

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**SEGMENTO CENTRO-NORTE DA SERRA
DA BOA VISTA, NAPPE ANDRELÂNDIA,
SUL DO CRÁTON SÃO FRANCISCO:
ANÁLISE ESTRUTURAL E METAMORFISMO**

Carlos Henrique Tozzi de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Mário da Costa Campos Neto

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2005/05)**

**SÃO PAULO
2005**

**TF
O48
CHT.s**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**SEGMENTO CENTRO-NORTE DA SERRA DA BOA VISTA,
NAPPE ANDRELÂNDIA, SUL DO CRÁTON SÃO FRANCISCO:
ANÁLISE ESTRUTURAL E METAMORFISMO**

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2005/05)



Carlos Henrique Tozzi de Oliveira

Carlos Henrique Tozzi de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Mário da Costa Campos Neto

Mário da Costa Campos Neto

SÃO PAULO
2005

TF
048
CHT.5

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTADÍSTICAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTADÍSTICAS
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
CALLE 100 No. 100, San José, Costa Rica

MONITORIA DE TRABAJO DE FORMACIÓN
(1985-1986)



Centro de Estudios y Estadística

Carlos María Alfaro Alfaro

Director General de Estadística y Censos

San José, Costa Rica

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do curso de graduação em Engenharia de Materiais, sob a orientação do professor Dr. [nome], da Universidade Federal de [nome]. O objetivo principal é apresentar os resultados obtidos durante a realização de um projeto de pesquisa sobre [tema]. O trabalho está dividido em capítulos que abordam desde a fundamentação teórica até a discussão dos resultados e as conclusões finais. Agradeço ao orientador e aos colegas de curso pelo apoio e colaboração durante todo o processo.

Este trabalho é dedicado a meu pai.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família e principalmente minha mãe pelo apoio ao longo desses anos;

À Juliana pela paciência e sinceridade sempre,

Ao meu orientador , Mário pela atenção voltada à iniciação científica e a este trabalho de formatura,

E a todos que me ajudaram, de uma maneira ou de outra, a fazer esta monografia: Micuim, Roça, Rabiola, OB, Sérgião, Tropeço, Jonas, Cofrinho, o pessoal da informática: Ericson e Pedro, Henrique, os irmãos do Covil e a D. Amélia. Obrigado a todos.

RESUMO

A pilha estratigráfica da Serra da Boa Vista admite, na região, Grt-Bt-Pl xisto homogêneo (Xisto Santo Antonio) na base, Ms-Qtz xisto e Sil/Ky-Grt-Ms-Bt xisto porfiroblástico no topo, ambos com intercalações de quartzitos. Sil/Ky-Grt-Bt xisto porfiroblástico constitui a base alóctone desta seqüência, em cujo assoalho aflora Mag-Ms quartzito, em uma janela estrutural dômica.

O metamorfismo é fácies anfibolito superior e a estrutura metamórfica é delineada, nos metapelitos, pelas isógradadas *Ky-out* e *Sil-in*, registrando uma transição, a sul, para a zona da sillimanita, por descompressão associada à exumação da estrutura.

Dois grandes domínios estruturais foram mapeados na Serra da Boa Vista: o domínio das dobras D2 a norte e o das dobras D3 a sul. A norte a superfície de estratificação, paralelizada a foliação S1, define, nas rochas quartzíticas, a estrutura principal e de forte mergulho, contrapondo-se à foliação S2 subhorizontal. Conformam uma zona de charneira de uma mega-dobra cilíndrica e recumbente D2, orientada NE-SW. Dobras isoclinais D1, com comprimento de onda na centena de metros, ocorrem em figuras de interferência do tipo-3. A sul foi mapeada uma megadobra D3, quase isoclinal, cilíndrica e fortemente inclinada, vergente para leste e associada à falhas inversas no intrado. Todo o contato oriental da Serra da Boa Vista é controlado por uma zona de cisalhamento dúctil e normal, com baixo mergulho para oeste, colocando os xistos e quartzitos superiores sobre o Xisto Santo Antônio basal. Dobras abertas e normais tardias, aproximadamente orientadas EW, deformam o dobramento D3.

ABSTRACT

The stratigraphic column in the Serra da Boa Vista has at the base homogeneous Grt-Bt-Pl schist (the Santo Antonio Schist), and Ms-Qtz schist and porphyroblastic Sil/Ky-Grt-Ms-Bt schist, both with quartzite intercalations, at the top. Porphyroblastic Sil/Ky-Grt-Bt schist forms an allochthonous base for the sequence which, together with a Mag-Ms quartzite, crops out in a domal structural window.

The metamorphic grade is upper amphibolite, and the metamorphic structure is defined in the metapelites by the Ky-out and Sil-in isograds which register a southwards transition to the sillimanite zone caused by decompression which accompanied exhumation of the structure.

Two major structural domains were mapped in the Serra da Boa Vista: the domain of D2 fold in the north, and that of the D3 fold in the south. In the north the bedding surface parallel with the S1 foliation defines the main structure in the quartzites, and has a steep dip which contrasts with the sub-horizontal S2 foliation. They follow a hinge zone of a cylindrical recumbent, NE-SW oriented D2 mega-fold. D1 isoclinal fold with wavelengths of hundreds of meters are found in the type 3 interference patterns. To the south an almost isoclinal, cylindrical and strongly inclined D3 fold has eastwards vergence and is associated with inverse folds in the nucleus of the fold. The entire eastern contact of the Serra da Boa Vista is formed by a low angle, ductile normal shear zone with westerly dip which places the upper schists and quartzite over the basal Santo Antonio Schist. Late open normal folds with an approximately E-W orientation deforms the D3 folds.

1) INTRODUÇÃO	1
2) RESUMO DO PROJETO	2
2.1) Área de Estudo	2
2.2) Acesso à Área	2
2.3) Relevância	3
2.4) Objetivos	3
3) METODOLOGIA E ATIVIDADES REALIZADAS	4
3.1) Cronograma de Atividades Efetivamente Realizadas	5
3.2) Dificuldades Encontradas	5
4) LEVANTAMENTO BIBLIOGRAFICO	7
4.1) Alguns Conceitos	7
4.2) Contexto Tectônico e Evolução Geológica	7
4.3) Geologia Regional	9
4.4) Considerações sobre o Grupo Andrelândia	12
4.5) Geologia Estrutural	14
5) UNIDADES MAPEADAS E PETROGRAFIA	15
5.1) Substrato da Nappe Andrelândia	15
5.1.1) Unidade A : Ms Quartzito	15
5.2) Nappe Andrelândia	15
5.2.1) Unidade B : Sil/Ky-Grt-Bt Xisto Porfiroblástico	15
5.2.2) Unidade C : Gnaisses	16
5.2.3) Unidade D : Sil/Ky-Grt-Bt-Pl Xisto/Gnaiss Homogêneo	17
5.2.4) Unidade E : Ms-Qtz Xisto	22
5.2.5) Unidade F : Sil/Ky-Grt-Bt Xisto com Intercalações de Quartzitos	22
5.2.6) Unidade G : Barras Quartzíticas	23
5.3) Nappe Lima Duarte	24
5.3.1) Unidade H : Ortoquartzito	24
5.3.2) Unidade I : Bt Gnaiss	24
5.4) Outras Ocorrências	25
5.4.1) Leucogranitos	25
5.4.2) Diabásio/ Anfíbolito	25
5.4.3) Depósitos Sedimentares Cenozóicos	25
6) METAMORFISMO	26
7) ANÁLISE ESTRUTURAL	28
7.1) Dobramento pré-S ₂	29
7.2) Dobramento D ₂	30
7.3) Dobramento D ₃	30
7.4) Dobramentos pós-D ₃	31
8) CONCLUSÕES	36
9) BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	37

ANEXOS: 1 – Tabela de lâminas
2 – Mapa geológico e perfis
3 - Mapa metamórfico

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de acesso e localização da área.....	2
Figura 2 – Mapa tectônico do Segmento Central da Província Mantiqueira.....	9
Figura 3 – Mapa tectônico do Sistema Orogênico Tocantins Meridional.....	11
Figura 4 – Interpretação da organização estratigráfica da Megassequência Andrelândia.....	12
Figuras 5, 6 e 7 – Figuras esquemáticas para entender as relações entre S0, S1 e S2.....	29

1) INTRODUÇÃO

Algumas regiões do Estado de Minas Gerais, devido a ocorrência de expressivos depósitos minerais encontram-se bem estudadas e mapeadas em maior escala, como por exemplo o Quadrilátero Ferrífero.

Entretanto, as áreas onde os recursos minerais não são abundantes, geralmente estão mapeadas em escala regional. A área desse estudo insere-se nessas regiões, apesar da grande quantidade de trabalhos recentes realizados nas últimas duas décadas.

Este projeto consiste no mapeamento geológico de uma área com aproximadamente 50 Km² no segmento centro-norte da Serra da Boa Vista, localizada a sudeste de Andrelândia, sul de Minas Gerais. A proposta é realizar a integração estrutural e metamórfica desta área com o restante da serra, localizada numa região que necessita de mais estudos de campo detalhados para a compreensão da sua evolução.

Geologicamente, a serra localiza-se a sul do Cráton São Francisco (CSF), inserida na porção meridional do Orógeno Brasília, gerado durante o Evento Brasileiro ao final do Neoproterozóico. Essa porção meridional do orógeno é subdividida em nappes sub-horizontais com empilhamento tectônico vergente para E-ESE, rumo ao CSF.

A serra insere-se na Nappe Andrelândia, que compreende quartzitos, mica xistos aluminosos, xistos/gnaisses homogêneos, quartzitos impuros e seqüências rítmicas xisto-quartzíticas. Observam-se paragêneses minerais a cianita e/ou sillimanita, granada, biotita, rutilo e localmente estauroлита, além de plagioclásio, muscovita e quartzo. Corpos de metabásicas, leucogranitos e gnaisses cálcio-silicáticos ocorrem associados aos metapelitos.

As condições metamórficas dessa nappe podem representar uma rápida exumação de material crustal subductado, associada a uma trajetória em descompressão relativamente isotérmica.

Esta monografia tem por objetivo apresentar as informações obtidas no trabalho realizado, destacando-se o levantamento bibliográfico, a descrição das unidades lito-estratigráficas mapeadas, feições petrográficas macro e microscópicas e aspectos estruturais.

2) RESUMO DO PROJETO

2.1) Área de Estudo

A Serra da Boa Vista estende-se pelos municípios de Andrelândia, Bom Jardim de Minas, Olaria e Lima Duarte, situados na porção sul do Estado de Minas Gerais (Figura 1).

Corresponde a uma estrutura morfológica linear, com orientação geral norte-sul, e é um divisor natural de águas entre as bacias hidrográficas dos rios Grande e Capivari, situados a leste e a oeste da serra, respectivamente. Sua altitude máxima é 1460 m e apresenta desnível máximo de 400 m em relação às áreas adjacentes.

2.2) Acesso à Área

O acesso a Andrelândia, que é a maior cidade da região, partindo de São Paulo faz-se pela Rodovia Presidente Dutra (BR 116) até a altura de Cruzeiro (SP), de onde se segue em direção norte até as proximidades de Caxambu (MG). Pega-se então a BR-267 no sentido leste até próximo a Arantina (MG), de onde parte uma estrada para Andrelândia. A partir desta cidade, o acesso à área de estudo é feito por estradas de terra (Figura 1).



Figura 1 – Mapa de acesso e localização da área. Fonte: Guia Quatro Rodas

2.3) Relevância

Este trabalho, que dá continuidade a Bolsa de Iniciação Científica PIBIC-CNPq 119656/2004-3 intitulado Integração Metamórfica e Estrutural da Serra da Boa Vista – Porção ao Sul do Cráton São Francisco, vigente entre outubro de 2004 e julho de 2005, busca novas informações para complementar e aperfeiçoar o modelo de evolução geológica da região de estudo.

Esta área geologicamente interessante e complexa do sudeste brasileiro encontra-se bem estudada regionalmente, porém, necessita de mais estudos locais e detalhados como este, que pode contribuir para uma melhor compreensão da geologia local.

Destaca-se também que o principal propósito deste Trabalho de Formatura – o mapeamento geológico – é uma valiosa chance do autor poder praticar e aprimorar algumas das principais ferramentas que lhe foram apresentadas durante os anos de graduação, como por exemplo: petrografia, estratigrafia e geologia estrutural.

2.4) Objetivos

Pretende-se obter um mapa final em escala 1:50.000 e perfis geológicos representativos, contendo as informações obtidas e analisadas, a fim de elucidar as relações estruturais e litoestratigráficas entre as unidades presentes na serra, e destas com as unidades das áreas adjacentes.

Em relação à geologia estrutural, visa-se hierarquizar e compreender os eventos deformacionais que afetam o local, tentando relacioná-los aos eventos regionais descritos na literatura.

Pretende-se, através de descrições petrográficas detalhadas, obter dados sobre as litologias presentes na área, como parageneses, relações texturais e fases de blastese, associando essas informações às fases deformacionais, numa tentativa de caracterizar as condições do metamorfismo e da evolução geológica local. As informações obtidas também serão relacionadas ao metamorfismo regional.

3) METODOLOGIA E ATIVIDADES REALIZADAS

Para a realização deste trabalho foram realizadas as seguintes atividades:

- Levantamento Bibliográfico : a fim de melhor embasar este trabalho, foram realizadas duas etapas de rigorosa consulta bibliográfica enfocando reunir o máximo de informações sobre artigos e trabalhos já realizados na região, com principal ênfase em publicações mais recentes.

Foi feita também uma consulta a temas diretamente ligados ao desenvolvimento deste trabalho, dentre os quais: petrologia metamórfica, microtectônica, geologia estrutural e técnicas de mapeamento.

- Integração de Dados : alguns trechos da Serra da Boa Vista foram mapeados por alunos da disciplina Mapeamento Geológico (IGc-USP) nos anos de 2000 (área IBA-IV-2000) e 2004 (áreas AR-IX-2004 e AR-VII-2004), sendo que, nesta última área o autor participou como aluno.

As informações obtidas (descrições, lâminas petrográficas, dados estruturais e mapas geológicos) foram cuidadosamente analisadas, revistas e integradas ao presente trabalho.

- Mapeamento Geológico : etapas de campo foram realizadas visando a descrição das litologias encontradas (mineralogia, texturas e estruturas), as dimensões dos corpos encontrados e seus contatos. Foram feitas medidas estruturais e coletadas amostras para a confecção de seções delgadas. Esta atividade envolveu também a construção de mapas e perfis geológicos preliminares, essenciais para a tentativa de estabelecer a estratigrafia e a evolução geológica da área.

Foi realizada uma etapa de campo entre 4 e 8 de junho de 2005, que somada aos 18 dias de mapeamento realizado pelo aluno em 2004 resultam em 23 dias de atividades de campo.

- Análise Estrutural : baseia-se principalmente em foliações e lineações medidas, as quais foram tratadas através de estereogramas (feitos manualmente ou com o programa Stereonett versão 2.46), mapas e perfis.

Os dados referentes aos mapeamentos anteriores, principalmente nas áreas onde o autor não participou como aluno, foram cuidadosamente analisados para serem integrados a este trabalho. Alguns foram descartados pelo fato de não estar suficientemente claro o que representavam.

Sendo assim, os dados mais utilizados foram os obtidos na etapa de campo realizada em junho deste ano, pois foram colhidos de maneira mais sistemática e portanto mais confiável.

