

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E METAMÓRFICA DA UNIDADE BIOTITA
XISTO, NA REGIÃO DE SÃO JOÃO DEL REI (MG)**

Mikaella Balis

Orientador: Prof. Dr. Mário da Costa Campos Neto

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF- 2015/ 41)

SÃO PAULO
2015

TF
B186
M.c

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



**CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E METAMÓRFICA DA UNIDADE BIOTITA
XISTO, NA REGIÃO DE SÃO JOÃO DEL REI (MG)**

Mikaella Balis

Orientador: Prof. Dr. Mário da Costa Campos Neto

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF- 2015/ 41)**

IGc-Instituto de Geociências



Caracterização estrutural e metamórfica da unidade biotit
xisto, na região de São João del Re
M26527

SÃO PAULO

2015

TF
B186
M.C



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E METAMÓRFICA DA UNIDADE EÓCICA
XISTO, NA REGIÃO DE SÃO JOÃO DEL REINO

Miguel Bello

Orlando Pires de Mello da Costa Campos Neto

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FOMENTURA

(TF 2012/10)

SÃO PAULO

2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu orientador, por toda paciência e conhecimento passado. Já aproveito para me desculpar por todas as corridas de última hora e transtornos. Foi uma experiência muito boa, apesar desse ano tão caótico.

Agradeço aos meus pais, por todo esforço, amor, dedicação e compreensão, para me garantirem um futuro melhor. À minha tia Lúcia por ter sido uma segunda mãe e, à sua família, por todo amor e carinho. À minha vó Orlanda, falecida em 2012, que faz muita falta. E, ao meu primo, Rafael Carvalho, falecido no acidente de Santa Maria.

Aos meus queridíssimos amigos da geologia: Victor Amadeus Tropiano Alem, Thomas Kenji Akabane, Tiago Manzollini, Mélton Swarley de Andrade Neto, Igor Haruiti Hirayama, Beatriz Hadler Boggiani, Beatriz Pontes Araújo, Adrianna Virmond, Eduardo Lopes, Bruno Gramulha, Lucas Castilho, Geovane Moreira Roque – meu companheiro no desespero, Ludmila Teixeira e quem mais eu tiver esquecido.

À Aline Krajuska, Tainá Noda. Ao Thiago Vieira, Alexandre Malerba, Jean Karlo, Hélio Bitencourt. Por vocês serem esses amigos inestimáveis.

À Gabriella Frugis por todas as dicas, ajuda e companhia em campo. Ao Caio Arthur Fofis, nosso eterno monitor, por toda ajuda e solidariedade.

Aos meus queridos chefes do IPT, Eduardo Quitete e Priscila Leal, e a todos os nossos colegas.

À minha nacionalidade, por proporcionar tantas piadas e bullying saudável (às vezes). E, por mais sádico que possa parecer, à crise da Grécia, que, mesmo de uma forma ruim, me trouxe até aqui.

Θέλω να αφιερώσω αυτό το δίπλωμα στην ελληνική μου οικογένεια και στους φίλους μου, που τόσο μου λείπουν.

E, acima de tudo, agradeço a Zeus.

RESUMO

A região sul-sudeste de Minas Gerais compreende a borda sul do Cráton São Francisco, que é delimitado pelo Orógeno Brasília meridional. A migração do orógeno em direção ao cráton gera erosão das pilhas sedimentares neoproterozoicas e resulta em depósitos ediacaranos tipo-*flysch*, recorrentes na *Nappe* Andrelândia, composta por *metawackes* e metapelitos.

A área de estudo é situada no domínio dos *metawackes*, entre São João Del Rei e Barbacena (MG). Segundo Noce (1987) e Paciullo (2000), o biotita xisto da região é tido como a unidade autóctone mais jovem da sequência sedimentar, enquanto Ebert (1968) sugere que o biotita xisto, correlato à Formação Carandaí basal, foi recolocado a níveis superiores por empurrões.

O biotita xisto (Xisto Santo Antônio), como unidade alóctone da *Nappe* Andrelândia, apresenta metamorfismo homogêneo de fácies xisto verde por toda sua extensão e registra assinatura geoquímica tipo-wacke, tal qual o biotita xisto sobreposto ao Grupo Carrancas o metamorfismo regional do tipo Barroviano aumenta de norte para sul, como observado no domínio dos *metawackes* de São João Del Rei a Andrelândia.

