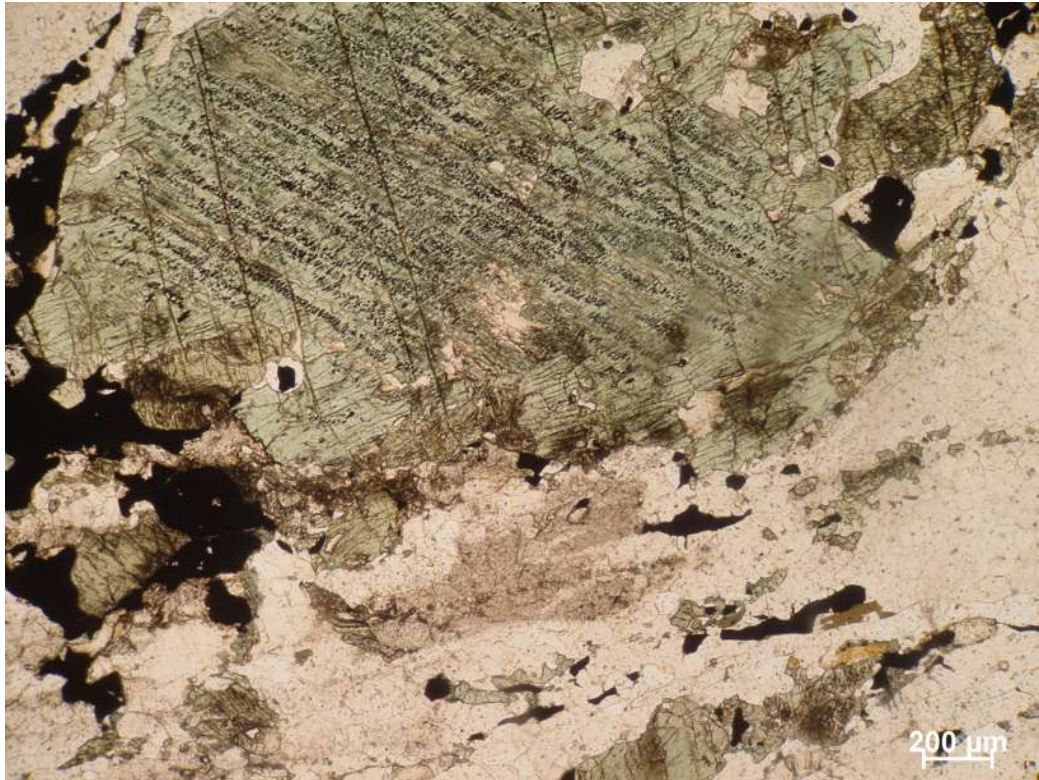


Figura 58. Ortopiroxênio parcialmente substituído por hornblenda verde em ortogranulito da Nappe Guaxupé. Ponto SG 15, no norte da área mapeada.

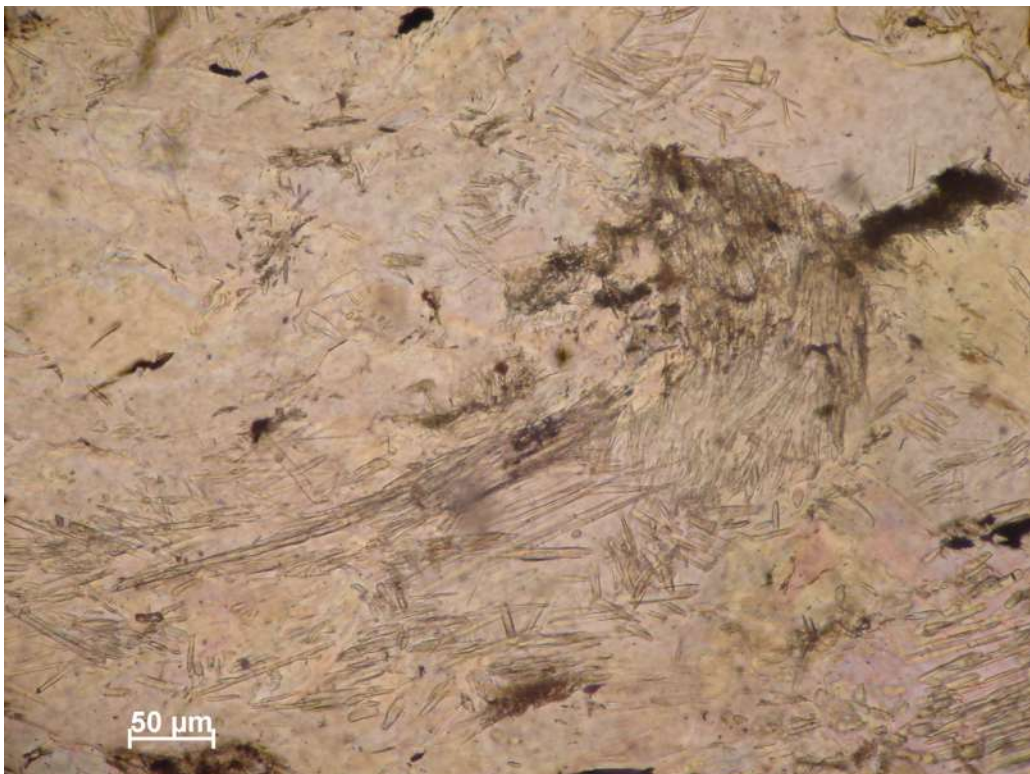


Figura 59. Agregados de fibrolita em muscovita xisto da unidade A<sub>6</sub>. Ponto SG-209, Fazenda Santa Inês, a sul da Serra do Quiabeiro.