- Petrografia : no total foram descritas 50 seções delgadas feitas no próprio IGc-USP a partir de amostras selecionadas em campo, sendo que 13 amostras foram trazidas da etapa de campo realizada em junho deste ano e as demais são referentes aos mapeamentos realizados nos anos de 2000 e 2004.

As descrições foram feitas dando-se ênfase na determinação das paragêneses minerais presentes, nas suas relações texturais e de crescimento mineral, tentando-se associar essas informações às fases deformacionais, contribuindo assim para a caracterização petrográfica e microtectônica das unidades mapeadas. O Anexo 1 traz uma tabela resumida com algumas informações referentes a essas descrições.

As fotografias representativas dessas lâminas foram tiradas no Laboratório de Óptica do IGc-USP.

- Confecção de Mapas Digitalizados : os mapas presentes nos anexos foram feitos com o auxílio do programa ArcGIS 9, a partir das folhas topográficas de Bom Jardim de Minas (SF-23-X- C-V-4) e Santana do Garambéu (SF-23-X-C-V-2) já digitalizadas.

3.1) Cronograma de Atividades Efetivamente Realizadas

	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Levantamento Bibliográfico		X	X				X	X		
Integração de Dados	X	X	X	X						
Atividades de Campo					X					
Análise Estrutural				X	X	X		X	X	
Petrografia	X	X			X		X	X		
Digitalização dos Mapas									X	
Conclusões / Monografia									X	X

3.2) Dificuldades Encontradas

Em relação às dificuldades, cita-se o grau de alteração das rochas aflorantes na área, geralmente muito intemperizadas, trazendo como consequência que nem todas as unidades mapeadas pudessem ser suficientemente caracterizadas petrograficamente. Mesmo assim, algumas unidades apresentam seções ricas em informações petrográficas.

Porém, a maior dificuldade deve-se à complexa geologia estrutural da área, a qual foi cuidadosamente observada em campo, para que os dados medidos pudessem ser corretamente interpretados.

4) LEVANTAMENTO BIBLIOGRAFICO

4.1) Alguns Conceitos

Um Cráton é uma região que permanece rígida e tectonicamente estável em relação à deformação compressiva em suas margens, num determinado período de tempo. São regiões com espessura litosférica privilegiada e baixo fluxo térmico (Brito Neves, 1995).

Para Sengör (1990), orógeno refere-se ao processo e aos produtos da interação convergente de placas litosféricas, os quais podem materializar-se como arcos-de-ilhas (exemplo: Japão), arco magmático de margem continental ativa (ex.: Andes) ou cadeia de montanhas intracontinental (ex.: Himalaia).

Campos Neto *et al.* (2004) definem Sistema Orogênico como uma assembléia de orógenos diacrônicos que culminaram na aglutinação de protocontinentes antecessores ao supercontinente.

As Províncias representam Sistemas Orogênicos Neoproterozóicos associados ao supercontinente Gondwana, onde a Província Tocantins é constituída pelos orógenos Brasília, Paraguai e Araguaia. Já a Província Mantiqueira relaciona-se aos orógenos Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano e São Gabriel (Heilbron *et al.*, 2004).

O termo Nappe para Davis & Reynolds (1996) associa-se a grandes dobras inversas a recumbentes alocadas em lascas de empurrão que se moveram por mais de 10 Km em relação a sua lapa. Geralmente não possuem raiz, ou seja, perderam o contato com rochas das camadas autóctones. Ramsay & Huber (1987) destacam que as Nappes costumam desenvolver-se com orientação sub-paralela e com geometria onde uma é colocada sobre a outra, sendo que cada uma representa uma unidade tectônica separada da adjacente por planos de empurrão.

4.2) Contexto Tectônico e Evolução Geológica

A Serra da Boa Vista, área de estudo deste trabalho, situa-se na porção meridional do Orógeno Brasília, o qual está inserido na Província Tocantins; e está muito próxima a outra província estrutural brasileira: a Província Mantiqueira, da qual o Orógeno Ribeira faz parte. Ambas estão diretamente relacionadas ao Cráton São Francisco e são resultantes de sistemas orogênicos desenvolvidos no contexto dos eventos colisionais que culminaram na amalgamação do Supercontinente Gondwana ao final do Neoproterozóico. Estes estágios colisionais, principais responsáveis pela deformação, metamorfismo e geração de granitóides crustais foram marcadamente diacrônicos (Heilbron *et al.*, 2004; Valeriano *et al.*, 2004).

De acordo com Campos Neto *et al.* (2004), processos de subducção e posterior colisão decorrentes da convergência da Placa São Francisco sob uma placa situada a oeste e atualmente recoberta pelas rochas da Bacia do Paraná, a Placa Paranapanema, relacionam-se a origem do segmento meridional do Orógeno Brasília (fechamento do paleo-oceano Goianides), processos esses que envolveram profundo retrabalhamento de crosta continental antiga e cavalgamentos associados a altas pressões e espessamento crustal. Para os mesmos autores, colisões diacrônicas de microplacas e terrenos (fechamento do paleo-oceano Adamastor) contra a borda leste do protocontinente recém-aglutinado no Orógeno Brasília geraram a Província Mantiqueira.

O estágio colisional na extremidade sul do Orógeno Brasília ocorreu em torno de 630 Ma (Colisão I) enquanto no Orógeno Ribeira situa-se entre 580 e 560 Ma (Colisão II). Os efeitos da Colisão II atingiram o recém-estruturado Orógeno Brasília, resultando numa complexa Zona de Interferência entre os dois orógenos, materializada na região sul/sudoeste de Minas Gerais. O Orógeno Ribeira registra ainda uma colisão tardia em 520-510 Ma (Colisão III), mais a leste, no Terreno Cabo Frio (Heilbron *et al.*, 2004; Trouw *et al.*, 2003).

Entretanto, para Campos Neto & Caby (1999) não existiriam eventos termo-tectônicos distintos sobrepostos, e sim um único evento colisional, contínuo, comparável ao tipo himalaiano, formando um complexo sistema de nappes.

A parte meridional do Orógeno Brasília apresenta *trend* estrutural NNW-SSE e é subdividida em nappes sub-horizontais com empilhamento tectônico vergente para E-ESE, rumo ao Cráton São Francisco (CSF) ou tangente a sua borda sul e podem ser agrupadas em dois conjuntos de acordo com Heilbron *et al.* (2004): Nappes Inferiores, que registram metamorfismo que atinge fácies granulito de pressão relativamente alta e guardam relação paleogeográfica com o CSF; e as Nappes Superiores, com metamorfismo de pressão mais baixa e inúmeros corpos granitóides cálcio-alcálicos. A Figura 2 traz um mapa com a distribuição dessas unidades.

O Orógeno Ribeira, cujo *trend* estrutural é NE-SW, resultou do empilhamento de terrenos de E para W-NW associado a colisões oblíquas que geraram falhas inversas e zonas de cisalhamento transpressivas destrais. O orógeno é subdividido em cinco terrenos tectono-estratigráficos denominados Ocidental, Paraíba do Sul, Embu, Oriental e Cabo Frio (Heilbron *et al.*, 2004; Trouw *et al.*, 2003).

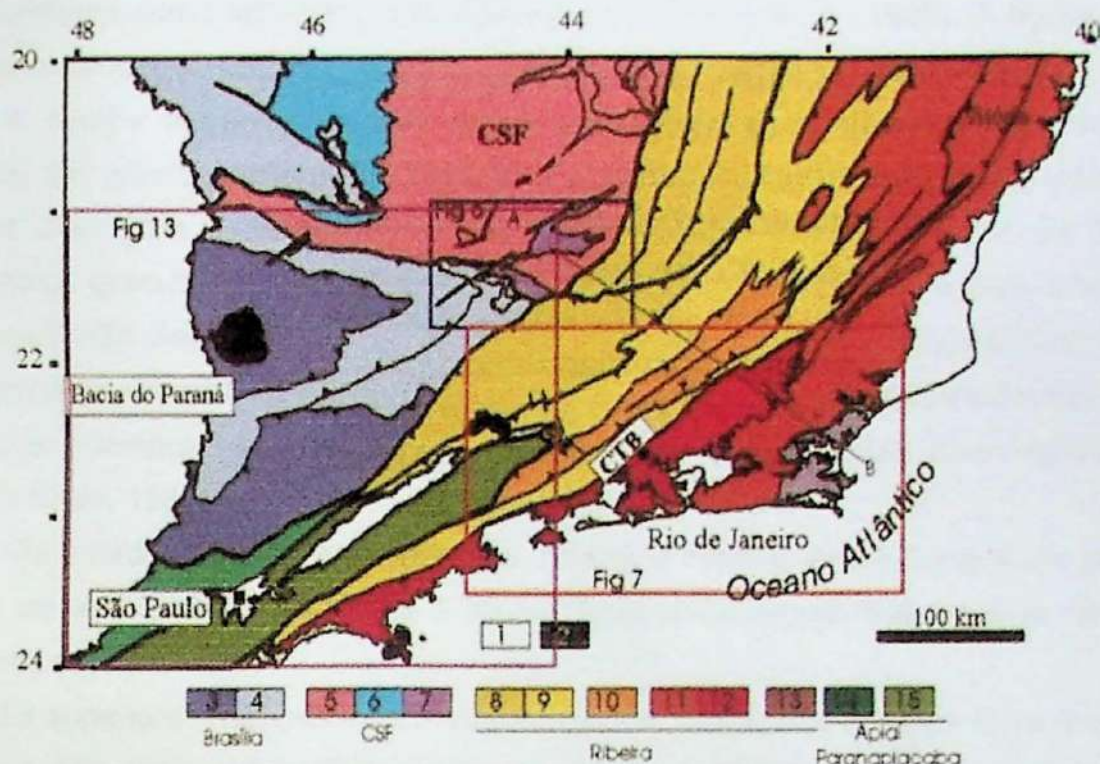


Figura 2 – Mapa tectônico do segmento central da Província Mantiqueira. Legenda: 1- Rifts Cenozóicos; 2- Rochas alcalinas Cretáceas e Paleógenas; Orógeno Brasília (3-4): 3- Nappes Inferiores; 4- Nappes Superiores; 5- Embasamento do CSF e Domínio Autóctone; 6- Supergrupo São Francisco; 7- Meta-sedimentos do Domínio Autóctone; Orógeno Ribeira (8-13): 8- Domínio Andrelândia; 9- Domínio Juiz de Fora; 10- Klippe Paraíba do Sul; 11- Terreno Oriental; 12- Granitóides do Arco Magmático Rio Negro; 13- Terreno Cabo Frio; Orógeno Apiaí/Paranapiacaba (14-15): 14- Terrenos São Roque e Açungui; 15- Terreno Embu. Fonte: Heilbron *et al.* (2004).

Para Campos Neto & Caby (1999) os sedimentos presentes na margem sul do Cráton São Francisco teriam sido levados através de uma zona de subducção (durante a colisão continental neoproterozóica) para níveis profundos da crosta, onde se recrystalizariam a altas pressões e temperaturas, produzindo rochas como cianita granulitos e cianita xistos. Com a evolução da colisão, estas rochas foram exumadas rapidamente para níveis mais rasos da crosta, proporcionando uma brusca descompressão. Esta rápida diminuição de pressão teria provocado uma substituição parcial de cianita por sillimanita (polimorfo de mais baixa pressão) e a formação de corpos graníticos anatócticos.

4.3) Geologia Regional

O Orógeno Brasília Meridional tem estilo tectônico definido pelo empilhamento de extensas nappes de cavalgamento para leste, sub-horizontais, relacionadas a: arco magmático desenvolvido na margem continental ativa da Placa Paranapanema (Nappe Socorro-Guaxupé); material continental subductado (Terreno Andrelândia) e domínios com afinidade de margem passiva e/ou relacionados a placa São Francisco (Sistema de Nappes Carrancas e Nappe Lima Duarte) (Campos Neto *et al.*, 2004; Valeriano *et al.*, 2004). As nappes possuem geometria aplainada separadas por rampas laterais reativadas

posteriormente como falhas transcorrentes (Campos Neto et al., 1999). A figura 4 traz um mapa geológico regional.

A Nappe Socorro-Guaxupé ocorre como uma pilha alóctone, espessa, de três unidades de crosta continental profunda, associada a altas temperaturas (Max 900°C): Unidade Granulítica Basal (condições de até 850°C, 14 Kbar) constituída de Grt-Bt-Opx (\pm Cpx-Amp) granulito-gnaisses bandados, enderbíticos; Unidade Diatexítica Intermediária, com seus Bt-Grt diatexitos graníticos rosados; e Unidade Migmatítica Superior, representada por migmatitos estromáticos. As unidades superiores atingem condições máximas de 900°C e 8,5 Kbar (Campos Neto et al., 2004; Campos Neto & Caby, 2000; abreviações minerais segundo Kretz, 1983).

De acordo com Campos Neto et al. (2004), o Terreno Andrelândia é um sistema de nappes de alta pressão sotoposto a Nappe Socorro-Guaxupé. Subdivide-se em nappes superiores e inferiores.

As superiores (Nappes Três Pontas-Varginha, Pouso Alto e Klippe Carvalhos) de alta pressão e alta temperatura (fácies granulito: 14 Kbar, 750°C), são representadas por Rt-(Sil)-Ky-Grt granulitos com intercalações de quartzitos e gnaisses cálcio-silicáticos, há também a presença de leucogranitos (Campos Neto et al., 2004). No topo ocorre sillimanita devido há aumento da temperatura (890° C) pela proximidade da nappe superior (Campos Neto & Caby 1999).

As nappes inferiores (Carmo da Cachoeira e Aiuruoca-Andrelândia) de alta pressão (fácies anfibolito: 13-14 Kbar, 640-670°C) apresentam seqüências com Rt-Grt-Bt-Pl-Qtz xisto/gnaiss, Rt-Ky/Sil-Grt-Bt xisto, quartzitos impuros e uma seqüência rítmica xisto-quartzítica. Ocorrem corpos lenticulares de metabásicas, gnaisses cálcio-silicáticos e retroeclogitos. (Campos Neto & Caby, 1999; Campos Neto et al., 2004).

Campos Neto et al. (2004) e Santos (2004) descrevem na porção oriental do orógeno a Nappe Lima Duarte como formada por quartzitos muito grossos, com predominância de ortoquartzitos sobre quartzitos imaturos, os quais ocorrem como lascas imbricadas com Sil-Grt-Bt gnaisses migmatíticos. Parageneses metamórficas indicam condições de ultra-alta temperatura (Max 950°C). Hbl-Bt gnaisses tonalito-trondhjemíticos, migmatíticos, arqueanos estão inseridos como uma lâmina nessa estrutura alóctone.

O Sistema de Nappes Carrancas, que encontra-se sotoposto às nappes descritas acima, constitui-se do Grupo Carrancas de Trouw et al. (1983). Apresenta Ms quartzitos, Mag-Ms-Bt gnaisses, Grt xistos grafitosos e intrusões locais de metaultramáficas. As condições metamórficas atingem fácies xisto verde e anfibolito (Campos Neto et al., 2004).