A pilha metassedimentar de São João Del Rei revela, ao menos, três fases de deformação (D1, D2, D3) e pico metamórfico sin-D2 em fácies xisto verde, zona da biotita ($T \sim 500^{\circ}\text{C}$). Feições estruturais macro e microscópicas registram evento cinemático de orientação nordeste-sudoeste associado ao cavalgamento do embasamento sobre os metassedimentos, que desenvolveu uma deformação transpressiva com dobramentos vergentes para nordeste sin-D2.

Dados estruturais e das condições metamórficas auxiliam na reconstrução da deformação que resultou na discordância e nos dobramentos da unidade do biotita xisto (*metawackes*) sobre os metapelitos de São João Del Rei.

ABSTRACT

The southern-southeastern area of Minas Gerais comprehends the southern border of the São Francisco craton delimited by the South Brasília orogen. The orogen migration caused erosion of the neoproterozoic sedimentary piles and resulted into ediacaran flysch-type deposits that occur within the *Andrelândia Nappe*, composed by metawackes and metapelites.

The study area is located in the metawackes domain, between São João Del Rei and Barbacena (MG). For Noce (1987) and Paciullo (2000), the biotite schist in this area is known as the youngest autochthonous unit of the São João Del Rei Group sedimentary sequence, whereas Ebert (1968) suggests that the Carandaí Formation-correlated-schist has been relocated to higher levels by thrusts.

The biotite schist (Santo Antonio Schist), as an allochthonous unit of the *Andrelândia nappe*, presents homogeneous greenschist-facies metamorphism throughout its extension and registers *wacke*-like geochemical signature, as well as the biotite schist upon the Carrancas Group. The regional barrovian-type metamorphism increases from north to south, such as observed in the metawacke unit from São João Del Rei to Andrelândia.

The sedimentary pile of the São João Del Rei Group reveals, at least, three deformation events (D1, D2, D3) and D2-peak metamorphism at greenschist-facies, biotite zone ($T \sim 500^{\circ}\text{C}$). Macro and microscopic structural features register a northeast-southwest kinematic event related to the basement thrust that developed a transpressional deformation which builds up northwest-vergent tight D2 folds.

Metamorphism facies conditions and structural data help rebuild the deformation that resulted into the biotite schist folds and thrusting upon the São João Del Rei metapelitic formations.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3.	OBJETIVOS	4
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
5.	DESCRIÇÃO DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	6
5.1.	Formação Rio Elvas (metawackes).....	6
5.2.	Formação Prados (Xisto grafitoso).....	13
5.3.	Formação Barroso (Xisto calcífero e calcário)	17
6.	ANÁLISE ESTRUTURAL.....	22
6.1.	Fase de deformação regional D2	22
6.2.	Fase de deformação D3.....	28
6.3.	Projeções estereográficas e considerações.....	33
7.	METAMORFISMO	40
7.1.	Metawackes	40
7.2.	Xisto grafitoso	44
7.3.	Xisto calcífero.....	45
8.	CONCLUSÕES.....	47
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

Anexos:

- Mapa de pontos
- Seções geológicas A, B, C e D
- Tabela de pontos
- Fichas petrográficas

1. INTRODUÇÃO

A complexidade estrutural da borda sul do Cráton São Francisco é relacionada com a delimitação frontal com o Orógeno Brasília meridional, que é constituído por um sistema de *nappes* neoproterozoicas. O fechamento do paleoceanos Goianides resultou em vários processos orogênicos e provocou a exumação de sedimentos pelágicos. O sistema de Nappes Andrelândia representa o terreno subductado sob o bloco Paranapanema durante a colisão com a placa São Francisco. O segmento da *Nappe* Andrelândia é constituído por uma sequência metapsamítica-pelítica e de *metawackes*. (Campos Neto et al., 2007).

Neste domínio, os *metawackes* são representados por um litotipo simplificado denominado de biotita xisto. O biotita xisto é uma unidade alóctone que se estende de Andrelândia a Carrancas, onde ela cavalga o Grupo Carrancas.