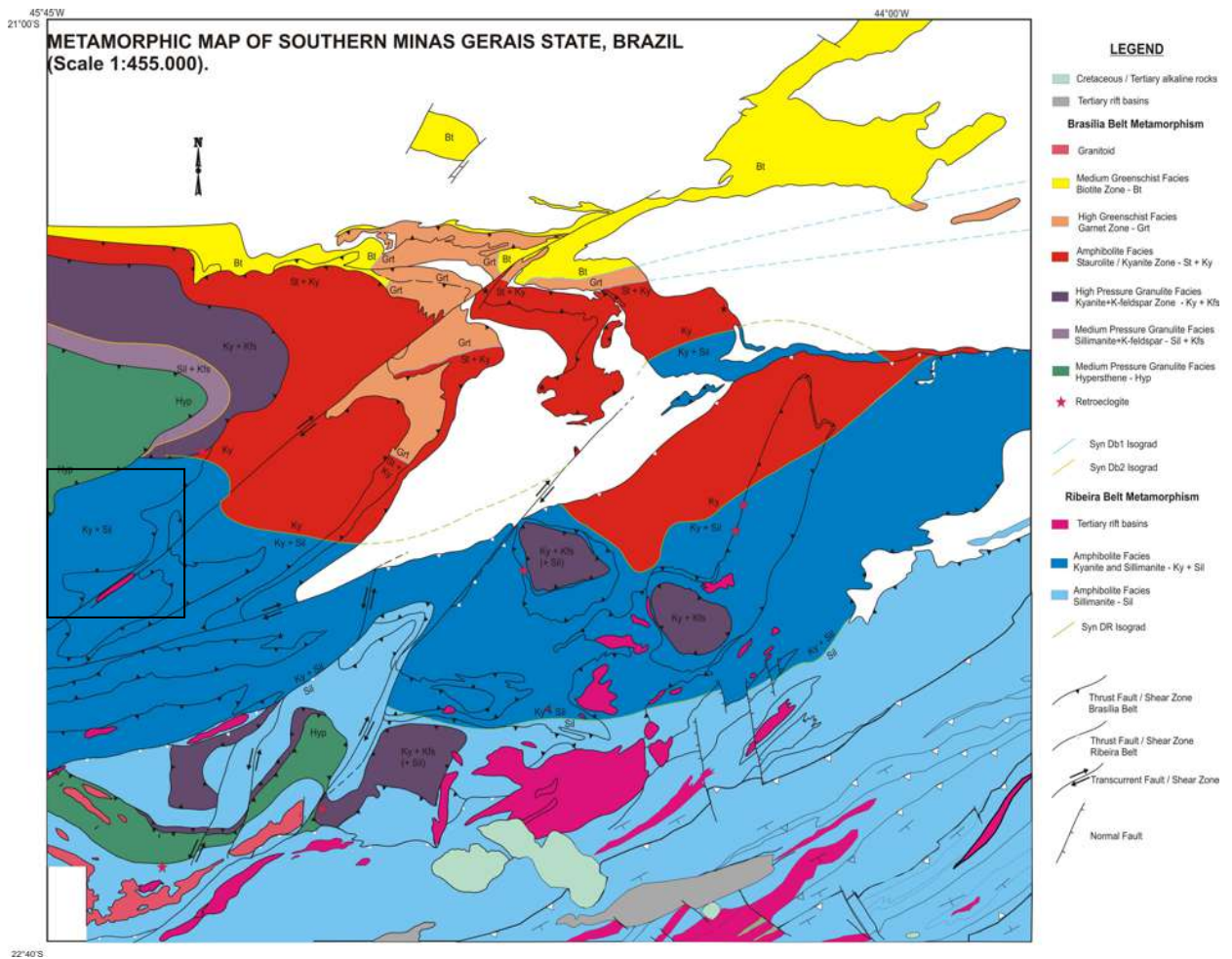


Figura 60. Mapa metamórfico do sul de Minas Gerais, segundo Peternel e Trouw (2007). Folha São Gonçalo do Sapucaí no polígono. Branco- embasamento. Zonas e fácies metamórficas relacionadas a Faixa Brasília: Amarelo- biotita, xisto verde médio, Laranja-granada, xisto verde alto, Vermelho= anfíbolito, estauroilita e cianita, Roxo escuro- cianita + k-feldspato, granulito de alta pressão e Roxo claro- sillimanita + K-feldspato, granulito de pressão média, Verde- hiperstênio, granulito de pressão média. Faixa Ribeira: Azul escuro, sillimanita na zona da cianita da Faixa Brasília e Azul claro- zona da sillimanita, fácies anfíbolito.

## 6. Conclusões e considerações finais

As rochas da área estão compartimentadas em três nappes, de baixo para cima: Carmo da Cachoeira, Lambari e Guaxupé, pertencentes ao sistema de nappes Socorro-Guaxupé. Foram definidas pela inversão estratigráfica, a presença de milonitos e pela associação de fácies metamórficas. A foliação principal mostra mergulhos baixos ( $\sim 30^{\circ}$ ) para NW, N e NE no norte da área e mergulhos mais íngremes ( $\sim 60^{\circ}$ ) para SE, na parte sul da área. A xistosidade é subparalela ao acamamento nos metassedimentos e as superfícies de empurrão. Por tal razão, provavelmente, sua gênese é contemporânea a colocação do sistema de nappes Socorro-Guaxupé, da Faixa Brasília. Esta foliação deve ser precoce ou cedo-sin-tectônica em relação a colocação das nappes pois, aparentemente, foi deformada pelos próprios empurrões. Dobras com vergência para NE-E-SE e lineações de estiramento, com baixo caimento, para SW-W-NW, indicam transporte relativo do topo destas nappes para NE-E-SE. O metamorfismo principal foi em fácies granulito na Nappe Guaxupé e em fácies anfibolito de alta pressão nas nappes inferiores. Estas nappes, a foliação e o metamorfismo principais, foram gerados durante a formação do segmento sul da Faixa Brasília. A posterior deformação destas estruturas, em antiformais e sinformais regionais, e o metamorfismo em fácies anfibolito de pressão intermediária, podem ser atribuídos a evolução da Faixa Ribeira, confirmando que a área faz parte da zona de interferência entre as duas faixas móveis brasileiras. A Zona de Cisalhamento Três Corações é parte de um conjunto de estruturas, de escala regional, formadas nos episódios de acomodações finais da Orogênese Brasileira.

Foram identificados três eventos magmáticos distintos. No Arqueano, um evento magmático com afinidade tonalítica calcioalcalina acarretou na formação das rochas da unidade São Gonçalo. No Paleoproterozóico, ocorreu uma intrusão, granítica calcio-alcalina, originado as rochas da unidade Santa Luzia. As rochas da unidade Guaxupé são interpretadas como correspondentes ao arco magmático da margem ativa do paleocontinente Paranapanema, associado a Orogênese Brasileira.

Como considerações finais ressalta-se a importância de se realizar um mapeamento mais detalhado no sul da folha, para delimitar os contatos das unidades do embasamento e metassedimentos da Megassequência Andrelândia e, definir mais precisamente os limites da zona de cisalhamento Três Corações. Além de análises químicas de elementos de terra rara e geoquímica isotópica para os ortognaisses, que não foram feitos neste trabalho.