Figura 3: Mapa Tectônico do Sistema Orogênico Tocantins Meridional. Campos Neto *et al.* (2004)

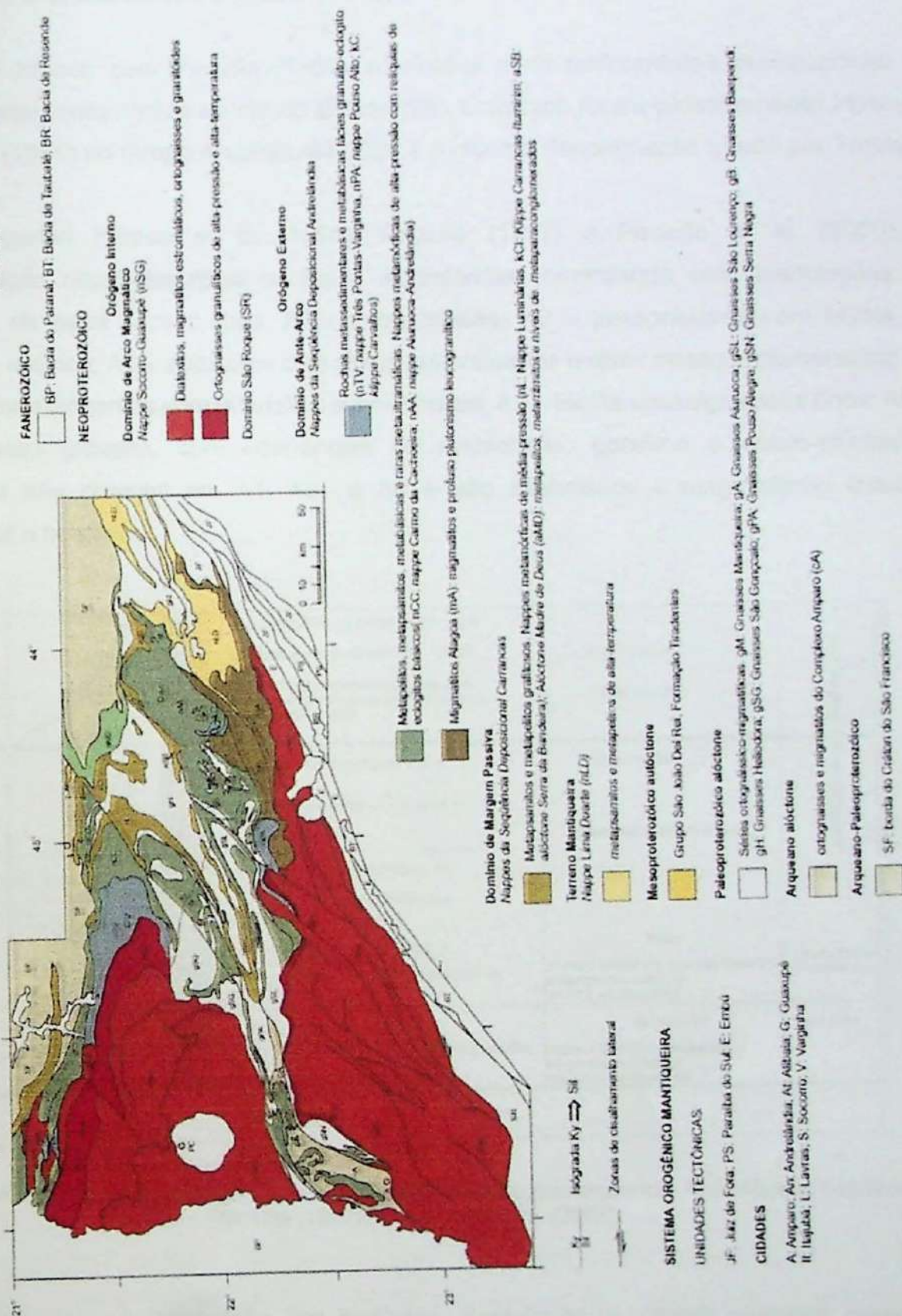


Figura 3 – Mapa tectônico do Sistema Orogênico Tocantins Meridional. Campos Neto *et al.* (2004), in Santos (2004).

4.4) Considerações sobre o Grupo Andrelândia

De acordo com Paciullo (1997) sucessões meta-sedimentares proterozóicas de elevado grau metamórfico ao sul do Cráton São Francisco foram pioneiramente incluídas por Ebert (1955) no Grupo Andrelândia. Esta é a mesma denominação usada por Trouw *et al.* (1983).

Segundo Ribeiro *et al.* (1995), Paciullo (1997) e Paciullo *et al.* (2000), a sedimentação neoproterozóica da Bacia Andrelândia compreende seis associações de litofácies, da base para o topo: A1 - paragnaisses; A2 – paragnaisses com níveis de quartzitos e xistos; A3 – quartzitos com xistos subordinados e raros metaconglomerados; A4 – filitos/xistos cinzentos com quartzitos subordinados; A5 – biotita xistos/gnaisses finos; A6 – paragnaisses grossos, com ocorrências de metacherts, gonditos e cálcio-silicáticas. Anfibolitos são comuns em A1, A2 e A6 e são associados a magmatismo toleítico continental e oceânico.

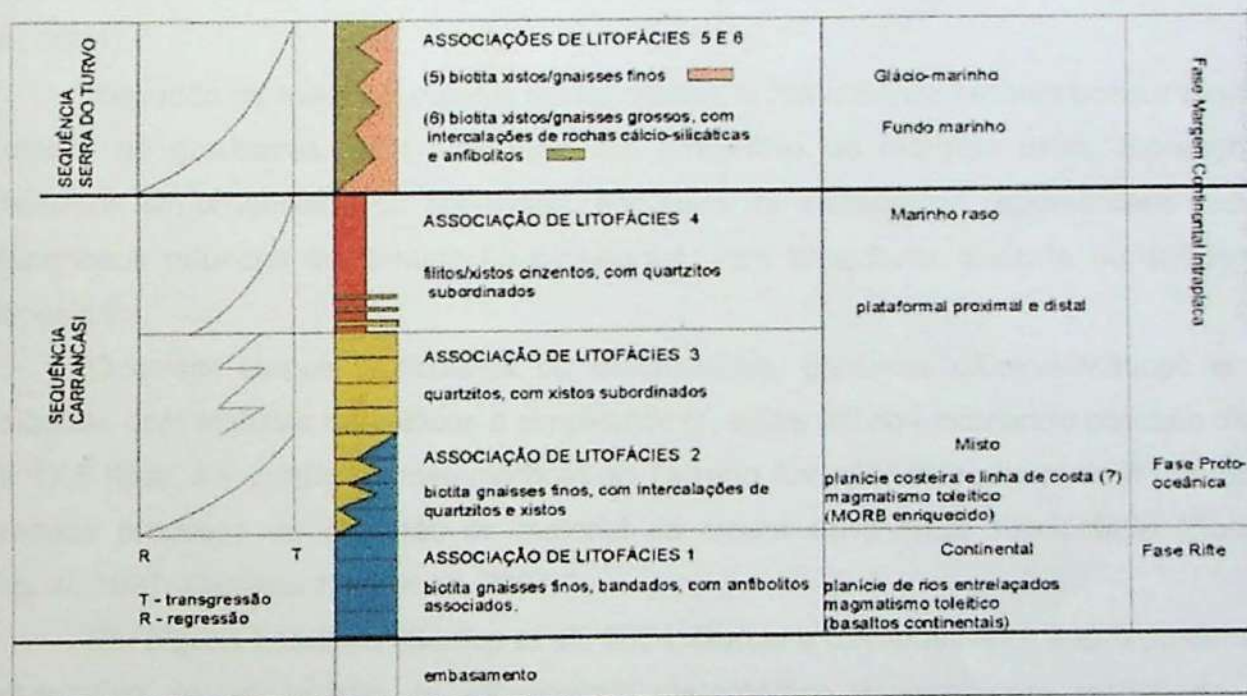


Figura 4: Interpretação da organização estratigráfica da Megassequência Andrelândia, segundo Paciullo (1997), in Heilbron *et al.* (2004)

Baseados na distribuição das litofácies, Paciullo *et al.* (2000) sugerem sistemas deposicionais transgressivos e regressivos associados a paleo-ambientes de margem continental intraplaca para a Bacia Andrelândia. Dados isotópicos de Sm e Nd do biotita xisto/gnaiss dessa sequência indicam contribuição juvenil, que tanto pode ter sido gerada por magmatismo intrabacinal, como por contribuições de arco magmático neoproterozóico (Campos Neto, 2000; in Heilbron *et al.*, 2004). Desta forma, a deposição de fácies do topo

da Bacia Andrelândia poderia ser contemporânea aos estágios iniciais da Orogênese Brasileira.

Heilbron *et al.* (2004) interpretam essas sucessões meta-sedimentares associadas a rochas meta-ígneas máficas como a Megassequência Andrelândia e a subdivide em duas seqüências: a Seqüência Carrancas, inferior, que inclui as associações A1 a A4 e a Seqüência Serra do Turvo, superior, relativa às associações A5 e A6 (figura 4).

Para os mesmos autores, esta megassequência ocorre em todos os domínios integrantes do Terreno Ocidental do Orógeno Ribeira bem como nos terrenos alóctones (nappes) que ocorrem na porção sul do Orógeno Brasília. Nos terrenos mais internos dos orógenos, a marcante aloctonia e elevado grau metamórfico dificultam a reconstituição de seqüências deposicionais.

A nappe Aiuruoca-Andrelândia apresenta na base, quartzitos com intercalações de mica xistos; Rt-Grt-Bt-Pl-Qtz xisto/gnaiss, homogêneo (Xisto Santo Antonio, Trouw *et al.*, 1983) ocorrendo no interior de Rt-Ky/Sil-Grt-Bt xisto; no topo ocorrem quartzitos impuros e/ou uma seqüência rítmica xisto-quartzítica (Campos Neto & Caby, 1999; Campos Neto *et al.*, 2004).

Segundo os mesmos autores acima citados, o Xisto Santo Antonio possui assinatura química de grauvacas, com área fonte em ambientes de margem ativa, representando depósitos sin-orogênicos do tipo-flysch, enquanto os metapelitos representam depósitos aluminosos oriundos de denudação continental, com área fonte distante do ambiente de deposição.

Ocorrem corpos lenticulares de metabásicas, gnaisses cálcio-silicáticos e retro-eclogitos com texturas coroníticas e simplectíticas, estes últimos indicando pressão máxima de 17,5 Kbar. As condições metamórficas do Terreno Andrelândia representam um rápido e precoce processo de extrusão de material da crosta continental subductada (Sollner & Trouw, 1997; Campos Neto *et al.*, 2004,).

Em alguns trabalhos (Santos *et al.*, 2004; Garcia e Campos Neto, 2003) destaca-se o predomínio de um padrão de zoneamento metamórfico inverso, com rochas de maior temperatura superpostas às de menor temperatura, e também uma transição da zona da cianita até a zona da sillimanita, havendo uma zona onde os polimorfos coexistem. Esta mudança mineral contínua sem descontinuidades tectônicas indica que o campo metamórfico inverso não é resultado de falhamentos pós-metamórficos. Para Trouw & Castro (1996) a região de coexistência dos polimorfos estaria associada a chamada zona de interferência entre os Orógenos Brasília e Ribeira.

Em relação a ocorrências minerais, Paciullo *et al.* (2002) destacam que já foi encontrado ouro e cassiterita a norte da Serra da Boa Vista, próximo a Santana do Garambéu, e a ocorrência de cianita e rutilo em depósitos eluvionares-coluvionares-aluvionares que foram explorados por garimpagem.

4.5) Geologia Estrutural

Seja este ambiente de colisão continental, caracterizado por um único evento termo-tectônico, ou dois eventos sobrepostos, Trouw *et al.* (1983) identificam superposição de estruturas indicativas de pelo menos três eventos deformacionais presentes na região, denominados D_1 , D_2 e D_3 , descritos a seguir.

O primeiro é caracterizado por empurrões, resultando em dobras recumbentes apertadas a isoclinais com direção de eixos variando entre WSW e NW. Há desenvolvimento de uma clivagem ardósiana penetrativa (S_1) originando, localmente, uma lineação de intersecção (L_1) e crescimento de minerais metamórficos sin-deformacionais de baixo grau como muscovita, clorita, cloritóide e biotita.

Uma segunda fase deformacional (D_2) gerou uma foliação de transposição (S_2), eventualmente como uma foliação de crenulação, dobramento generalizado recumbente com eixos sub-horizontais W-E a NW-SE, localmente associado a empurrões com lineação penetrativa mineral e/ou de estiramento, geralmente, sub-paralela aos eixos de dobras D_2 . A esta deformação associa-se o desenvolvimento de minerais metamórficos de grau mais elevado como granada, estauroilita, cianita e sillimanita, além de biotita e muscovita.

Com relação ao último evento deformacional (D_3), desenvolveram-se várias zonas de cisalhamento subverticais com direção NE-SW e movimentação direcional dextral. Os dobramentos são caracterizados por *kink bands* e por dobras abertas ou suaves com eixos sub-horizontais de direção NE-SW. Há crescimento de minerais metamórficos tardi a pós-deformacionais, com desenvolvimento de clorita, muscovita e cloritóide.

Análises estruturais feitas por Heilbron (1993) assumem modelo cinemático evolutivo típico para áreas de convergência oblíqua. Ela associa a estruturação regional a fases deformacionais principais ($D_1 + D_2$), responsáveis pelo imbricamento das escamas de empurrão e relacionadas a dobras apertadas a isoclinais, assimétricas, acilíndricas, associadas a foliação penetrativa (S_2 ou $S_1 + S_2$), dobras em bainha e forte lineação de estiramento. Para a mesma autora, após essa compartimentação tectônica ocorrem as fases deformacionais tardias: D_3 , com redobramento de estruturas já formadas, planos axiais subverticais e eixos com caimento suave NE-SW; e D_4 , com suas dobras suaves e abertas (megaondulações) evidenciadas pelos duplos caimentos de elementos lineares anteriormente gerados.

5) UNIDADES MAPEADAS E PETROGRAFIA

5.1) Substrato da Nappe Andrelândia

5.1.1) Unidade A : Ms Quartzito

Esta unidade ocorre a sudeste da Serra da Boa Vista, numa janela estrutural antiformal. Seus afloramentos, em forma de lajes, encontram-se geralmente alterados e friáveis. Este quartzito não se destaca no relevo local e ocorre próximo a vila de Sousa. Apresenta estrutura foliada, cor branca a cinza, tornando-se alaranjado pelo intemperismo.

A litologia dominante é magnetita-muscovita quartzito, granoblástico, equigranular fino, onde o quartzo apresenta contatos poligonais, por vezes lobados, com alguns alongados paralelamente a S_2 formando textura ribbon. A S_2 é dada pela muscovita subidioblástica a idioblástica, que chega a formar níveis lepidoblásticos com arcos poligonais e cristais muito finos inclusos em quartzo xenoblástico. Há muscovita na S_3 . Magnetita subidioblástica está geralmente alongada na S_2 , associada aos níveis micáceos (Foto 1). Em alguns pontos observa-se biotita e sillimanita em baixa porcentagem. O anexo 1 traz uma tabela resumida das lâminas descritas.

Localmente ocorre magnetita-muscovita xisto, lepidoblástico, com quartzo acessório, em níveis métricos pouco espessos. Ocorrem raros blocos de biotita xisto, sempre alterados, avermelhados. Observa-se também boudins de material argiloso, muito alterado, coloração ocre, além de veios centimétricos constituídos de quartzo e caulim.

5.2) Nappe Andrelândia

5.2.1) Unidade B : Sil/Ky-Grt-Bt Xisto Porfiroblástico

A maior ocorrência desta unidade é a leste da serra, nas regiões central e sul da área. Faz contato tectônico por sobre a Unidade A e a oeste é cavalgada pela Unidade D. Na sua porção leste apresenta-se em contato aparentemente normal com as unidades vizinhas, com exceção de um pequeno trecho onde faz contato por falha transcorrente com a Unidade D. Ocorre também no extremo noroeste da área, em outro contato tectônico com a Unidade D. Aflora como lajes e forma relevo suave, com morros arredondados.