Na região de São João Del Rei, Ebert (1968) observou a ocorrência de um biotita xisto (grauvaca conglomerática) que denominou de Formação Rio Elvas e sugeriu que a unidade não se encontra em uma posição de empilhamento normal, já que ela seria correlata à Formação Carandaí, definida como base do Grupo São João Del Rei, demarcado na Figura 1. A estratigrafia do Grupo São João Del Rei desenvolvida por Ebert (1968) é constituída, da base para o topo, da Formação Carandaí (grauvacas conglomeráticas) correlata à Formação Rio Elvas (mica xistos, filitos e grauvacas), Formação Barroso (calcários e cálcio-xistos e filitos) e Formação Prados (metassiltitos listrados) e utilizada como base para a reconstrução deformacional da área.

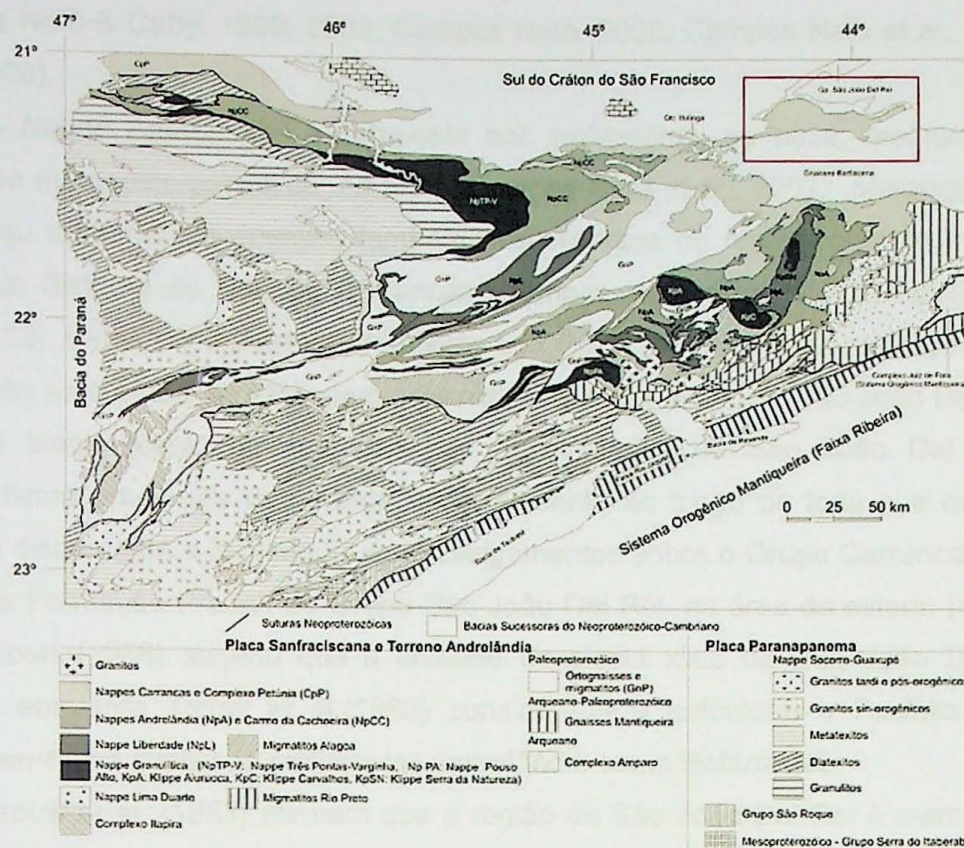


Figura 1: Mapa tectônico da infraestrutura do sistema de *nappes* a sul da borda do Cráton São Francisco, com destaque da localização da área de estudo, na região do Grupo São João Del Rei. Extraído de Campos Neto et al. (2007).

Estudos posteriores definem a unidade como autóctone da sequência metassedimentar do Grupo São João Del Rei (Trouw et al., 1983; Noce, 1987). As condições metamórficas de fácies xisto verde e infraestrutura de dobramentos apertados dispostos sobre os metapelitos da Formação Prados e Barroso mostram inconsistências na correlação estratigráfica proposta por eles.

Os *metawackes* apresentam condições metamórficas de fácies xisto verde uniformes por toda sua extensão e foram transportados por distâncias quilométricas, o que sugere que a unidade do biotita xisto de São João Del Rei seja parte constituinte dos *metawackes* da Nappe Andreelândia.

2. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

A borda sul do Cráton São Francisco é caracterizada por uma complexidade estrutural devido ao limite frontal do orógeno Brasília meridional, da Província Tocantins. O orógeno Brasília meridional é produto da colisão da placa São Francisco (margem passiva) com o bloco Paranapanema (margem ativa) e caracterizado por uma pilha de *nappes* neoproterozoicas. A pilha é composta pela *Nappe* Socorro-Gauxupé com afinidades de raiz de arco magmático; Sistema de *Nappes* Andrelândia, terreno subductado sob o bloco Paranapanema e alóctone sobre o Sistema de *Nappes* Carrancas da placa São Francisco

(Campos Neto & Caby, 1999; 2000, Campos Neto, 2000; Campos Neto et al., 2004; Trouw et al., 2000).

A *Nappe* Andrelândia é composta por metapelitos, na base, *metawackes* e uma sequência metapelito-psamítica, no topo (Campos Neto et al., 2007). *Metawackes* de mais baixo grau metamórfico ocorrem também, discordantes ou tectonicamente imbricados no interior do Sistema de Nappes Carrancas (Campos Neto et al., 2011; Westin e Campos Neto, 2013). Estes consistem em depósitos tipo *flysch* resultantes da migração do orógeno em direção ao cráton e se estendem para nordeste até a região de São João Del Rei.

O biotita xisto compreendido nas proximidades de São João Del Rei registra metamorfismo em fácies xisto verde uniformemente ao longo de toda sua extensão e se encontra discordante e localmente em cavalgamentos sobre o Grupo Carrancas a sudoeste e sobre a Formação Prados do Grupo São João Del Rei, na área de estudo (Ribeiro et al., 2013). Ebert (1968) sugeriu que a unidade do biotita xisto de São João Del Rei fosse alóctone enquanto Trouw et al.(1983) consideram-na autóctone e Paciullo et al.(2000) introduzem-na na sucessão sedimentar Andrelândia como litofácies A5.

Trouw et al. (1983) afirmam que a região de São João Del Rei é marcada por uma discordância regional (i) o embasamento arqueano-paleoproterozoico, onde se descrevem remanescentes de *greenstone belts*, que consiste numa porção do Cráton São Francisco, e (ii) as megassequências proterozoicas São João Del Rei, Carandaí e Andrelândia (Ribeiro et al., 2003b).

A discordância regional faz-se consistente visto o lapso temporal entre a sedimentação da bacia de São João Del Rei (Calimiano) e o sobreposto diamictito de Carandaí (Ectasiano). Idades mais jovens devem refletir registros metamórficos do Neoproterozoico a partir das faixas Ribeira/Araçuaí (Ribeiro et al. 2013).

Noce (1987) reconhece três fases de deformação na região, sendo as fases D₁ e D₂ de deformação progressiva. A fase D₁ é caracterizada por clivagem ardosiana, o que infere baixo grau metamórfico. A fase D₂ é designada por clivagem de crenulação, lineações e as principais dobras, e constitui o metamorfismo principal regional. Já a fase D₃ ocorreu menos intensamente, gerando crenulações, dobras abertas e ondulações, e uma clivagem espaçada de ocorrência restrita. A foliação regional é representada, nos xistos, por uma xistosidade ou clivagem de crenulação e mergulha predominantemente para SSE, em torno de 30°.

A estratigrafia das unidades litológicas da base ao topo, como definida por Noce (1987), é dada por: (a) Formação Tiradentes (quartzitos, conglomerados e filitos); (b) Filitos pretos e grafíticos; (c) Filitos, cálcio xistos e lentes de calcário; (d) Filitos cinzas, quartzo-biotita-muscovita xistos e quartzitos e (e) biotita xistos, sendo os dois últimos pertencentes à Formação Rio Elvas, termo definido por Ebert (1968).

3. OBJETIVOS

O projeto visou caracterizar a unidade biotita xisto, denominada de Formação Rio Elvas, considerada unidade autóctone por Noce (1987), nos âmbitos estrutural e metamórfico para estabelecer a natureza do contato litológico desta com as unidades adjacentes (Formação Prados e Barroso). A sugestão de um contato tectônico desta unidade com os metapelitos grafitosos e carbonáticos surgiu com Ebert (1968).