## Referências Bibliográficas

- Alkmin F.F., Marshak, S., Fonseca, M.A. 2001. Assembling West Gondwana in the Neoproterozoic: Clues from the São Francisco Craton region, Brazil. *Geology* 29: 319-322.
- Almeida F.F.M.; Hasui Y.; Brito Neves B.B.; Fuck R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Sciences Review*, 17:1-29.
- Almeida F.F.M.; Brito Neves B.B.; Carneiro C.D.R. 2000. The origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Science Reviews* 50: 77-111.
- Ávila, C.A., 2000. Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais. 401p. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Campos Neto, M.C.; Figueiredo, M.C.H.; 1995. The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, vol.8, No.2, pp.143-162.
- Campos Neto, M.C.; Caby, R.; 1999. Neoproterozoic high-pressure metamorphism and tectonic constraint from the nappe system south of the São Francisco Craton, southeast Brazil. *Precambrian Research* 97, p. 3-26.
- Campos Neto, M.C.; Garcia, M.G.M.; 2003. Contrasting metamorphic conditions in the Neoproterozoic collision-related Nappes south of São Francisco Craton, SE Brazil. *South American Earth Sciences*, v.15, p 853-870.
- Campos Neto, M.C.; Basei, M.A.S.; Vlach, S.R.F.; Caby, R.; Szabó, G.A.J.; Vasconcelos, P.; 2004. Migração de Orógenos e Superposição de Orôgeneses: Um Esboço de Colagem Brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, v.4, n.1, p.13-40.
- Chermam, A.F., 2004. Geologia, petrografia e geocronologia de ortognaisses paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton do São Francisco, na região entre Itumirim e Nazareno, Minas Gerais. 259p. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Cordani, U.G.; Delhal. L.; Ledent, O. 1973. Orogenésés superposées dans le précambrien du Brésil Sud-Oriental (Etats de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). *Revista Brasileira de Geociências* 3 (1): 1-22. São Paulo, SP.