A rocha apresenta cor de alteração arroxeadá-avermelhada com ocorrências de porções ocre mais argilosas, não foram vistos afloramentos de rocha sã. Possui estrutura foliada, xistosa, com porções fortemente crenuladas e localmente milonitizada.

A principal litologia é sillimanita-granada-biotita-muscovita-quartzo xisto, com textura lépido-granoblástica porfiroblástica e localmente protomilonítica, com leve redução

granulométrica e minerais levemente estirados. Possui porfiroblastos de granada (> 3 cm) e, as vezes, de sillimanita, numa matriz de granulação predominantemente fina (0,1 a 1 mm) constituída principalmente de quartzo e muscovita. Biotita, granada e sillimanita (inclusive a variedade fibrosa - fibrolita) estão em proporções variáveis. Cianita (máximo 5 %) ocorre na matriz em coexistência com sillimanita na porção central e a norte é o único polimorfo presente. A sul há cristais de sillimanita que sugerem pseudomorfos de cianita com até 15 cm de comprimento com inclusões de granada milimétrica. Arcos poligonais de biotita e muscovita são observados em campo e em seções delgadas; cristais de rutilo subidioblástico (até 4 cm) e turmalina preta são vistos pelo chão.

Em lâmina observa-se granada poiquiloblástica, sillimanita fibrosa simplectítica com muscovita (Foto 2); muscovita ocorre formando a S_2 ; quartzo xenoblástico, tem extinção ondulante, contatos suturados e textura ribbon. Opacos são acessórios comuns. A biotita, a granada e a sillimanita são sin- S_2 . Observa-se muscovita formando a S_3 com cristais maiores (0,5 a 0,7 mm) idioblásticos (Foto 3) e também substituindo a biotita.

Ocorrem níveis de sillimanitito e raras intercalações de muscovita quartzito.

5.2.2) Unidade C : Gnaisses

Esta unidade localiza-se na porção sudeste, como corpo alongado na direção N-S, tornando-se mais espesso na região sul. Pequena porção aflora também no extremo noroeste da área. Está em contato tectônico por sobre a Unidade F a sul e apresenta-se inserida na Unidade B, com contato aparentemente normal.

Dentro desta unidade ocorrem as seguintes litologias:

Muscovita-Biotita Xisto/Gnaisse com Granada - quase sempre alterado, coloração avermelhada, quando menos alterado é cinza, foliado, por vezes crenulado ou fortemente dobrado, granoblástico com poucas bandas lepidoblásticas centimétricas e granulometria fina a média, localmente apresenta sillimanita. Em alguns pontos essa rocha tem aspecto homogêneo, tornando-se muito semelhante aos xistos/gnaisses da Unidade D.

Microscopicamente apresenta quartzo (30-40%) xenoblástico com extinção ondulante e textura ribbon e plagioclásio (10 a 20%) variando entre oligoclásio, andesina e labradorita. Cristais idioblásticos de biotita (25 a 50%) e de muscovita (no máximo 20%) estão orientados na S_2 , formam arcos poligonais e ocorrem idioblásticos orientados numa foliação S_3 . Apatita, zircão, monazita e turmalina são os minerais acessórios. Há granada poiquiloblástica pré- a sin- S_2 com inclusões de quartzo, biotita, muscovita e opacos. A sillimanita, quando presente ocorre em cristais prismáticos, levemente estirados e associados com biotita em pequenos níveis lepidoblásticos orientados na S_2 .

Gnaiss Cálcio-Silicático - branco a cinza claro, variando para ocre quando alterado, maciço, granoblástico, equigranular médio (entre 1 e 3 mm). As intercalações de rochas cálcio-silicáticas ocorrem a sul.

Microscopicamente observa-se plagioclásio-hornblenda-diopsídio-calcita fels, granoblástico e granulometria variando entre 1 e 1,5mm. É composta por cristais idióblásticos a subidioblásticos de carbonato (30%), andesina (10%), e quartzo (5%) com extinção ondulante. Os minerais máficos presentes são cristais subidioblásticos a xenoblásticos de diopsídio (20%) muito fraturados e hornblenda (10%). Cristais idióblásticos e subidioblásticos de titanita (10%), minerais do grupo do epidoto (10%) e pequenos cristais de allanita (1%) inclusos no epidoto também fazem presença na lâmina. Observando a relação textural dos cristais supõem-se que a hornblenda seja posterior ao diopsídio pois ela substitui a borda do piroxênio, e o epidoto é posterior a todos os minerais pois o mesmo apresenta-se substituindo-os. No contato desta rocha com o biotita gnaiss é notável a concentração de hornblenda, que coexiste com biotita até desaparecer no gnaiss, indicando contato transicional entre as litologias (Fotos 5 e 6).

5.2.3) Unidade D : Sil/Ky-Grt-Bt-Pl Xisto/Gnaiss Homogêneo

Unidade aflorante como uma faixa contínua de orientação aproximada N-S na encosta leste de toda Serra da Boa Vista, afinando consideravelmente no extremo sul; esta faixa está em contato tectônico por falha normal com as unidades a leste. Ocorre ainda como outra faixa, com mesma orientação, a NW da área mapeada e também como corpos lenticulares intercalados na Unidades B e E.

Seus afloramentos típicos são lajes e matacões arredondados com superfície escura, com aspecto muito semelhante a matacões de rochas graníticas; geralmente está menos alterado que os outros xistos presentes na área. Possui coloração cinza mas torna-se arroxeado quando alterado, aspecto homogêneo, foliado, as vezes crenulado, localmente maciço devido a foliação incipiente, alguns afloramentos possuem bandamento gnáissico. Trata-se do Xisto Santo Antonio (Trouw *et al.*, 1983),

Há uma região onde sillimanita e cianita coexistem. Predomina textura granoblástica porfiroblástica com grande quantidade de quartzo e plagioclásio em contatos poligonais na matriz. Alguns níveis são lepidoblásticos, compostos quase exclusivamente por biotita, alguma muscovita e pouca sillimanita fibrosa (fibrolita). A granulação varia entre fina e média (0.5 a 3 mm), ocorrendo porções com granada porfiroblástica.

Zona da Sillimanita:

A rocha é um sillimanita-granada-plagioclásio-biotita-quartzo xisto com clorita, com biotita (30%) com grande variação de forma e de granulometria formando a S₂, há arcos

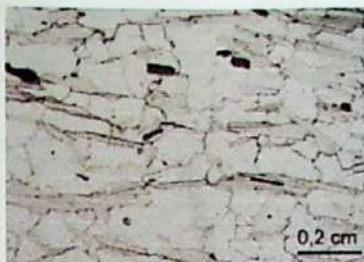


Foto 1- Ms Quartzito com Mag. Observa-se Ms e Mag na S2.



Foto 2- Sil fibrosa (Fibrolita) simplectítica com muscovita e biolita em Grt-Sil-Bt-Ms-Qtz xisto. Nicóis cruzados.

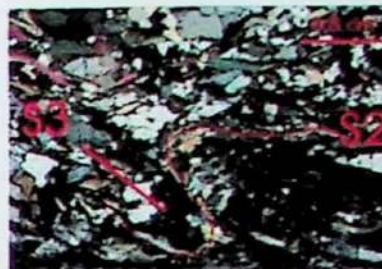


Foto 3- Níveis micáceos lepidoblásticos da S2 dobrados pela D3 com geração de Ms na S3. É a mesma rocha da foto anterior. Nicóis cruzados.

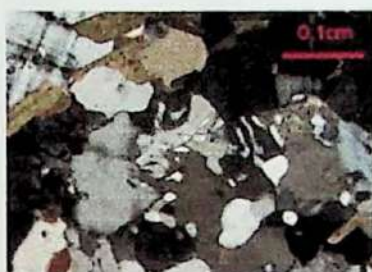


Foto 4- Contatos lobados entre cristais de Qtz e presença de mimequitas em Bt Gnaiss. Nicóis cruzados.

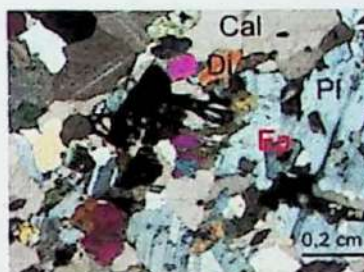


Foto 5- Aspecto geral de Pl-Hbl-Di-Calcita Fels com Tit e Ep. Rocha maciça com textura granoblástica a nematoblástica. A Hbl é o mineral extinto. Nicóis cruzados.



Foto 6- Aspecto do contato transicional entre Pl-Hbl-Di-Calcita Fels e Bt Gnaiss.

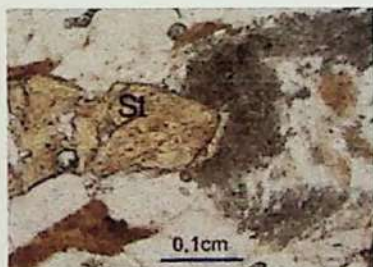


Foto 7- Sobrecrecimento pós-S2 de St em aglomerado de Fibrolita. Lâmina de Sil-Grt-Pl-Bt-Qtz Xisto com Chl.



Foto 8- Sil prismática e idioblástica em paragênese com Grt porfiroblástica pós-S2. A Grt cresceu englobando a Sil da matriz. Lâmina de Pl-Grt-Bt-Ms-Sil-Qtz Xisto

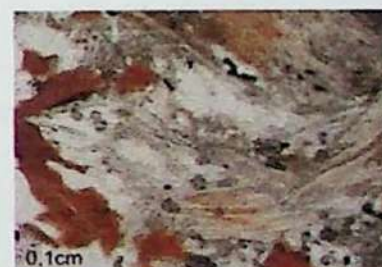


Foto 9- Fibrolita em agregados dobrados, crenulados, simplectítica com Ms e Bt sin-S2. É a mesma lâmina da Foto 8.



Foto 10- Sil fibrosa em aglomerados crenulados coexistindo em equilíbrio com Ky subidioblástica. Os polimorfos são sin-S2. Lâmina de Ms-Sil-Ky-Grt-Pl-Bt-Qtz Xisto.



Foto 11- Cristais prismáticos idioblásticos a subidioblásticos de Ky. No canto inferior esquerdo observa-se Bt substituindo Ky em Ky-Ms-Pl-Grt-Bt-Qtz Xisto.



Foto 12- Aspecto de um típico Xisto Santo Antonio (Chl-Grt-Pl-Bt-Qtz Xisto) em seção delgada.

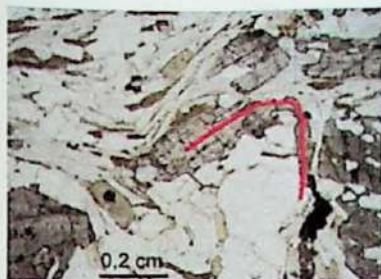


Foto 13- Cianita sin-S2 dobrada pela D3 e associada aos níveis lepidoblásticos, em Chl-Pl-StKy-Grt-Ms-Bt-Qtz Xisto.

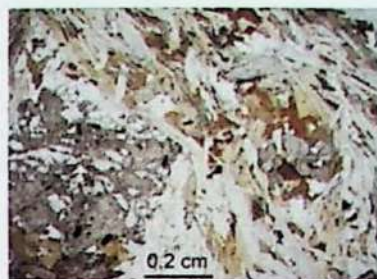


Foto 14- Presença de St idioblástica pós-S2, associada a crescimento estático. É a mesma rocha da Foto 13.



Foto 15- Níveis lepidoblásticos da S2 constituídos por Ms dobrados pela D3, presença de arcos poligonais e cristal crescido na S3. Tur-Grt-Qtz-Ms xisto.

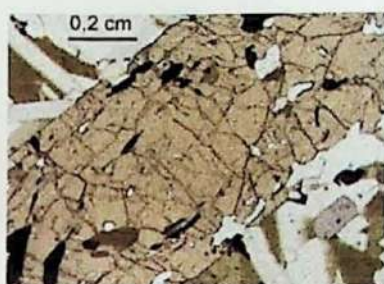


Foto 16- St porfiroblástica sin-S2 com inclusões de Qtz, Chl, Tur e opacos. Rocha: Chl-Bt-St-Ms-Qtz Xistocom Grt.

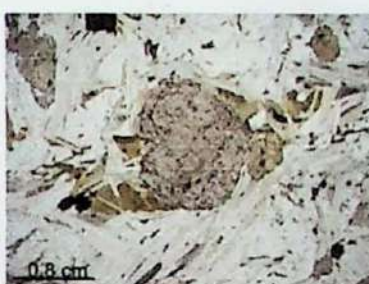


Foto 17- Sombra de pressão em torno de Grt porfiroblástica sin-S2 com inclusões de St, Qtz e Chl. É a mesma rocha da Foto 16.

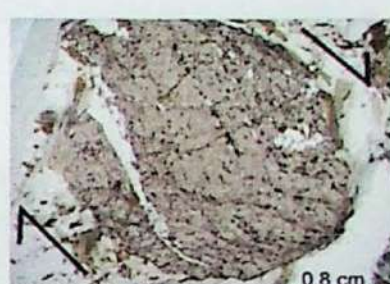


Foto 18- Grt porfiroblástica sin-S2 com inclusões de Qtz, Chl, Bt, Tur e Opacos. As bordas encontram-se substituídas por Bt e Chl.



Foto 19- Cristais de St subidioblásticos geminados pós-S2 em torno de porfiroblasto de Grt. Rocha: Qtz-St-Grt-Ky-Ms Xisto.

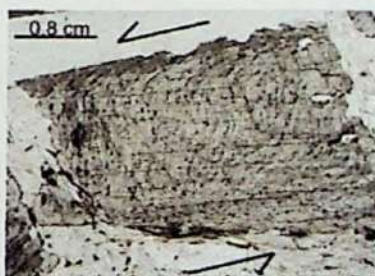


Foto 20- Ky porfiroblástica sin-S2 com inclusões de Opacos, Rt, Qtz e Ms com padrão sigmoidal. É a mesma rocha da Foto 19.



Foto 21- Níveis lepidoblásticos a Ms e alguma Grafita da S2 dobrados na S3. Observa-se arcos poligonais da S1 dentro dos níveis dobrados. É a mesma rocha da Foto 19.



Foto 22 - Contato do Ms quartzito (Unidade A) com Sil-Grt-Bt Xisto (Unidade B).



Foto 23 – Aspecto do Sil-Grt-Bt Xisto alterado



Foto 24 – Bandas félsicas sugerindo anatexia Em migmatito da Unidade C (Gnaisses)



Foto 25 – Aspecto arredondado dos afloramentos do Xisto Santo Antonio (Unidade D)



Foto 26 – Montagem mostrando as intercalações entre xistos e barras quartzíticas na porção Norte da Serra da Boa Vista

poligonais, substitui granada (bordas de reação) e é substituída por clorita. Granada (10%) poiquiloblástica com inclusões de biotita, Fe-clorita, quartzo, opacos e zircão, está bastante alterada, há cristais pré- a sin-S₂. Sillimanita (7%) ocorre fibrosa, em aglomerados, alguns cristais prismáticos muito finos também ocorrem, alguns desses aglomerados estão crenulados e em dobras intrafoliais, ocorre em equilíbrio com porfiroblasto de granada. Quartzo (40%) com extinção ondulante ocorre em contatos poligonais com andesina (10%), ambos xenoblásticos. Mg-clorita (3%) está presente na matriz com aspecto fibroso. Minerais acessórios são muscovita, opacos, apatita, rutilo, turmalina, Fe-clorita (como inclusão em granada) e estauroлита pós-S₂, pois forma sobrecrecimento sobre sillimanita (Foto 7).