A pesquisa deste trabalho de formatura foi baseada na coleta de dados estruturais e amostras para análises estrutural e metamórfica, através de petrografia e tratamento dos dados estruturais em projeções estereográficas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está contida nas folhas Tiradentes, Barbacena, Piedade do Rio Grande e Ibertioga (IBGE, 1975 e 1976), na escala de 1:50.000, que articuladas fornecem uma área em torno de seiscentos quilômetros quadrados, tendo como principal via de acesso a Rodovia Miguel Batista (BR-265) (Figura 2). Foram utilizadas as cartas topográficas dos municípios (IBGE, 1975 e 1976) e a junção de imagens aéreas pelo serviço Google Satellite no software Quantum GIS 2.10, para localização durante os trabalhos de campo.

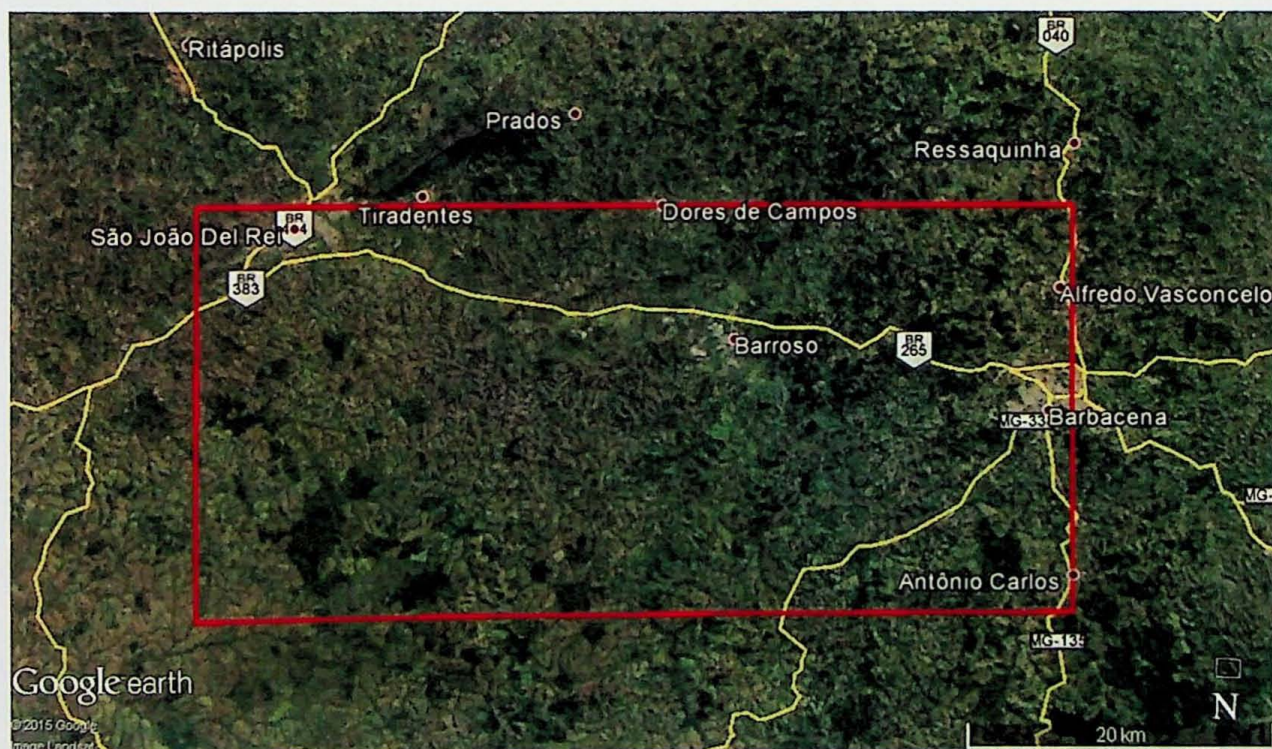


Figura 1: Localização da área de estudo.

Foram realizadas duas etapas de trabalhos de campo (11 a 15 de maio e 04 a 06 de outubro) para coleta de dados estruturais e amostras, ao longo de quatro seções geológicas (A, B, C e D - ver Anexos).