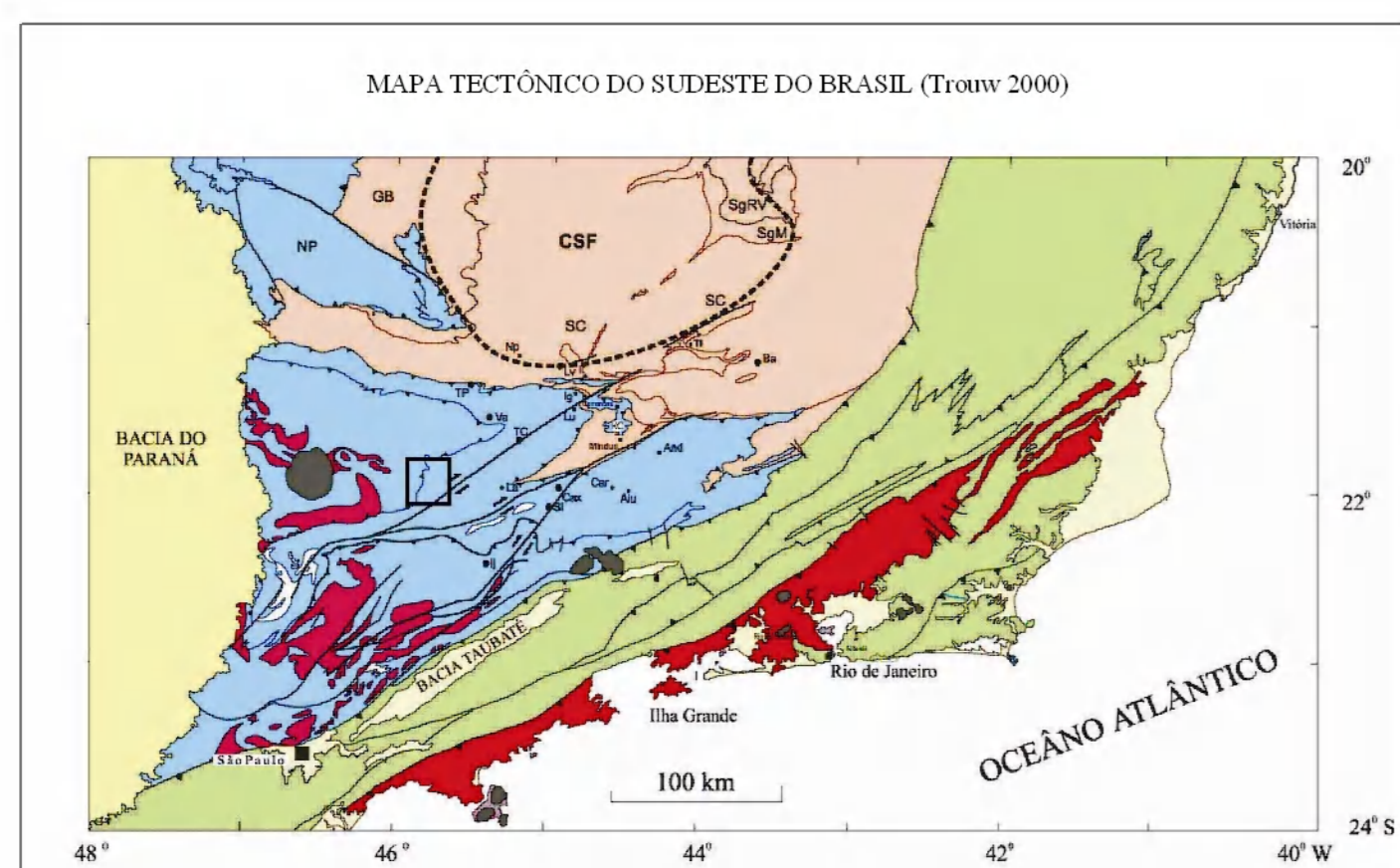


- Dardenne, M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. *In: SGB, Congresso Brasileiro de Geologia*, 38, Anais, 1:215-216.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1971). Projeto Carta do Brasil – Escala 1:50.000, Fundação IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia, Departamento de Cartografia. Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 (SF-23-V-D-V-4).
- Heilbron, M. 1995. O segmento central da Faixa Ribeira: síntese geológica e ensaio de evolução geotectônica, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 110 p. Post-doctorate Thesis.
- Heilbron, M.; Mohriak, W.; Valeriano C.M.; Milani, E.; Almeida, J.C.H.; Tupinambá, M. 2000. From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental Margim of Brazil. *In: SGB, Congresso Brasileiro de Geologia*, 38, Anais, p. 215-216.
- Heilbron, M.; Machado, N.; 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (se Brazil). *Precambrian research*, v.125, p.87-112.
- Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8:523-548.
- Machado Filho, L.; Ribeiro, M.; Gonzales, S.R.; Schenini, C.A.; Santos Neto, A.; Palmeira, R.C.; Pires, J.L.; Teixeira, W.; Castro, H.E. F.1983. Geologia das folhas Rio de Janeiro (SF 23/24) escala 1:1.000.000, mapa e texto explicativo. RADAM Brasil-Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro, 780p.
- Maniar, P. D. & Piccoli, P. M. (1989). Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin* 101, 635–643.
- O'Connor, J.T. 1965. A classification of quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 525-B: 79-84.
- Oliveira, A.A., 2007. Geologia da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000, Sul de Minas Gerais. Resumos da XXX Jornada de Iniciação Científica, CT-CCMN-UFRJ, 2007.
- Oliveira, A.A.; Ribeiro, A.; Mendes, J.C. 2007. Geologia da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000, Sul de Minas Gerais. Resumos Seção xx, Painel 24, 10<sup>0</sup> Simpósio de Geologia do Sudeste e 15<sup>0</sup> Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Diamantina, SBG.
- Oliveira A.A.. 2007. Geologia da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000, Sul de Minas Gerais, 63 pp. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Departamento de Geologia – IGEO – CCMN - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