Observa-se sillimanita em cristais prismáticos idióblásticos, alguns em contatos retos com granada (equilíbrio) e alguns inclusos em granada pós-S₂, que deve ter crescido englobando a sillimanita da matriz (Foto 8). Ocorre também fibrolita, acicular, levemente marrom, em agregados dobrados, crenulados, simplectítica com muscovita e biotita sin-S₂ (Foto 9). Há biotita e muscovita crescidas na S₃. Ocorre sillimanita xenoblástica sub-milimétrica inclusa em opaco e fibrolita em volta do mesmo cristal de opaco.

Coexistência Sillimanita-Cianita:

Muscovita-sillimanita-cianita-granada-plagioclásio-biotita-quartzo xisto com foliação incipiente dada pela biotita, textura granoblástica inequigranular com níveis micáceos lepidoblásticos e predomínio de granulação fina (< 1 mm). Possui biotita (25%) com grande variação de forma e de granulometria. Granada (10%) apresenta muitas inclusões de biotita, Fe-clorita, quartzo e opacos; apresenta bordas de biotita (substituição) Sillimanita (5%) ocorre em aglomerados crenulados e parece consumir biotita. Cianita (7%) ocorre idióblástica a xenoblástica e sempre associada a cristais de biotita. Os polimorfos não ocorrem em contato. Os acessórios são apatita, clorita, opacos, turmalina e rutilo. (Foto 10).

Zona Da Cianita:

Tem-se um cianita-muscovita-plagioclásio-granada-biotita-quartzo xisto porfiroblástico, predominantemente granoblástico com alguns níveis lepidoblásticos, que não definem uma foliação evidente, e granulação fina (< 1 mm). Quartzo (35%) e oligoclásio (10%) apresentam contatos poligonais a lobados e extinção ondulante. Nos níveis lepidoblásticos ocorrem biotita (20%) e muscovita (10%), ambas formam arcos poligonais. A cianita (5%) é subidioblástica, localmente com inclusões de muscovita e biotita e evidências de substituição por biotita nas bordas dos cristais. Granada (15%) poiquiloblástica tem inclusões de quartzo arredondado, biotita, Fe-clorita, muscovita, rutilo e opacos e é substituída por biotita. Há cristais maiores e subidioblásticos de muscovita crescidos na S₃. Ocorrem como minerais acessórios: clorita, turmalina, apatita e opacos (Fotos 11 e 12).

Localmente ocorrem níveis mais lepidoblásticos (15% de muscovita e 20% de biotita) na presença de estaurolita, onde observa-se cianita subidioblástica dobrada pela D_3 (Foto 13) associada aos níveis lepidoblásticos e ocorre substituída por Mg-clorita e muscovita. Estaurolita (7%) ocorre subidioblástica sin- S_2 e idioblástica e geminada pós- S_2 , associada a crescimento estático (Foto 14). Granada (10%) poiquiloblástica com muitas inclusões tem cristais pré-, sin- e pós- S_2 . Há muscovita (15%) e biotita (20%) também na S_3 . Quartzo (30%) com textura ribbon e extinção ondulante faz contato poligonal com andesina (5%). Na matriz há Mg-clorita (5%) incolor a cinza clara, fibrosa, xenoblástica, substituindo biotita, muscovita e cianita; enquanto Fe-clorita verde ocorre como inclusões em granada.

5.2.4) Unidade E : Ms-Qtz Xisto

Esta unidade juntamente com as Unidades F e G pertencem a um pacote de xistos com freqüentes intercalações quartzíticas, associado às regiões mais altas da Serra da Boa Vista, onde formam um corpo contínuo. A Unidade E ocorre estratigraficamente no topo da Unidade D. Os afloramentos encontram-se de maneira geral muito alterados.

As rochas transicionam entre níveis lepidoblásticos e granoblásticos de acordo com a proporção entre quartzo e muscovita, são foliadas e freqüentes a norte da serra, na zona da cianita.

Ao microscópio observa-se clorita-biotita-estaurolita-muscovita-quartzo xisto com granada, com níveis lepidoblásticos ($Ms > Bt$) dobrados, crenulados, com muitos arcos poligonais entre níveis quartzosos granoblásticos. Possui estaurolita (12%) porfiroblástica sin- S_2 com inclusões de quartzo, opaco, clorita e turmalina (Foto 16), há estaurolita crescida na S_3 . A granada é poiquiloblástica e cristais sin- S_2 apresentam inclusões de estaurolita, quartzo e clorita, há sombra de pressão em torno de um porfiroblasto (Foto 17). Biotita geralmente xenoblástica tem pleocroísmo em tons verde-oliva e substitui estaurolita. Apresenta ainda plagioclásio, rutilo e apatita como minerais acessórios.

5.2.5) Unidade F : Sil/Ky-Grt-Bt Xisto com Intercalações de Quartzitos

A sul predomina sillimanita-granada-biotita-muscovita-quartzo xisto com porfiroblastos de granada. Há uma região onde sillimanita e cianita coexistem e do centro para o norte da área mapeada o aluminossilicato presente é cianita, chegando a ocorrer níveis centimétricos de cianitito. A descrição litológica é a mesma feita para a Unidade B.

A diferença entre esta unidade e a Unidade B são as freqüentes intercalações de quartzito, com espessuras métricas, as quais podem ser individualizadas. Os níveis quartzíticos encontrados na Unidade B são menos freqüentes, menos espessos e descontínuos.

Em seções delgadas há uma certa variação mineralógica, observa-se um turmalina-granada-quartzo-muscovita xisto com níveis lepidoblásticos e granoblásticos em proporções semelhantes, ambos dobrados, porfiroblástico, inequigranular fino e médio. Muscovita (45%) forma a S_2 , fortemente crenulada, há arcos poligonais e cristais muito finos inclusos em quartzo e outros maiores formam a S_3 plano axial das crenulações. Quartzo (40%) com extinção ondulante e textura ribbon, granada (8%) poiquiloblástica e turmalina (7%) zonada compõem a rocha (Foto 15).

Em outras rochas observa-se muscovita em níveis S_2 dobrados e crenulados pela D_3 , idioblástica pós- S_2 (mimetização) e na S_3 (Foto 18). Cianita porfiroblástica sin- S_2 apresenta inclusões de opacos (principalmente), quartzo, rutilo e muscovita e ocorre também na S_3 .

Granada porfiroblástica sin- S_2 traz inclusões de rutilo e estaurolita. Estaurolita ocorre xenoblástica na S_2 , subidioblástica em cristais pós- S_2 e idioblástica na S_3 ; há cristais geminados e apresenta sobrecrecimento em cianita e granada (Foto 19). Cianita porfiroblástica tem inclusões de opaco, rutilo, quartzo e muscovita; ocorre na S_2 e na S_3 , alguns cristais sin- S_2 apresentam inclusões em padrão sigmoidal (Foto 20). Níveis lepidoblásticos a muscovita e alguma grafita são sin- S_2 e apresentam-se crenulados pela D_3 ; é possível observar arcos poligonais da S_1 dentro desses níveis dobrados e crenulados (Foto 21).

5.2.6) Unidade G : Barras Quartzíticas

O litotipo mais comum é muscovita quartzito, localmente com granada, magnetita, feldspato (caulim), sillimanita e/ou cianita, ocorre foliado, com textura granoblástica, equigranular fino a médio. Cor branca a levemente acinzentada, tornando-se alaranjado por alteração. Em alguns trechos a porcentagem de feldspato iguala-se a de quartzo.

Ocorrem também níveis de ortoquartzito, branco a cinza, granulação grossa (> 5 mm), granoblástico, sacaroidal, cristais de quartzo angulosos, estrutura foliada e localmente maciça, com alguns níveis centimétricos lepidoblásticos com muscovita.

Uma lâmina coletada em uma das barras constitui-se de cianita-muscovita-quartzo xisto lépido-granoblástico, com matriz fina (0,1 a 0,5 mm) e porfiroblastos de cianita maiores que 2 mm. A foliação (S_2), localmente crenulada, é dada pela muscovita. Cianita tem grande variação granulométrica, as vezes ocorre em aglomerados, está alongada paralela a foliação, apresenta inclusões de quartzo, muscovita e titanita e é substituída por muscovita. Quartzo (50%) mostra textura ribbon e está alongado na foliação. Titanita e opacos são minerais acessórios.

5.3) Nappe Lima Duarte

5.3.1) Unidade H : Ortoquartzito

Ocorre a sul da área mapeada, aflorando sempre acima da cota 1100 m como placas tabulares em lajes e paredões alterados sustentando a Serra do Cadoz. Forma depósitos de colúvio às margens do Rio Grande.

Litologia composta por quartzo (aproximadamente 90%), muscovita (< 5%) e opacos idioblásticos com granulação mais fina; foram observados cristais de rutilo no chão em alguns pontos. A cor típica é de cinza a bege, adquirindo tons alaranjados, arroxeados nas partes alteradas e friáveis. Sua textura é granoblástica, inequigranular com grãos angulosos de aspecto sacaroidal e contatos poligonais, dando um aspecto maciço. A granulação é grossa (> 5 mm). Ocorre acamadado, foliado, localmente milonítico com níveis quartzosos estirados e encontra-se extremamente fraturado em alguns pontos. Apresenta níveis centimétricos lepidoblásticos constituídos por muscovita.

Ocorrem intercalações pouco espessas de rocha xistosa muito alterada, cor avermelhada, lepidoblástica, porfioblástica, com matriz fina, foliada, crenulada, composta de granada, fibrolita, biotita, caulim, quartzo e muscovita.

5.3.2) Unidade I : Bt Gnaiss

Ocorre a norte da Nappe Lima Duarte, sobre a Unidade H. Esta nappe é cavalgada pela Nappe Andrelândia.

Consiste num biotita gnaiss maciço, granoblástico, equigranular médio, com contatos poligonais, formado por feldspatos róseos (FK), brancos (plagioclásio), quartzo, biotita e pouca muscovita. São comuns bolsões e boudins brancos constituídos principalmente de quartzo e feldspato, às vezes com granada, turmalina preta e sillimanita. Apresenta foliação, bandamento gnáissico e composição granítica. Localmente lembra migmatito do tipo dobrado com as bandas félsicas sugerindo leucossomas.

Microscopicamente observa-se quartzo, plagioclásio (andesina e labradorita), microclínio, biotita e muscovita. Há também apatita e zircão como minerais acessórios. Os contatos entre os minerais granulares são irregulares, geralmente lobados e suturados e raramente poligonais; o correm sub-grãos arredondados e muito finos nos contatos. Há a presença de peritas. O quartzo apresenta extinção ondulante e é mirmequítico no contato com microclínio. A S_2 é marcada pela biotita, geralmente subidioblástica. Há também muscovita orientada na S_2 e arcos poligonais das micas são observados (Foto 4).

5.4) Outras Ocorrências

5.4.1) Leucogranitos

Corpos centimétricos a métricos leucograníticos com turmalina preta, geralmente alterados, são comuns. No ponto AR-VII-59 (0593486 x 7587908) observa-se um corpo granítico expressivo (40 m de diâmetro) levemente bandado nas suas bordas e com uma foliação incipiente concordante com a foliação do xisto.

O leucogranito apresenta quartzo, microclínio, plagioclásio (oligoclásio e andesina), biotita e hornblenda. Titanita, zoisita, granada, apatita e monazita ocorrem como minerais acessórios. Ocorrem pertitas e mirmequitas. biotita granito gnaisse com foliação marcada pela orientação de biotita e textura granoblástica predominante. biotita-hornblenda monzogranito a estrutura é maciça com algumas porções foliadas; possui textura granular hipidiomórfica. A granulação em ambas é fina (< 1 mm). Os minerais félsicos estão em contatos lobados a suturados e com aspecto fraturado. Os minerais acessórios estão próximos aos minerais máficos, apresentando formas arredondadas, por vezes inclusos em hornblenda.

5.4.2) Diabásio/ Anfibolito

O diabásio apresenta estrutura maciça, textura fanerítica fina, ofítica, holocristalino e constituído por clinopiroxênio, labradorita, opacos e olivina como mineral acessório.

O anfibolito possui com textura decussada, nematoblástica, granulação fina e constituída por hornblenda (80%); labradorita (8%) e quartzo (12%), há mirmequitas e os minerais acessórios são clorita, titanita, opacos e biotita.

5.4.3) Depósitos Sedimentares Cenozóicos

Na área mapeada formam-se depósitos de aluvião ao longo de todo o Rio Grande, os quais apresentam composição arenosa fina a média. Na porção sul há um depósito de colúvio localizado às margens do Rio Grande, no sopé da Serra do Cadoz; este é formado por grãos de areia grossos, provenientes do ortoquartzito presente nesta serra.

6) METAMORFISMO

As rochas da Unidade B fornecem evidências de 2 estágios de cristalização associados às deformações D_2 e D_3 ; quartzo-muscovita-granada-biotita-sillimanita-cianita e muscovita-quartzo, respectivamente. Há o crescimento estático tardi- a pós- D_2 de sillimanita e muscovita. A paragênese da foliação principal (S_2) - Bt-Grt-Sil e/ou Ky - na ausência de estaurolita, indica fácies anfibolito superior associada à alta temperatura e alta pressão, com pico bórico dado pela cianita.

Na Unidade C a paragênese Bt-Grt-Sil também está presente na foliação principal (S_2). Observa-se sillimanita prismática muito fina pós- S_2 , crescendo sobre biotita, consumindo-a. Há biotita substituída por muscovita e granada substituída por biotita e muscovita, indicando hidratação retrogressiva.

Nas cálcio-silicáticas, restritas a o sul da área de estudo, a associação carbonato-diopsídio-hornblenda-plagioclásio-epidoto, indica grau elevado, na zona do diopsídio em fácies anfibolito. Observa-se hornblenda substituindo diopsídio e sendo substituída por biotita, sugerindo também hidratação retrogressiva.

A Unidade D apresenta a sul Bt-Grt-Sil como paragênese estável na foliação principal (S_2) e há crescimento estático pós- S_2 de biotita, estaurolita e sillimanita. A sillimanita sin- S_2 tende a ser fibrosa, em aglomerados geralmente crenulados, enquanto a pós- S_2 tende a ser prismática, ambas com granulação fina. Também há granada e turmalina pós- S_2 .

A estaurolita, pouco comum nessas rochas e vista praticamente só em seções delgadas, apresenta diferentes fases de blastese. Ocorre xenoblástica, sugerindo ser pré- S_2 , não totalmente consumida para gerar cianita na trajetória progressiva, segundo a reação $St + Ms + Qtz \Rightarrow Grt + Bt + Ky + H_2O$. Existem cristais idioblásticos discordantes da S_2 e outros sobrecrecidos em sillimanita, indicando serem pós- S_2 .

Cianita e sillimanita coexistem em lâmina, mas não em contato. Parecem ser sin- S_2 e ocorrem associados a cristais de biotita, que é consumida para gerar os polimorfos. A norte da Unidade D a paragênese estável na S_2 é Bt-Grt-Ky.