A análise estrutural, em escala macroscópica, baseia-se na obtenção de dados de atitude e observação de superimposição de estruturas, seguindo a metodologia de Ramsay & Huber (1984, 1987) e Fossen (2010). Os dados estruturais obtidos são tratados em projeções estereográficas Schmidt, pelo software gratuito OpenStereo.

Na análise petrográfica, a identificação de diferentes associações e fases minerais, texturas e microestruturas registradas na rocha é de grande importância, visto que esses dados fornecem informações consistentes a respeito das condições metamórficas às quais a rocha foi submetida, tal qual a natureza e sequência das fases de deformação, em escala microscópica.

O metamorfismo será estimado através do uso de grades petrogenéticas, como as apresentadas por Spear (1995) e Vernon e Clarke (2008). A análise microtectônica foi baseada na observação das relações de crescimento dos minerais, orientação e fatores cinemáticos, como abordados em Passchier e Trouw (1996). As abreviações dos minerais, quando utilizadas, são baseadas em Kretz (1983).

As seções geológicas, fotos e figuras foram desenhadas e editadas no Adobe Photoshop CC 2015. O mapa de pontos foi gerado pelo Quantum GIS 2.10. As fotomicrografias foram obtidas em microscópio Leica DM 4500P com software de auxílio LAS v.4.2.(Instituto de Pesquisas Tecnológicas).

5. DESCRIÇÃO DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

5.1. Formação Rio Elvas (metawackes)

A Formação Rio Elvas, como definido por Ebert (1968), é representada mica xistos que afloram numa área que se estende de São João Del Rei a Barbacena (MG) e foi considerada parte constituinte do Grupo São João Del Rei. Estes metassedimentos possuem uma composição mineralógica com expressiva ocorrência de feldspato detrítico (origem sedimentar) e de grânulos líticos de composição granítica. Rochas semelhantes na região de Carrancas possuem uma assinatura geoquímica tipo *wacke* (Coutinho, 2012; Westin e Campos Neto, 2013).

A unidade representativa dos *metawackes* é simplificada denominada de biotita xisto. Este mostra uma composição mineralógica variada e intercalações rítmicas de estratos de composições diferentes. É uma rocha de granulação fina, melhor representada pela associação mineralógica de quartzo± plagioclásio+ biotita+ clorita+ muscovita e pode, eventualmente, apresentar níveis carbonáticos e grafitosos, além da comum ocorrência de opacos prismáticos dispostos como agulhas milimétricas. Os minerais acessórios mais comuns são epidoto, apatita, zircão e titanita; esta última quase sempre associada aos opacos (ilmenita?).

Os afloramentos da área foram sujeitos a intenso intemperismo dificultando, em parte, o reconhecimento dos diferentes litotipos desta unidade. Afloramentos frescos são locais e exibem estruturas deformacionais muito diagnósticas das fases de deformação (Figura 2). Nos afloramentos intensamente alterados, a identificação mineralógica foi baseada nas cores de alteração que as principais fases minerais atribuem aos bandamentos: níveis de alteração cinza esverdeados (muscovita, clorita e biotita), lâminas milimétricas arroxeadas (presença de grafita), esbranquiçados (quartzo e plagioclásio), ocre (presença de carbonato) e, eventualmente, pretos (óxido de manganês). Os níveis de alteração permitem observar uma constante gradação, variação de espessura e ocorrência das bandas, tendo como principais variações as ocorrências de níveis grafitosos e carbonáticos, sendo os grafitosos sempre presentes em proporções diferentes e, os carbonáticos, de ocorrência heterogênea.

O biotita xisto é caracterizado por uma foliação metamórfica S2 milonito/blastomilonítica, tipicamente crenulada com arranjos em par S-C e anastomosada. Os bandamentos rítmicos resumem-se a (i) bandas félsicas definidas por venulações e bolsões de quartzo de granulação fina (1 mm) e bandas metareníticas granoblásticas de quartzo e plagioclásio de granulação muito fina (0,3 a 0,5 mm) e (ii) bandas máficas, de textura lepidoblástica compostas predominantemente de clorita, biotita e muscovita e, secundariamente, de quartzo e plagioclásio, além de lâminas exclusivamente micáceas. Localmente, a presença de bandas granoblásticas com quartzo acinzentado é evidência de recristalização em zonas de dilatação de porções intensamente crenuladas.