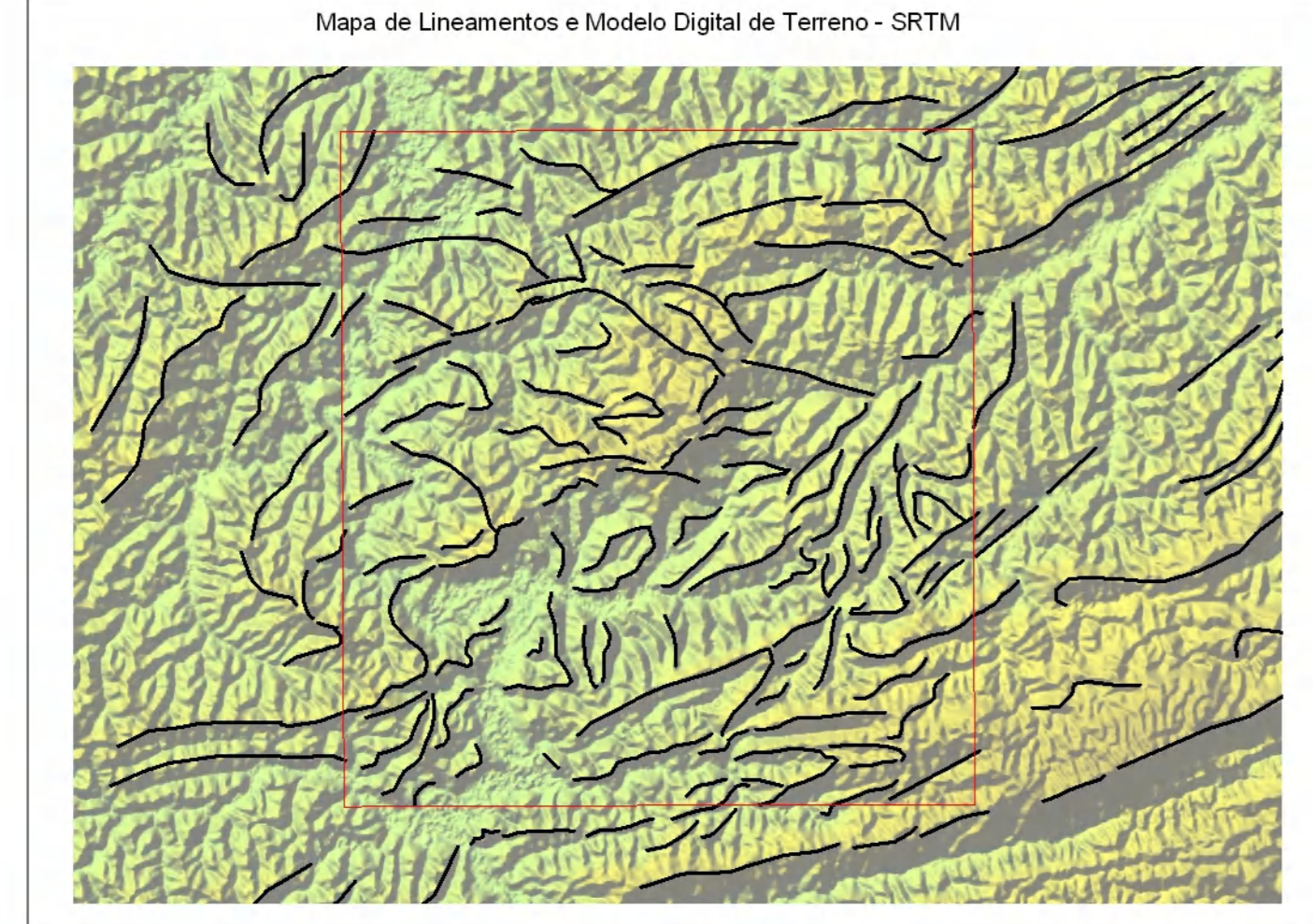
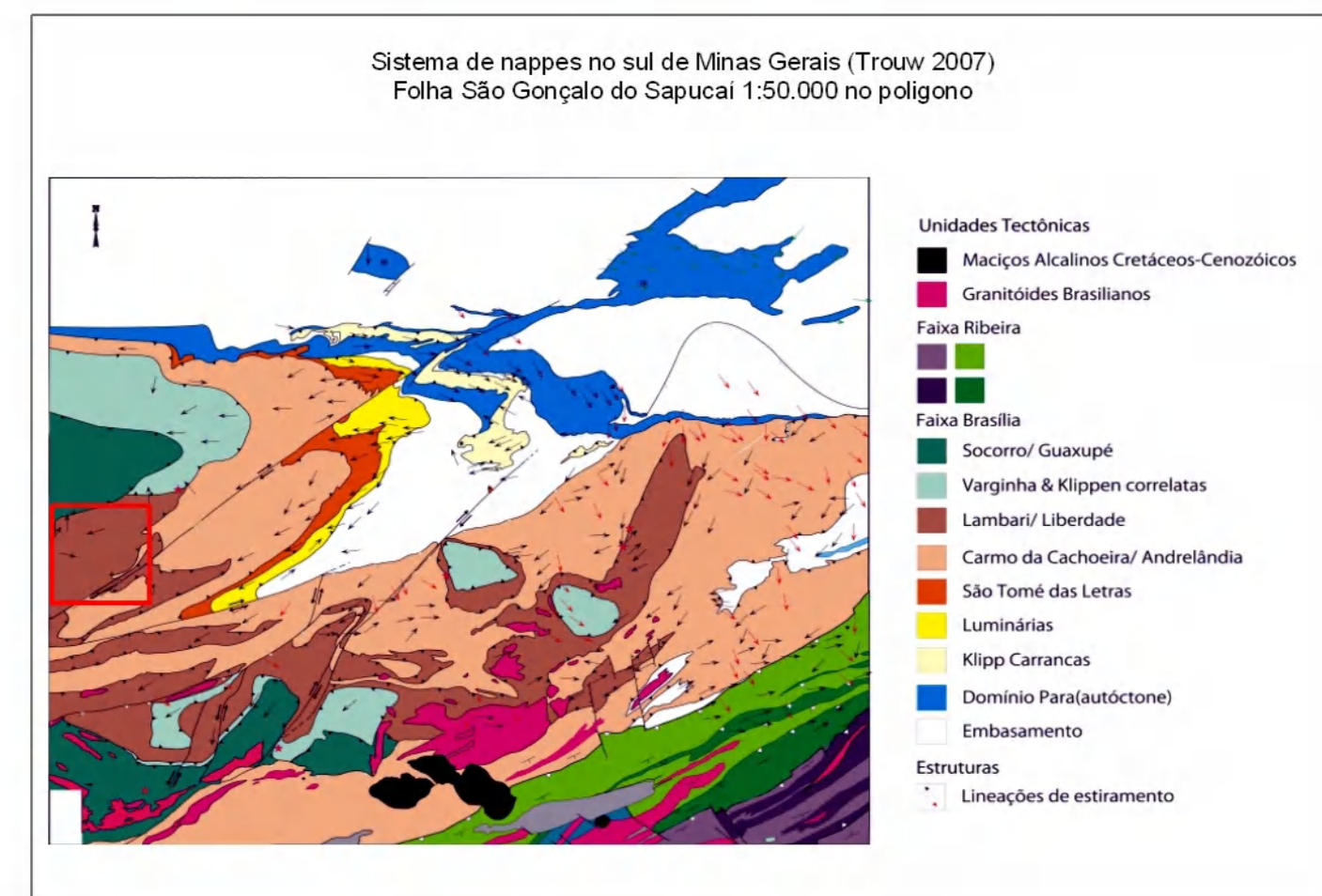
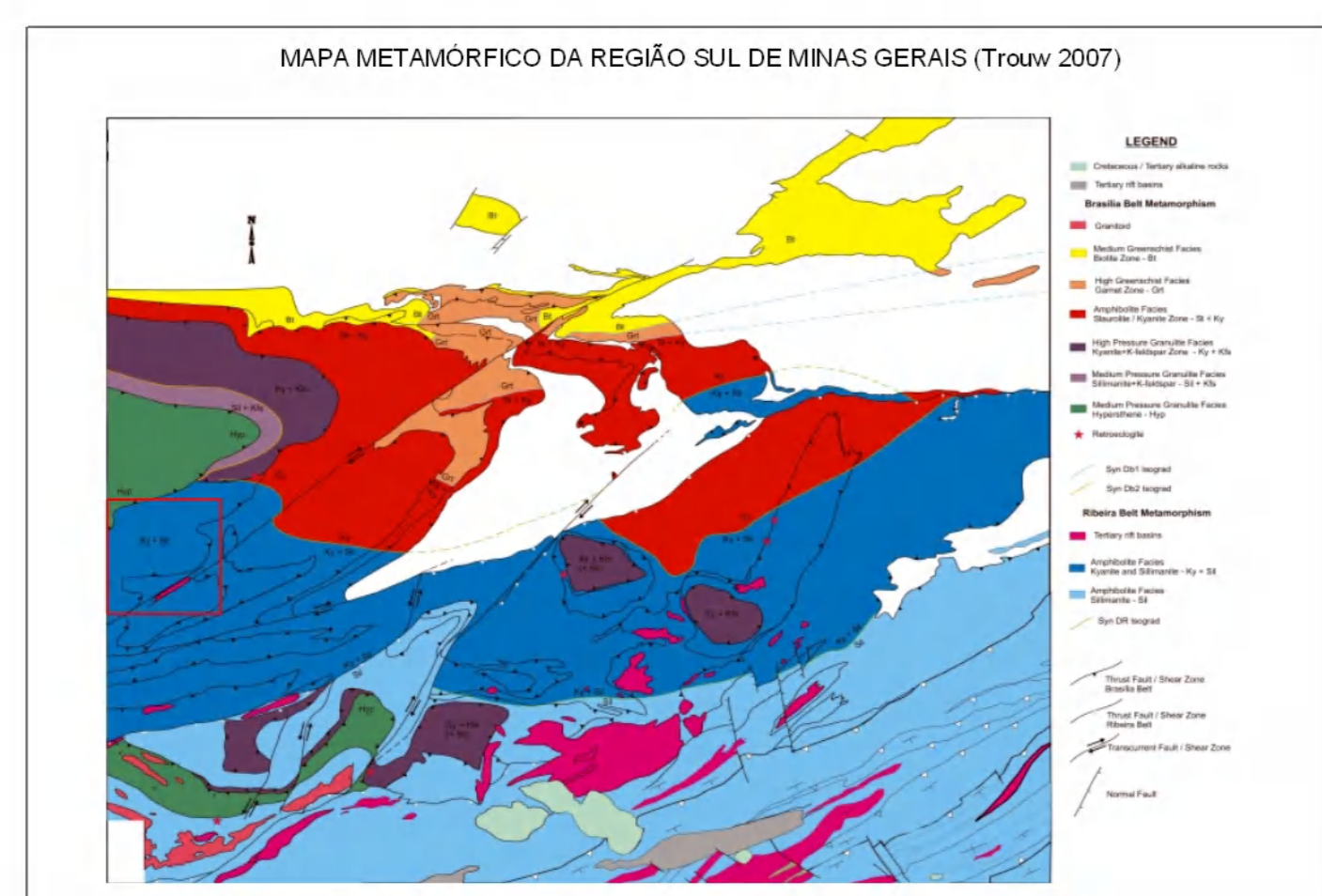
- Oliveira Castro, E.M. 1997. Mapeamento geológico-estrutural e petrografia das sucessões pré-cambrianas da área de Lambari, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, IG/UFRJ, p.103.
- Pearce, C.W, Harris, N., Tindle, A. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology* 25:956-983.
- Paciullo, F.V.P. 1997. A sequência Depositional Andrelândia. Tese de doutorado, IG/UFRJ, p.248.
- Paciullo, F.V.P; Ribeiro A; Andreis, R. R; Trouw, R.A .J. 2000. The Andrelândia Basin, a Neoproterozoic intraplate continental margin, southern Brasília belt. *Revista Brasileira de Geociências*, v.30 (2000): 200-205.
- Paciullo, F.V.P.; Trouw R.A.J.; Ribeiro, A. 2003. Geologia da Folha Andrelândia *In*: Predrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Trouw, R.A.J. & Heilbron, M. (eds). *Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Brasileiro*. Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG; Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Governo de Minas Gerais. Volume I, Capítulo 4: 84-110.
- Peternel, R. 2000. Evolução estrutural e metamórfica de um sistema de nappes na região de Três Corações, sul de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, IG/UFRJ, p.120.
- Peternel, R. 2005. A zona de superposição entre as Faixas Brasília e Ribeira na região entre Caxambu e Pedralva, sul de Minas Gerais. Doutorado em Geologia – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Peternel, R. e Trouw, R.A.J. 2007. A Zona de Interferência entre as Faixas Brasília e Ribeira. 10 Simpósio de Geologia do Sudeste, 2007, Diamantina. Resumos, 2007, p.18.
- Peternel, R, Trouw, R.A.J., Schmitt, R.S. 2005. Interferência entre duas faixas móveis Neoproterozóicas: o caso das faixas Brasília e Ribeira no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências* 35(3): 297-310, setembro de 2005
- Pires F.R.M. 1978. The Archean Barbacena Greenstone Belt in its typical development and the itabirite distribution at the Lafaiete District. *An. Acad. Bras.Ciên.* 50:599-600.
- Ribeiro, A.; Paciullo, F.V.P; Andreis, R.R.; Trouw, R.A.J.; Heilbron, M. 1990. Evolução policíclica proterozóica no sul do Cráton do São Francisco: análise da região de São João Del Rei e Andrelândia, MG. *In*: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Anais, 6:2605-2614.