Novamente há evidências de hidratação retrogressiva pelas substituições de cianita, granada e biotita por clorita e muscovita; a granada também é substituída por biotita. Observa-se crescimento de cianita, biotita, muscovita e quartzo numa foliação posterior, S_3 .

A Unidade E possui Bt-Grt-St-Ky como paragênese estável na foliação principal (S_2) e há crescimento estático pós- S_2 de muscovita e estaurolita, este último mineral existe ainda como inclusão em granada sin- S_2 . Substituições de estaurolita e granada por biotita, clorita e muscovita associam-se à hidratação retrogressiva.

Esta unidade apresenta cianita e estaurolita geradas na S_3 .

A paragênese hornblenda-labradorita ($An > 17$) vista em anfibolito também indica fácies anfibolito para rochas metabásicas.

Portanto, essas rochas indicam fácies anfibolito superior, zonas da sillimanita e da cianita, com altas temperaturas e pressões para a foliação principal.

A foliação S_3 , que não é muito freqüente, é marcada pela assembléia quartzo-muscovita-biotita-estaurolita-cianita, indicando que as condições metamórficas atuantes pelo menos no início da geração desta foliação ainda ocorreram em fácies anfibolito.

7) ANÁLISE ESTRUTURAL

A Unidade A ocorre como um corpo dômico onde a foliação principal (que para todas as unidades corresponde a S_2) tem mergulhos suaves, com lineações minerais e de estiramento sub-horizontais. Observam-se evidências de duas fases deformacionais pós- S_2 , uma com plano axial mergulhando 45° para SW e outra onde o plano axial mergulha sub-vertical para E.

Na Unidade B a S_2 mergulha suave a moderadamente para W a oeste e para SE a leste. Esta foliação apresenta dobras fechadas com espessamento de charneira e também ocorre padrão de interferência do tipo I - bacias e domos - (Ramsay & Huber, 1987), associado às dobras tardias.

Os gnaisses da unidade C mostram orientação da S_2 com grande variação, enquanto as lineações apresentam duas direções principais, NW e E, sempre com mergulhos baixos (15°). Há evidências de duas fases deformacionais posteriores a S_2 , sustentada pelo fato dessa foliação apresentar-se dobrada (D_3) e o plano axial dessas dobras também estar dobrado (D_4), formando padrão de interferência do tipo III - em laço (Ramsay & Huber, 1987).

A S_2 na Unidade D apresenta mergulho predominantemente para W e as lineações tem duplo caimento para NE (a maioria) e W, com baixos ângulos. É freqüente a presença de veios estirados centimétricos de quartzo, alguns paralelos a S_2 , alguns dobrados e boudinados.

A norte, observa-se localmente nas barras quartzíticas, domínios onde predomina a foliação S_1 , com mergulhos em torno de 50° - 60° para W, com algumas dobras intrafoliais com flancos rompidos, e também dobras fechadas com plano axial sub-horizontal. Nesses mesmos domínios a S_2 mergulha suavemente para W.

Além desses domínios a foliação principal é a S_2 , como no restante da área, com mergulhos geralmente para W com ângulos suaves a moderados (entre 15° e 45°). A maior parte das lineações de intersecção e eixos B apresentam caimento próximo de 25° para SW; são comuns estruturas em mullions. Ocorrem dobras abertas com espessamento de charneira e observa-se a S_3 plano axial transpondo a S_2 . Evidências de redobramento são dadas pelos padrões de interferência dos tipos I (bacias e domos) e II ("cogumelo").

Nas unidades da Nappe Lima Duarte a foliação principal mergulha para N, variando entre NE e NW, com lineação mineral com caimento entre 25° e 65° para NE e E. No extremo sul, no alto da Serra do Cadoz, as camadas estão sub-horizontais. Veios de quartzo branco leitoso paralelos a foliação são comuns.

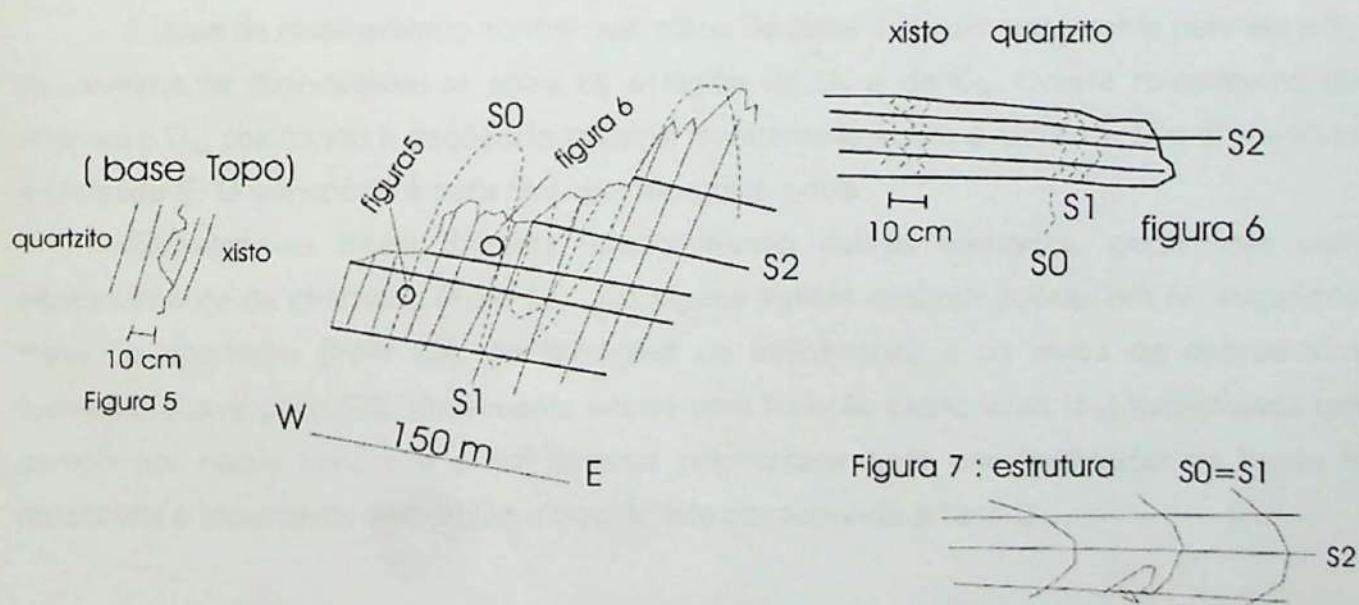
7.1) Dobramento pré- S_2

A estratificação é destacada principalmente pelas freqüentes intercalações quartzíticas das unidades litoestratigráficas superiores (E e F), presentes na porção centro-norte da Serra da Boa Vista.

O perfil D-D' destaca esse dobramento isoclinal, com comprimento de onda na escala da centena de metros, admitindo a xistosidade S_1 como plano axial. A estrutura, destacada pelo contato entre Ms quartzito fino e Ky-Grt-Mica xisto porfiroblástico, possui plano axial de forte mergulho (278/80) e eixo B conferido por mullions (Foto 27) e orientação de cianita na S_1 de médio caimento para Sul (195/45).

Porfiroblastos discóides de granada estão presentes na xistosidade S_1 , sugerindo o predomínio de uma deformação por achatamento (cisalhamento puro).

Na região norte da serra, a foliação S_2 , plano axial e sub-horizontal, corta, com forte ângulo, a estratificação S_0 paralela a foliação S_1 . As relações S_0/S_1 , independentes da transposição da S_2 permitiram reconhecer possível estrutura sedimentar (típica de erosão no topo de camada psamítica, figura 5) e dobra D_1 .



Figuras 5, 6, 7 . Figuras esquemáticas para entender as relações entre S_0 , S_1 e S_2 . Feito a partir De esquemas de campo.4

7.2) Dobramento D_2

A xistosidade S_2 , oblíqua e sub-horizontal (115/15) é de crenulação nas intercalações micáceas (Figura 6) e indica domínio de charneira do dobramento D_2 , provavelmente entrando um flanco inverso pelo posicionamento do topo estratigráfico na Figura 5 (conforme esquema da Figura 7) em padrão de interferência do tipo III (redobramento homoaxial).

O norte da Serra da Boa Vista é domínio de uma mega-charneira recumbente delineada pela foliação S_0/S_1 , que admite a foliação S_2 como plano axial (Perfil D-D'). a estrutura vergente para E-NE, é um anticlinal, com flanco inverso pouco desenvolvido e com a Unidade D no núcleo, em contato normal a oeste.

O dobramento D_2 possui eixo B com fraco caimento para SW, paralelo às lineações minerais e de estiramento mineral, associados a cinemática de nappes. Corresponde assim a dobras do tipo-A desenvolvida quando do cisalhamento dúctil.

No estereograma 1 foram plotadas medidas da foliação S_1 , que encontra-se dispersa ao longo da guirlanda construída, associada a dobramento cilíndrico. Planos axiais da fase 2 encontram-se próximos a guirlanda e os eixos e lineações concentram-se a SW. Este estereograma retrata a S_1 dobrada pela D_2 . O eixo B_2 construído é S40W/24°.

No restante da área a S_2 transpõe totalmente a foliação anterior, cujas evidências são a existência de arcos poligonais nas micas e dobras intrafoliais. Essa foliação está associada com a formação da paragênese principal (Bt-Grt-Sil/Ky).

A zona de cisalhamento normal cujo plano de falha é aproximadamente paralelo a S_2 provavelmente desenvolveu-se entre os estágios da D_2 e da D_3 . Ocorre rompimento de charneira D_2 , colocando a seqüência superior diretamente sobre a Unidade D e obliterando a Unidade E. O transporte é para SW com mergulho baixo.

Apresenta-se muito dobrada, predominando dobras fechadas, geralmente com espessamento de charneira (Foto 28). Em alguns pontos existem dobras em M, sugerindo zona de charneira (Foto 29). As lineações de estiramento e os eixos de dobras têm caimento suave para SW. Localmente ocorre uma foliação plano axial (S_3) evidenciada em campo por níveis micáceos e em lâminas pelo crescimento principalmente de biotita e muscovita e localmente estauroлита e cianita. Isto corresponde a fase D_3 .

7.3) Dobramento D_3

Observando-se o perfil C-C' estima-se o comprimento de onda das dobras D_3 entre 750 e 1500 m, com 250 m de amplitude. Trata-se de um dobramento cilíndrico associado às falhas inversas presentes.

O estereograma 2 mostra as medidas das foliações S_1 e S_2 e suas respectivas guirlandas construídas e interpretadas aqui como dobradas pela fase D_3 , com eixos construídos $S66W/60^\circ$ e $S55W/25^\circ$, respectivamente. Observa-se que a S_3 é plano axial da D_3 sobre a S_2 . As lineações e os eixos embora mais concentrados a SW, apresentam uma dispersão NE-SW, o que poderia sugerir a existência de uma foliação anterior dobrada.

O estereograma 3 traz informações referentes às medidas da S_2 e da S_3 . Observa-se que os pólos da S_2 distribuem-se bem ao longo da guirlanda, dobrados pela terceira fase. O eixo construído (B_3) tem orientação $S60W/27^\circ$ e novamente a S_3 é plano axial desta fase. Sendo assim as deformações 2 e 3 são homoaxiais. Há um eixo com orientação aproximada N-S e caimento baixo ($N07W/15^\circ$) que foi interpretado como sendo de uma fase posterior, no caso a D_5 .

7.4) Dobramentos pós- D_3

Nota-se padrão de interferência do tipo III - em laço - (Ramsay & Huber, 1987) com a foliação S_2 dobrada e o plano axial dessas dobras redobrado, sugerindo uma quarta fase de dobramento. Essa fase, a D_4 , apresenta dobras abertas com mergulho suave dos flancos. Planos axiais medidos em campo mergulham 45° para SW.

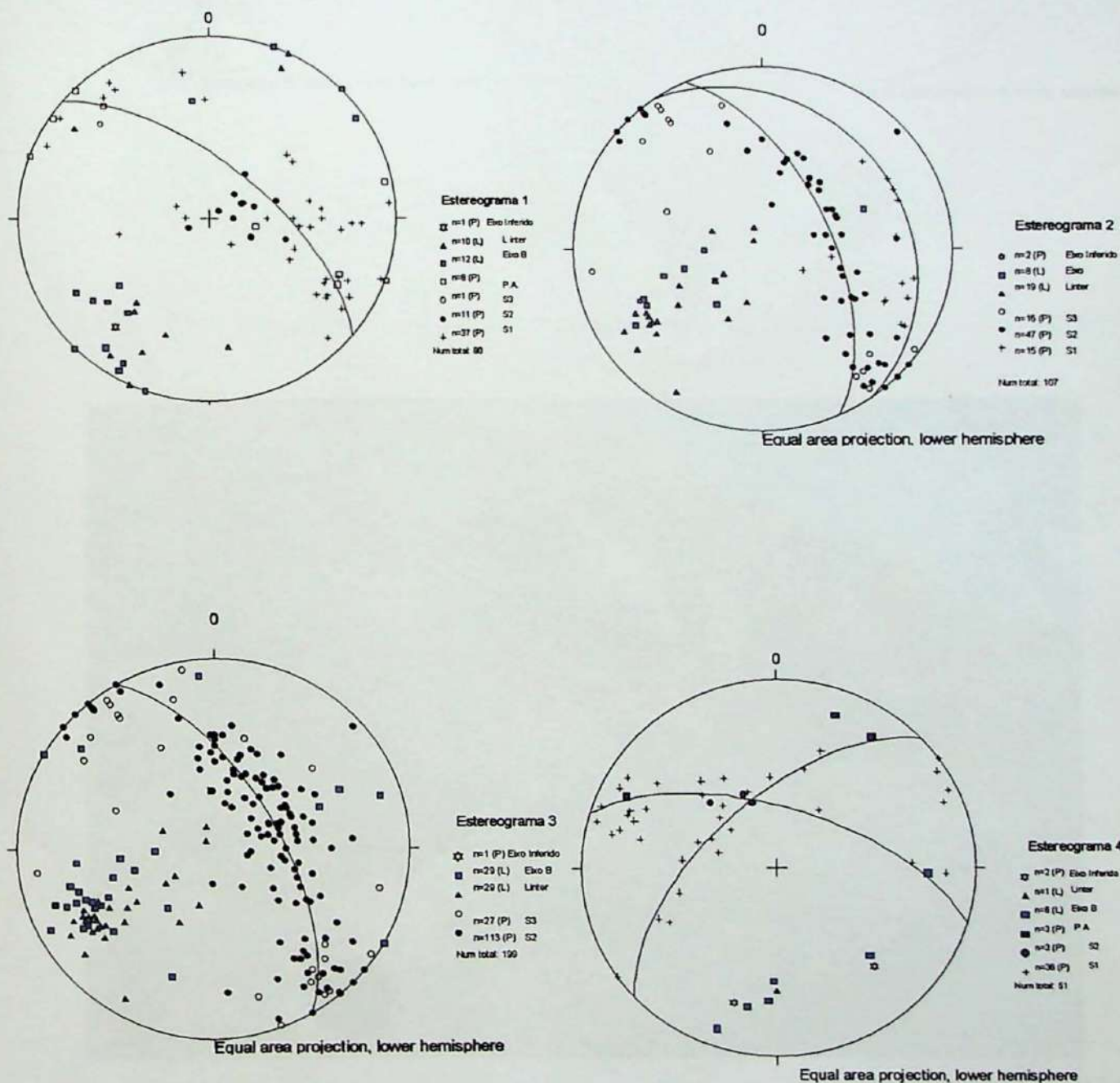
O estereograma 4 feito basicamente com medidas da S_1 traz duas guirlandas. A que possui orientação WNW-ESE traz a dispersão da S_1 e tem eixo construído $S17W/28^\circ$; comparando aos outros estereogramas interpreta-se como sendo a D_2 , com eixo pouco deslocado devido a fases posteriores. A outra guirlanda com orientação NE-SW é interpretada como pertencente a D_4 , com os pólos concentrados relativamente próximos ao centro, evidenciando dobras suaves. Seu eixo construído é $S43E/30^\circ$.