- Ribeiro, A.; Andreis, R.R.; Trouw, R.A.J.; Paciullo, F.V.P.; Valença, J.G. 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 25: p.235-248.
- Ribeiro, A., 1997. Estratigrafia e paleoambientes nas sucessões metassedimentares proterozóicas das serras do Lenheiro e São José, São João Del Rei, Sul de Minas Gerais. 167p. Doutorado em Geologia – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Ribeiro, A.; Paciullo, F.V.P.; Trouw R.A.J.; Valença, J.G. 2003. Síntese Geológica Regional do Bloco Ocidental, Campos das Vertentes e Sul de Minas. In: Predrosa-Soares, A.C.; Noce, C.M.; Trouw, R.A.J. & Heilbron, M. (eds). *Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Brasileiro*. Companhia Mineradora de Minas Gerais - COMIG; Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Governo de Minas Gerais. Volume I, Capítulo 3: 51-83.
- Santos, L.P.; Campos Neto, M.C.; Grohmann, C.H.; 2004. Metamorphic path constrained by metapelitic rocks from the inner Aiuruoca-Andrelândia nappe, south of the São Francisco craton, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 16, p. 725-741.
- Schmitt, R.S. 2001. A Orogenia Búzios – Um evento tectono-metamórfico cambro-ordoviciano caracterizado no Domínio Tectônico de Cabo Frio, Faixa Ribeira, sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, IG/UFRJ, p.273.
- Senra, A.S. 2007. A Megassequência Carandaí. 167pp. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Streckeisen A., 1976. To each plutonic rock, its proper name. *Earth Science Review*, 12(1):1-33.
- Trouw, R.A.J. & Pankrust, R.J. 1993. Idades radiométricas ao sul do Cráton do São Francisco: Folha Barbacena, Minas Gerais. In: SGB, Simpósio Cráton do São Francisco, 2, Anais, p. 260-262.
- Trouw, R.A.J.; Ribeiro, A. & Paciullo, F.V.P. 1994. A Faixa Alto Rio Grande reinterpretada como zona de interferência entre a Faixa Brasília e a Faixa Ribeira. In: Congresso Brasileiro de Geologia 38, Balneário de Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos... SBG, v. 1, p. 234-235.
- Trouw, R.A.J. & Oliveira Castro, E.M. 1996. Significado tectônico de granulitos brasileiros de alta pressão no sul de Minas Gerais. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 39, anais, 6:145-148.

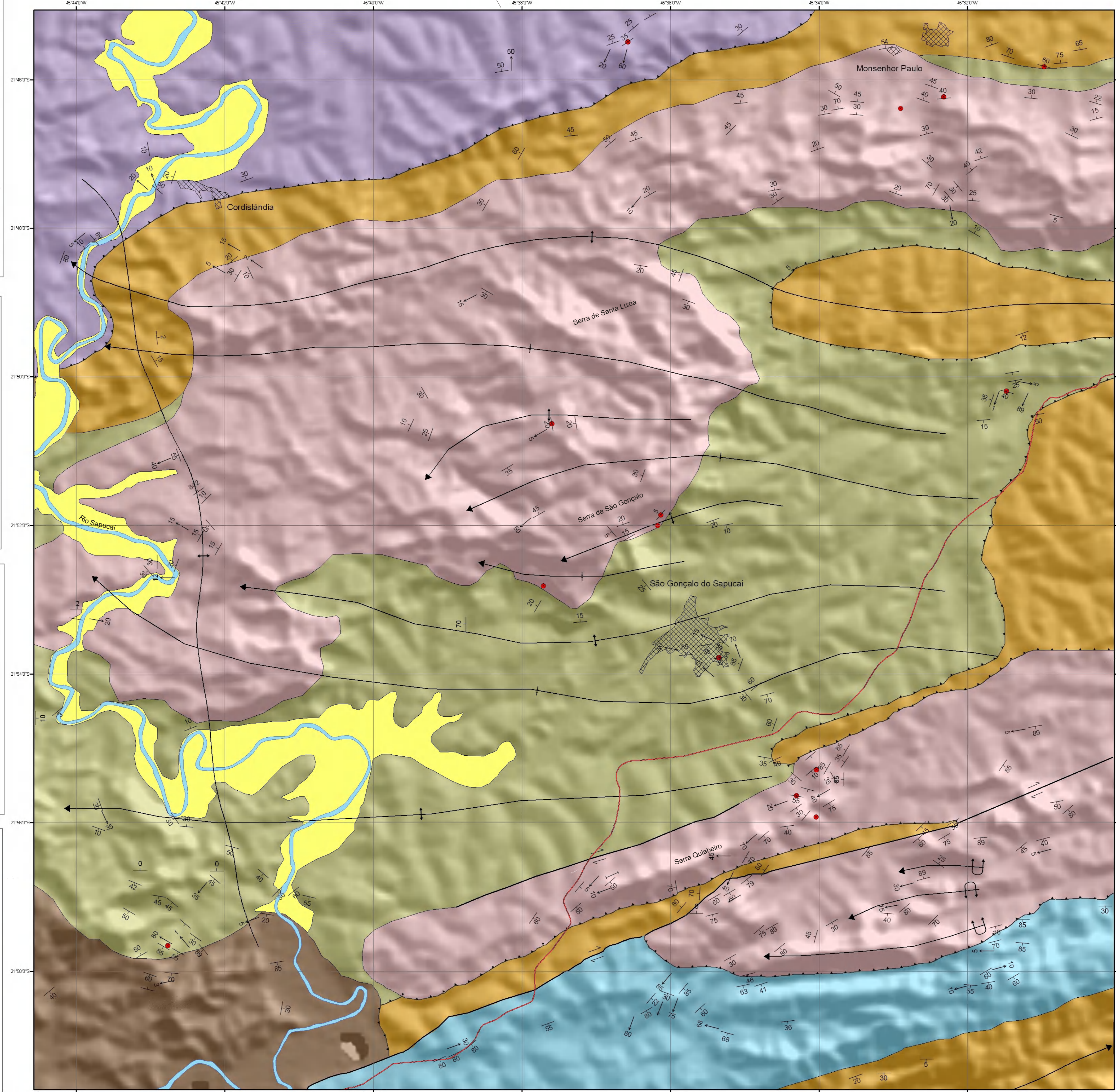
- Trouw, R.A.J. & Gscombe, B.; 1999. *Journal of Structural Geology*, v.21, p 123-127
- Trouw, R.A.J.; Heilbron, M.; Ribeiro, A.; Paciullo, F.V.P; Andreis, R.R. 2000. The Central Segment of the Ribeira Belt. *In: Tectonic Evolution of South América*. Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A. eds. Folio Produção Editorial Gráfica e Programação Visual, Rio de Janeiro, Brasil, Vol 1: 287-310.
- Trouw, C.C.; Medeiros, F.F.F.; Trouw, R.A.J.; 2007. Evolução Tectônica da Zona de Cisalhamento Caxambu, MG. *Revista Brasileira de Geociências*, v.37(4), p.767-776.
- Tupinamba, M.; Teixeira, W.; Heilbron, M., 2000. Neoproterozoic Western Gondwana Assembly and subduction related plutonism: The role of Rio Negro Complex in the Ribeira Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, Volume 30.
- Valladares, C.S.; Machado, N.; Heilbron, M.L.& Gauthier, G., 2004. Ages of detrital zircon from siliciclastic successions of the São Francisco Craton, Brazil: implications for the evolution of proterozoic basins. *Gondwana Research*, 7(4): 913-921.
- Valeriano, C.M.; Machado, N.; Valladares, C.; Heilbron, M.; 1996. U-PB geochronology of the Ribeira Belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. *Precambrian Research* 79: 347-361.
- Valeriano, C.M.; Simões, L.S.A.; 1997. Geochemistry of proterozoic mafic rocks from the Passos Nappe (Minas Gerais, Brazil): Tectonic implications to the evolution of the southern Brasilia Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, v.27(1), p.99-110.
- Valeriano, C.M.; Simões, L.S.A.; Teixeira, W; Heilbron, M. Southern Brasília belt (SE Brazil): tectonic discontinuities, K-Ar and evolution during the Neoproterozoic Brasiliano orogeny. *Revista Brasileira de Geociências*, v.30,p. 295-299, 2000.
- Valeriano C.M., Dardenne M.A., Fonseca M.A., Simões L.S.A., Seer H.J. 2004a. A Evolução Tectônica da Faixa Brasília. *In: V. Mantesso Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (Organizadores), Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Beca Ed, pp 575-592.
- Valeriano C.M.; Machado N.; Simonetti A.; Valladares C.S.; Seer H.J., Simões L.S.A., 2004b. U-Pb geochronology of the southern Brasilia belt (SE-Brazil): sedimentary provenance, Neoproterozoic orogeny and assembly of West-Gondwana. *Precambrian Research* 130 (1-4): 27-55.
- Yardley, B.W.D., 1991. *An introduction to metamorphic petrology*. New York: Longman: Earth Science Series. 248p.



Localização da Folha São Gonçalo do Sapucaí 1:50.000 no contexto geológico regional: quadrado negro no sistema de nappes Socorro-Guaçupe; Rosa- embasamento e coberturas do Craton do São Francisco (CSF), traço negro- limite convencional do craton. Azul- Faixa Brasília, verde- Faixa Ribeira e vermelho- plutônios associados as Faixas Brasília e Ribeira. Amarelo- Bacia do Paraná. Cinza escuro- maciços alcalinos do Cretáceo e Cenozoico. Amarelo claro- sedimentos em bacias cenozoicas.