Uma outra fase é observada deformando o dobramento anterior. A D_5 também está associada a dobras abertas com flancos suaves, mas com planos axiais medidos mergulhando sub-verticalmente para E. Nos xistos e quartzitos observa-se padrão de interferência do tipo I - bacias e domos ou "caixa de ovos" - (Ramsay & Huber, 1987) representando a superposição das fases tardias D_4 e D_5 (Foto 31). Uma evidência geomorfológica dessas dobras suaves é observada nos contornos arredondados dos morros da região.

O estereograma 5 refere-se às dobras tardias. Foi construído a partir de medidas feitas em apenas um ponto (AR-VII-30, coord. 0594466 x 7584798) onde essas fases são bem vistas. Foram plotados os eixos e seus respectivos planos axiais, estes últimos, para melhor visualização estão representados em pólos e em grandes círculos. A D_4 tem eixo aproximadamente SE com caimento suave, correlacionável ao eixo construído no estereograma 4 ($S43E/30^\circ$), e plano axial com direção NW-SE mergulhando 45° para SW

(aproximadamente N50W/45SW). A D_5 tem eixos medidos com orientação geral NNE e caimentos suaves (N20E/15°) e plano axial com direção N-S e mergulho subvertical para E (aproximadamente N10E/80SE).

O estereograma 6, feito com medidas da S_2 dobrada, mostra uma leve dispersão em torno da guirlanda construída e uma concentração dos pólos na região central. Comparando ao estereograma 5, esta dispersão foi interpretada como associada à D_5 sobre a S_2 , onde a concentração central dos pontos relaciona-se às dobras suaves dessa fase.



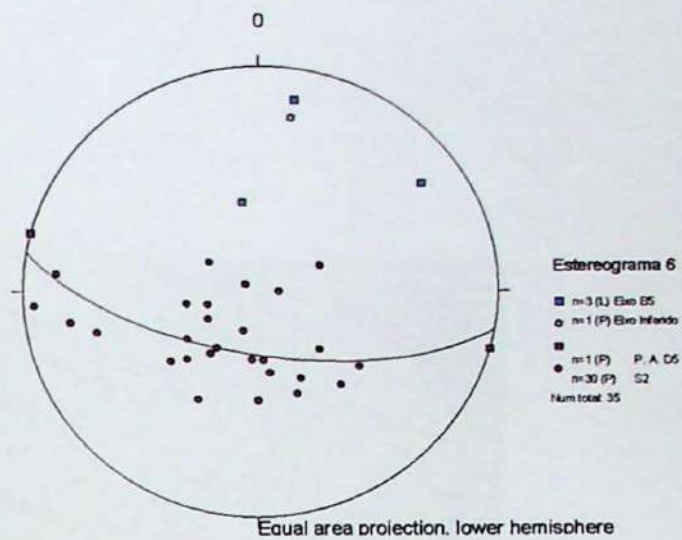
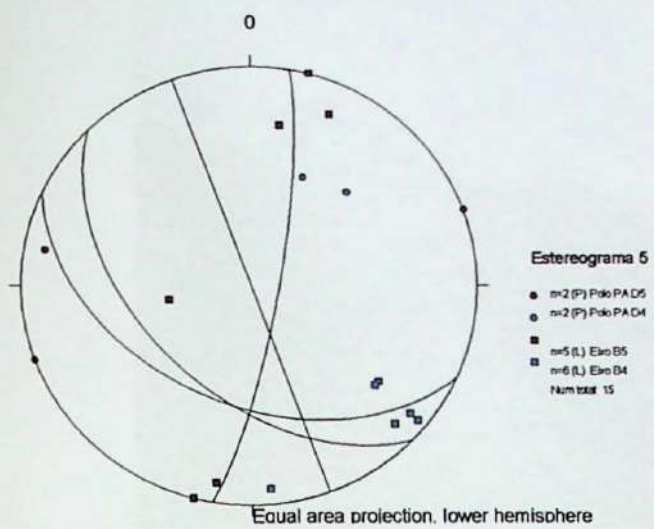


Foto 27 – Quartzito mostrando a S1 dobrada pela D2 com mullions sub-horizontais



Foto 28 – Quartzito afetado pela D3, com dobras levemente fechadas e espessamento da charneira em quartzitos.



Foto 29 – Dobras em M próxima a zona de charneira, também em quartzitos.



Foto 30 – Padrão de dobramento associado a fase D3 , com espessamento de charneira.



Foto 31 – Evidência de dobramentos superpostos das fases tardias, gerando padrão de interferência tipo I (domos e bacias).

8) CONCLUSÕES

A estrutura metamórfica é delineada pelas isógradas Ky-out e Sil-in, dividindo a serra em três domínios, o da Ky a norte, o da Sil a sul e a coexistência na parte central. A existência dessa transição, de acordo com Santos *et al.* (2004), indica que este campo metamórfico não deve-se a tectônica pós-metamórfica. Sillimanita pseudomorfa de cianita sugere trajetória metamórfica contínua associada a descompressão.

Essas isógradas não devem representar o progresso do metamorfismo de um caminamento Barroviano onde a Sil representasse a reação de substituição da Ky por aumento da temperatura. Parece indicar a instabilidade da cianita pela descompressão durante a trajetória ascendente das nappes.

O crescimento estático de sillimanita prismática pós-S₂ sugere que a trajetória neste estágio foi relativamente isotérmica. A presença de estaurolita pós-S₂ sobrecrecida em sillimanita indica a continuidade da trajetória retrogressiva, porém não mais isotérmica, sendo associada a uma diminuição de temperatura, além da descompressão.

A presença da Sil substituindo Ky e/ou micas, tardi- a pós- cinemática na S₂ é sempre, em condições favoráveis, acompanhada pelo crescimento de St.

A St ocorre inclusa em Grt, ou tardi a pós-S₂, associada a Mg-Chl na matrix. A Ky é parcialmente substituída pela Bt e Ms e estas, a sul, pela Sil. Essas relações sugerem uma trajetória horária, onde a entrada na zona da Sil foi controlada por descompressão e acompanhada por um resfriamento.

A St, por seu caráter predominantemente retrogressivo, associada a descompressão e rebaixamento da temperatura ocorre, nas condições favoráveis, indistintamente por toda a área mapeada.

A estrutura oblíqua a localmente ortogonal a S₂ e aos contatos litológicos das isógradas Ky-Ky/Sil e Ky/Sil-Sil reforça que a entrada no campo bárico de estabilidade de Sil se deu em estágios tardi- a pós-S₂, por descompressão pela exumação da estrutura metamórfica.

9) BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BRITO NEVES, B. B. 1995. *Crátons e Faixas Móveis*. Boletim IG-USP, Série Didática nº 7, 187 p.
- CAMPOS NETO, M. C., BASEI, M. A. S., VLACH, S. R. F., CABY, R., SZABO, G. A. J., VASCONCELLOS, P. 2004. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: um esboço da colagem brasileira no sul do Cráton São Francisco, SE - Brasil. *Geologia USP, Série Científica*, 4 (1), pp 13-40.
- CAMPOS NETO, M. C. & CABY, R. 2000. Terrane accretion and upward extrusion of high-pressure granulites in the Neoproterozoic nappes of SE Brazil: petrological and structural constraints. *Tectonics*, 19 (4), pp 669-687.
- CAMPOS NETO, M. C., CABY, R., JANASI, V. A., BASEI, M. A. S., GARCIA, M. G. M., SIGA JR, O. 1999. Transition from continental to intracontinental subduction, south of São Francisco Craton: terrane accretion, metamorphic paths and nappe kinematics. In: *Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 7, SBG-BA e ABGP*, Extend Abstracts, pp 66-70.
- CAMPOS NETO, M. C. & CABY, R. 1999. Neoproterozoic high-pressure metamorphism and tectonic constraint from the nappe system south of the São Francisco Craton, SE Brazil. *Precambrian Research*, 97, pp 3-26.
- GARCIA, M. G. M. & CAMPOS NETO, M.C. 2003. Contrasting metamorphic conditions in the Neoproterozoic collision-related nappes south of São Francisco Craton, SE Brazil. *J. South Am. Earth Sciences*, 15 (8), pp 853-870.
- HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A. C., CAMPOS NETO, M. C., SILVA, L. C. da, TROUW, R. A. J., JANASI, V. A. 2004. Província Mantiqueira. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., Brito Neves, B. B. (Orgs): *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando F. M. Almeida*. São Paulo, Beca, pp 203-234.
- HEILBRON, M. 1993. *Evolução tectono-metamórfica da seção Bom Jardim de Minas (MG) – Barra do Piraí (RJ), setor central da Faixa Ribeira*. Tese Doutorado, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 268 p.
- KRETZ, R. 1983. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 68, pp 277-279.
- McCLAY, K. R. 1987. *The Mapping of Geological Structures*. Open University Press: John Wiley & Sons, New York – Toronto, 161p.
- PACIULLO, F. V. P., TROUW, R. A. J., RIBEIRO, A., SIMÕES, L. S. A. 2002. Mapa Geológico – Folha Andrelândia, 1:100.000. COMIG, UFMG, UFRJ.
- 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, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 30, pp 200-202.

- PACIULLO, F. V. P. 1997. *A Seqüência Depositional Andrelândia*. Tese Doutorado. Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, 245 p.
- PASSCHIER, C. W. & TROUW, R. A. J. 1996. *Microtectonics*. Springer-Verlag, Berlin. 289 p.
- RAMSAY, J. G. & HUBER, M. I. 1987. *The techniques of modern structural geology, Vol. 2*. Academic Press Inc.(London) Ltd, London. 381 p.
- RIBEIRO, A., TROUW, R. A. J., ANDREIS, R. R., PACIULLO, F. V. P., VALENCA, J. G. 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo Brasileiro na margem sul do Cráton São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*, **25** (4): pp 235-248.
- SANTOS, L. P. 2004. *Trajetórias metamórficas de ambientes colisionais: domínios frontais das Nappes Aiuruoca-Andrelândia e Lima Duarte, borda sul do Cráton São Francisco, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 90 p.
- 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. *J. South Am. Earth Sciences*, **16**, pp 725-741.
- SENGOR, A. M. C. Plate tectonics and Orogenic Research after 25 years: a Tethyan Perspective. *Earth Science Reviews*, v. 27, p 1-201.
- SOLLNER, F. & TROUW, R. A. J. 1997. The Andrelândia depositional cycle (Minas Gerais/Brazil), a post-Transamazonian sequence south of the São Francisco Craton: evidence from U-Pb dating on zircons of a metasediment. *J. South Am. Earth Sciences*, **10**, pp 21-28.
- TROUW, R. A. J., PETERAL, R., PACIULLO, F. V. P., RIBEIRO, A.. 2003. Metamorfismo regional a sudoeste do Cráton São Francisco. *In: VIII Simposio de Geologia do Sudeste. Boletim de Resumos*, pp 8.
- TROUW, R. A. J. & CASTRO, E. M. O. 1996. Significado tectônico de granulitos brasileiros de alta pressão no sul de Minas Gerais. *In: SBG, Congr. Bras. Geol.*, 39, Salvador, 1996. *Anais...*, Salvador, v. 6, pp 145-148.
- TROUW, R. A. J., RIBEIRO, A., PACIULLO, F. V. P. 1983. Geologia estrutural dos Grupos São João del Rei, Carrancas e Andrelândia, sul de Minas Gerais. *Acad. Bras. Cien.*, **55** (1): pp 71-85.
- VALERIANO, C. M., DARDENNE, M. A., FONSECA, M. A., SIMÕES, L. S. A., SEER, H. J. 2004. A evolução tectônica da Faixa Brasília. *In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C. D. R., Brito Neves, B. B. (Orgs): Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando F. M. Almeida*. São Paulo, Beca, pp 575-592.
- YARDLEY, B. W. D. *Introdução à Petrologia Metamórfica*. Ed. Universidade de Brasília. 1994.

ANEXO 1

Tabela de Lâminas Descritas

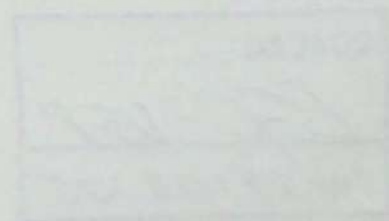
Lâmina		Descrição	
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

UTM_E	UTM_N	Ponto	Rocha	Min. Acessórios	Min. Índ.	Unidade
595330	7586810	AR-VII-05A	Pl-Hbl-Di-Qtz Granofels	Tit-Allanita-Carbonato	Di	C
595330	7586810	AR-VII-05B	Pl-Qtz-Bt Xisto	Ap-Zircão-Opacos		C
595330	7586810	AR-VII-05C	Ms-Bt Gnaiss	Opaco-Zir-Op-Mon-Tur		C
595330	7586810	AR-VII-05D	Ep-Tit-Hbl-Pl-Di-Calcita Fels	Qtz-Allanita	Di	C
594800	7585420	AR-VII-24	Grt-Pl-Bt-Qtz Xisto	Ap-Tit-Chl		C
596000	7584100	AR-VII-36	Grt-Sil-Bt-Qtz Xisto	Opacos	Sil	B
593486	7587908	AR-VII-59C	Bt Granito Gnaiss c/ Grt	Tit-Mon-Grt-Op		B
593486	7587908	AR-VII-59C1	Bt-Hbl Monzogranito	Tit-Op-Mon-Grt-Zoisita		B
592568	7586100	AR-VII-62	Pl-Ms-Grt-Bt-Qtz Xisto	Chl-Op-Zir-Opacos		D
591581	7587047	AR-VII-69	Ms-Sil-Grt-Pl-Bt-Qtz Xisto	Tur-Chl-Op-Opacos	Sil	D
591782	7586215	AR-VII-88	Pl-Grt-Bt-Qtz Xisto	Tur-Zir-Opacos	Sil	D
591432	7586318	AR-VII-91	Pl-Sil-Grt-Bt-Qtz Xisto	Ms-Tur-Chl-Op-Opacos	Sil	D
591398	7585303	AR-VII-106	Bt-Sil Gnaiss c/ Grt e St	Chl-Ms-St-Grt	St-Sil	D
595330	7583241	AR-VII-122A	Ms-Bt Granito Gnaiss	Ap-Zir		C
595330	7583241	AR-VII-122B	Ms-Bt Gnaiss	Ap		C
595237	7582233	AR-VII-126	Sil-Grt-Bt Gnaiss	Ms-Op-Tit-Tur-Zir	Sil	C
594698	7588814	AR-IX-12	Ms Quartzito c/ Mgn			A
593063	7590146	AR-IX-23	Bt Xisto	Qtz		A
592210	7590169	AR-IX-31	Mgn-Ms Xisto	Qtz-Op		A
591677	7589579	AR-IX-34A	Sil-Grt-Ms-Bt-Pl-Qtz Xisto	Chl-Tur-Opacos	Sil	D
591677	7589579	AR-IX-34B	Sil-Ms-Pl-Grt-Bt-Qtz Xisto	Opacos-Zircão-Op-Chl	Sil	D
594211	7593433	AR-IX-51	Sil-Grt-Pl-Bt-Qtz Xisto	Ms-Opacos-St-Rt-Tur	St-Sil	D
590777	7590447	AR-IX-77	Tur-Grt-Qtz-Ms Xisto			E
593361	7592597	AR-IX-106	Grt-Bt-Qtz-Ms Xisto	Tit		B
593720	7592561	AR-IX-107	Ms-Sil-Ky-Grt-Pl-Bt-Qtz Xisto	Ap-Chl-Opacos-Tur-Rt	Ky-Sil	D
594610	7592738	AR-IX-109	Diabasio			B
594179	7593072	AR-IX-112	Chl-Grt-St-Sil-Pl-Bt-Qtz Xisto	Tur-Opacos	St-Sil	D
590300	7590801	AR-IX-122	Ky-Ms-Qtz Xisto	Tit-Opacos	Ky	E
591147	7592697	AR-IX-141	Opaco-Ms Quartzito			E
593904	7597761	IBA-4-12C	Chl-Grt-Pl-Bt-Qtz Xisto	Tur-Op-Rt-Opacos		D
591643	7598950	IBA-4-20	Ky-Ms-Pl-Grt-Bt-Qtz Xisto	Chl-Tur-Opacos-Op	Ky	D
593637	7601875	IBA-4-22B	Anfibolito (Hornblendo)	Bt-Chl-Tit-Opacos		E
588747	7598820	IBA-4-51	Tur-Ky-Pl-Grt-Ms-Bt-Qtz Xisto	Tit-Opacos-Chl	Ky	D
587643	7601651	IBA-4-61	Tur-Grt-Ms-Qtz Xisto	Ky-Tit-Chl-Opacos	Ky	D
586422	7597800	IBA-4-64	Ky-Ms-Grt-Pl-Bt-Qtz Xisto	Tur-Op-Opacos	Ky	B