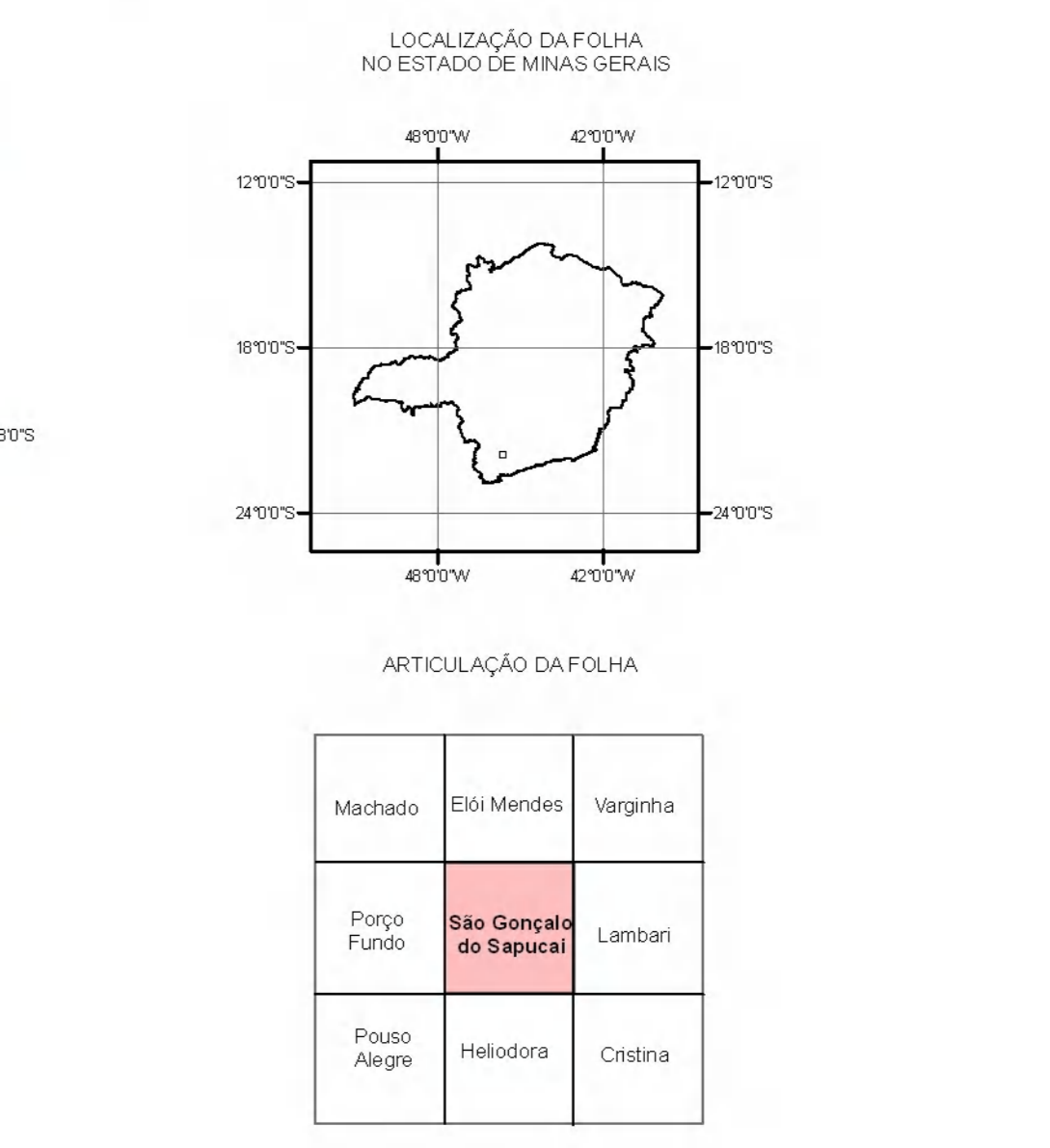
MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA SÃO GONÇALO DO SAPUCAÍ 1:50.000



**LEGENDA**

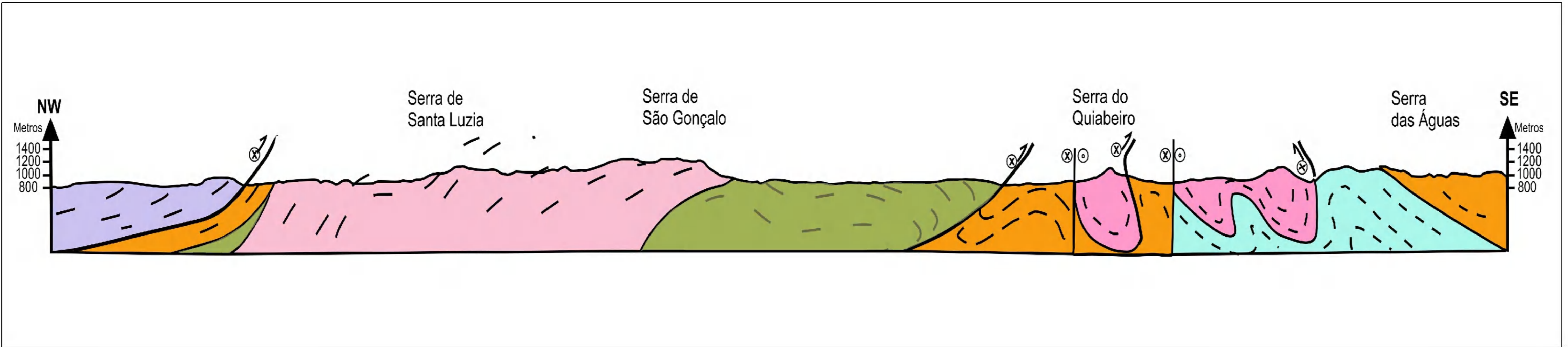
Cenozoico	Depósitos fluviais, colúvies e talus		
	Neoproterozoico	Nappe Guaçupe	Nappe Lambari
Arqueano Paleoproterozoico		Ortognaisses com ortogneissos (granulitos)	Unidade Arantina
		Granada muscovita (militar, quartzo visoso e quartzeitos subordinados)	Granada muscovita (militar, quartzo visoso e quartzeitos subordinados)
	Unidade Santa-Antônio	Granada bruta (sub)granítes	Unidade São Vicente
			Plangonites (caradabos, visoso e quartzeitos subordinados)
			Granito augen (ortognaisses)
			Hombada tonalito (ortognaisses)

- ESTRUTURAS**
- Dique de metabasito
  - Lineação de estiramento (Fase DB)
  - Foliação Principal (fase DB)
  - Antiformal aberto (fase DR1)
  - Antiformal fechado a isoclinal (fase DR1)
  - Antiformal aberto com eixo horizontal (Fase DR1)
  - Siformal aberto (fase DR1)
  - Siformal fechado a isoclinal (fase DR1)
  - Falha de Empuxão (fase DB)
  - Zona de Cisalhamento Três Corações - transcorrente dextrógrá (DR2)
  - contato litológico
- análises químicas  
— Rod. Fernão Dias  
▣ Cidade



**CARTA GEOLÓGICA**  
ESCALA 1:50.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR  
Origem da quadrícula: UTM equador e Meridiano Central 45° W. Gr. aritméticas as constantes: 10.000m e 500km, respectivamente.  
Datum horizontal: Conico Algea  
Declinação magnética do centro da folha: 15° 45'



Base Planimétrica digital obtida da carta impressa São Gonçalo do Sapucaí, 1:50.000, publicada em 1971 pelo IBGE.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)