590116	7601660	IBA-4-114	Bt-Ms Gnaiss		Ap-Zircao		C
589885	7601639	IBA-4-116	Tur Gnaiss		Ap-Opacos-Ms		C
591994	7598306	NESG-1334A	Pl-Grt-Bt-Ms-Qtz Xisto		St-Chl-Opacos-Tit	St	E
591994	7598306	NESG-1334B	Grt-Pl-Bt-Ms-Qtz Xisto		Rt-Opacos-Chl		E
592072	7598293	NESG-1335A	Ms-Pl-Grt-Bt-Qtz Xisto		Chl-Tur-Opacos-Rt		D
592072	7598293	NESG-1335B	Chl-Pl-St-Ky-Grt-Ms-Bt-Qtz Xisto		Rt-Opacos-Tur-Op	St-Ky	D
592327	7599153	NESG-1353A	Ky-Grt-Pl-Ms-Bt-Qtz Xisto		Chl-Tur-Opacos-St	St-Ky	D
592327	7599153	NESG-1353B	Chl-Pl-Ky-Grt-Ms-Bt-Qtz Xisto		Tur-Opacos-Op-Rt-St	St-Ky	D
590470	7595734	NESG-1367A	Chl-Grt-Pl-Ms-Bt-Qtz Xisto c/ Ky		Tur-Op-Rt-Opacos	Ky	D
590470	7595734	NESG-1367B	Grt-Ms-Bt (-Pl-Qtz) Gnaiss		Chl		D
591075	7596028	NESG-1378A	Bt-St-Ms-Qtz Xisto c/ Opaco		Chl-Tur-Pl	St	E
591075	7596028	NESG-1378B	Opaco-Bt-St-Grt-Qtz-Ms Xisto c/ Chl		Tur-Op-Rt-Pl	St	E
591075	7596028	NESG-1378C	Chl-Bt-St-Ms-Qtz Xisto		Tur-Op-Pl	St	E
591794	7595927	NESG-1413A	Opaco-Grt-Qtz-Ky-Ms Xisto c/ St		St-Tur-Chl	St-Ky	E
591794	7595927	NESG-1413B	Qtz-St-Grt-Ky-Ms Xisto		Bt-Chl-Opacos	St-Ky	E

ANEXO 2

Mapa Geológico e Perfis

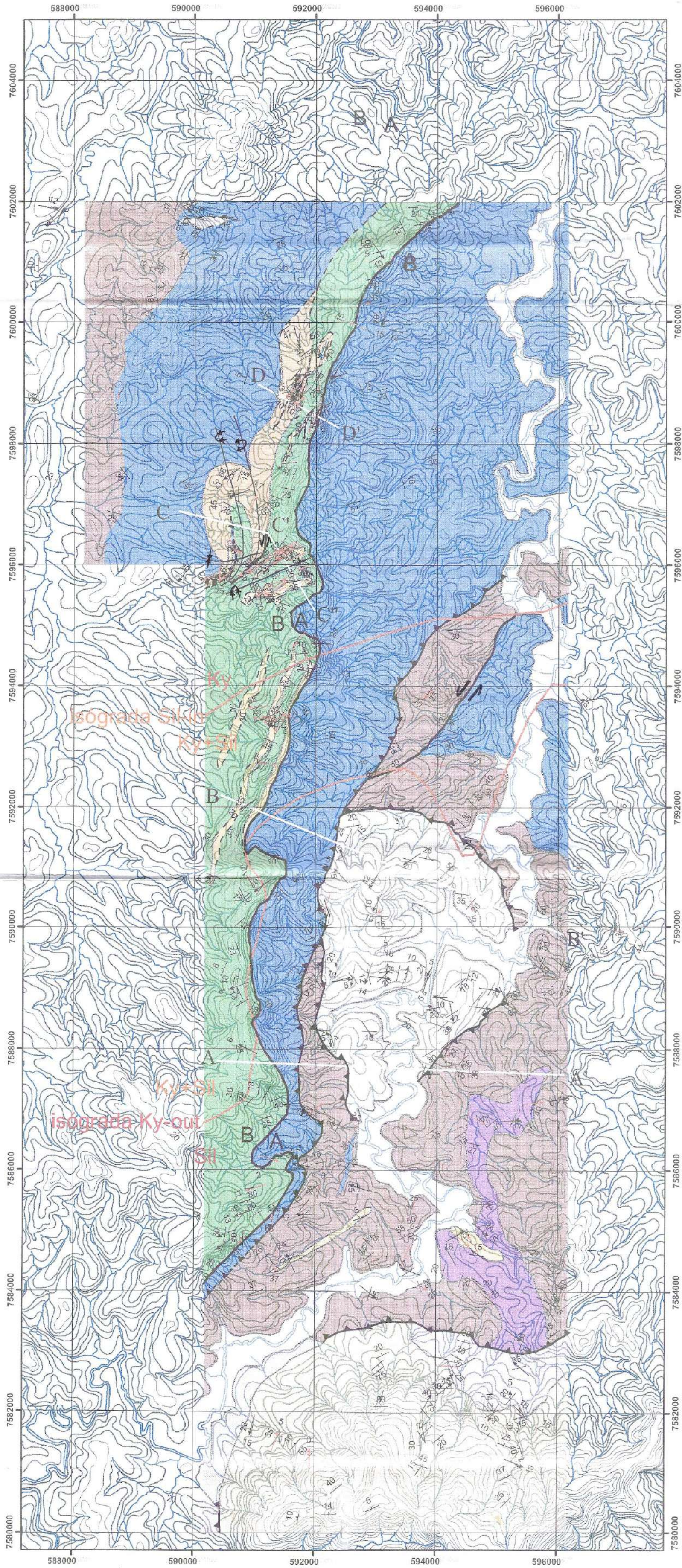


SERRA DA BOA VISTA, SUL DE M.G.

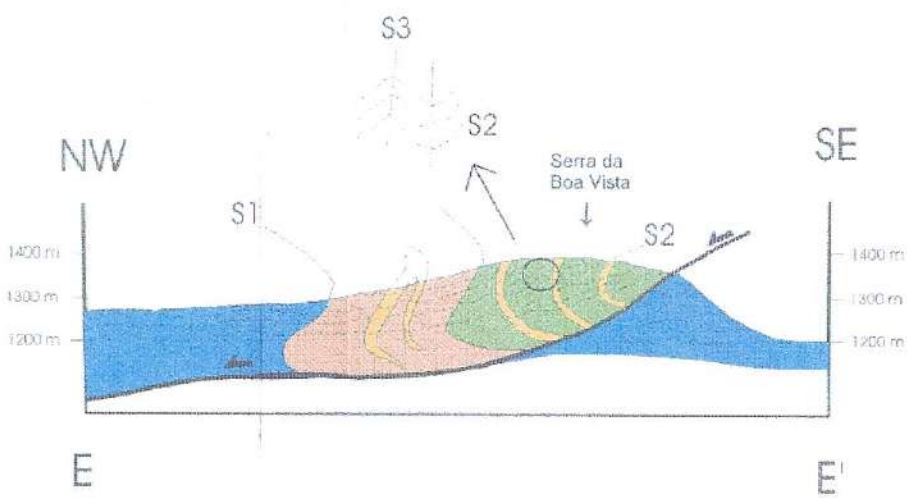
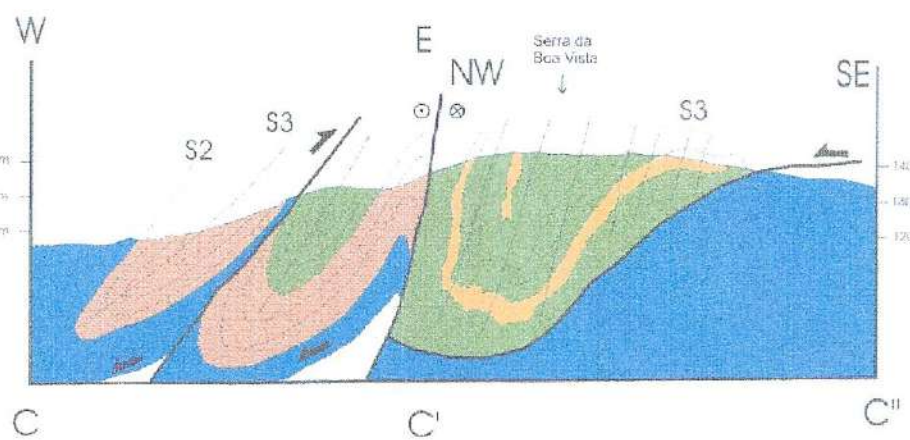
Trabalho de Formatura 05/2005

Carlos Henrique Tozzi de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Mário da Costa Campos Neto



0 1 2 3 4
Kilometers



aluvião

colúvio

Nappe Andrelândia

Nappe Lima Duarte

- Barras Quartzíticas: Ms quartzito, por vezes com Sil e/ou Ky, ortoquartzito grosso
- Sil/Ky-Grt-Bt Xisto c/ Intercalações de Quartzitos: Sil-Grt-Bt-Ms-Qtz xisto, Ky-Grt-Bt-Ms-Qtz xisto, Sil-Ky-Grt-Bt-Ms-Qtz xisto
- Ms Quartzito, Qtz-Ms Xisto
- Sil/Ky-Grt-Bt-Pl Xisto/Gnaiss Homogêneo (Xisto Santo Antonio): Sil-Grt-Bt-Pl-Qtz xisto, Grt-Sil-Bt-Pl-Qtz gnaiss, Sil-Ky-Grt-Bt-Pl-Qtz xisto
- Gnaisses: Ms-Bt gnaiss, Ms-Bt xisto, localmente com Grt; intercalações de cálcio-silicáticas
- Sil/Ky-Grt-Bt Xisto Porfiroblástico: Sil-Grt-Bt-Pl-Qtz xisto; Ky-Sil-Grt-Qtz xisto; Ms quartzito

Bt Gnaiss

Ortoquartzito

Substrato da Nappe Andrelândia

Ms Quartzito: mag-Ms quartzito, Mag-Qtz-Ms xisto, Bt-Ms xisto

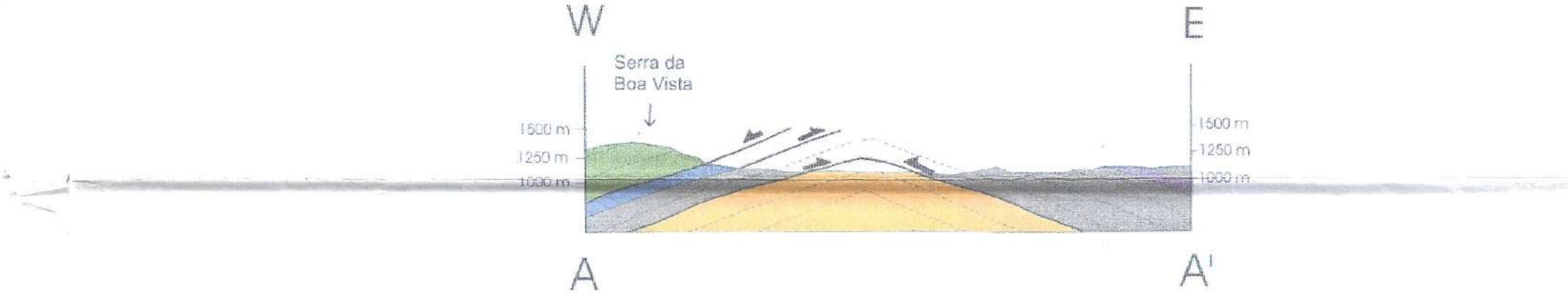
- cavalgamento
- cavalgamento inferido
- eixos
- falha normal
- contato inferido
- isógrada
- contato normal
- perfil
- falha transcorrente sinistral

Foliações

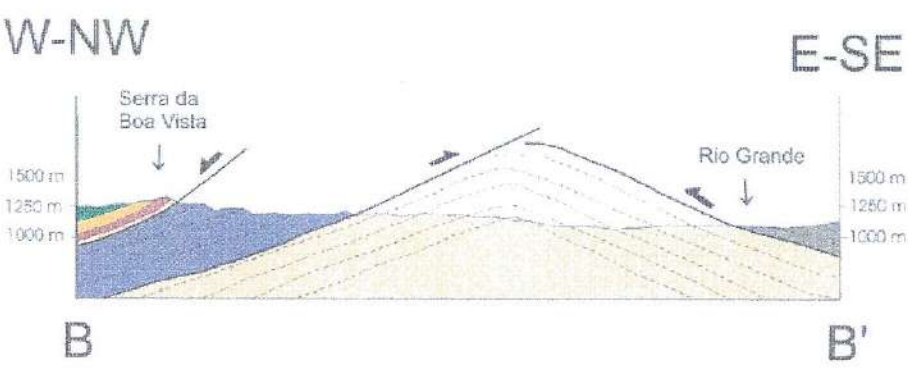
- S0 e S1
- S2
- S3

Lineações

- B1
- B3 e L3
- L_b
- L_min
- L2 e B2



O mapa e os perfis AA' e BB' estão em escala 1:50.000
Os perfis CC' e DD' estão em escala 1:12.500.



DOAÇÃO

IGC-USP

Data: *24/03/06*

ANEXO 3

Mapa Metamórfico



TF 05/2005

SEGMENTO CENTRO-NORTE
DA SERRA DA BOA VISTA,
NAPPE ANDRELÂNDIA,
SUL DO CRÁTON SÃO FRANCISCO:
ANÁLISE ESTRUTURAL
E METAMORFISMO

Carlos Henrique Tozzi de Oliveira

Mapa Metamórfico

Parageneses

- ky
- st-ky
- sil
- sil-ky
- st-sil
- st