Localmente, a presença de bandas granoblásticas com quartzo acinzentado é evidência de recristalização em zonas de dilatação de porções intensamente crenuladas.

A unidade apresenta dois litotipos principais: (a) Carbonato-(grafita)-(plagioclásio)-biotita-clorita-muscovita-quartzo xisto (Figura 4), uma rocha de coloração cinza escura que pode apresentar, apenas, até 5% de plagioclásio nas bandas granoblásticas de granulação muito fina ou como porfiroclastos, e (b) Grafita-biotita-clorita-muscovita-plagioclásio-quartzo xisto (Figura 5), uma rocha de coloração cinza clara com bandamentos félsicos muito mais expressivos, ocorrência de plagioclásio em torno de 25% em bandas granoblásticas e como porfiroclastos, e sem ocorrência de carbonatos.

As bandas granoblásticas mostram textura seriada com pelo menos duas modas de granulação. As vênulas de granulação fina evidenciam os processos de migração de borda de grãos à recristalização estática, com cristais de quartzo e plagioclásio em contatos retilíneos, com fábrica de forma paralela à foliação. Ocorrem comumente sob a forma de *ribbons* intercalados por filetes de biotita e clorita, de geração sin-S2 (Fotomicrografia 1). Por outro lado, as porções de granulação muito fina estão contidas em estruturas de fases precoces, como bandamento diferenciado e microlithons com crenulações da S1 preservadas (Fotomicrografia 2). No geral, apresentam processos de recristalização do quartzo, onde competem rotação de subgrãos e migração de borda de grãos.

A orientação da rocha é destacada pelas lâminas (associação clorita+biotita+muscovita), onde clorita e biotita definem o plano de foliação principal, S2. A predominância de clorita e sua presença em núcleos envoltos de biotita sugerem que a formação de biotita é posterior e originada por reações metamórficas entre as duas fases. Uma geração pós-cinemática de biotita também ocorre em cristais prismáticos quase ortogonais à foliação S2 e sobrecrecidos a ela (Fotomicrografia 3). A clorita também pode apresentar uma geração relacionada às clivagens de crenulação discreta, ou formando sombras de pressão de porfiroclastos manteados.

É comum a ocorrência de bandas constituídas predominantemente de muscovita e, geralmente, acompanhadas de lâminas de grafita. A granulação muito fina torna difícil a individualização dos cristais, dando um aspecto filítico às bandas. *Microlithons* de muscovita são, de modo geral, submilimétricos (< 0,2 mm) e oblíquos à foliação preservando crenulações da S1 pela D2, que são acompanhadas de lâminas de quartzo e plagioclásio de granulação muito fina. Estas bandas podem ter sido desenvolvidas por deformação não coaxial, dominadas por microestruturas S-C e delineiam crenulação zonal (Fotomicrografia 4). Uma segunda geração de muscovita pós-D2 e oblíqua à S2, também é observada, porém, em menor frequência.

Os porfiroclastos, tipicamente amoldados pela foliação S2, são, na maioria, formados por cristais de plagioclásio geminados (andesina) e cristais de quartzo, com bordas fraturadas. São micropoiquiloblásticos com inúmeras inclusões desorientadas de minerais

como zircão, epidoto, apatita, clorita e muscovita, sugerindo origem pré-cinemática. Em algumas porções, os porfiroclastos de plagioclásio podem exibir a geminação polissintética deformada (Fotomicrografia 5). Geralmente, definem indicadores cinemáticos assimétricos do tipo δ com sombras de pressão formadas por clorita e biotita que descrevem, como na Fotomicrografia 6, movimentação anti-horária. Ainda, os porfiroclastos podem ser constituídos de agregados de quartzo na forma de bolsões e fragmentos graníticos com ocorrência de pertitas (Fotomicrografia 7 e Fotomicrografia 8). Porfiroclastos de apatita e epidoto com corona de clinozoisita de até 0,5 mm também são observados (Fotomicrografia 9 e Fotomicrografia 10).

Os níveis com presença de carbonatos ocorrem em bandas granoblásticas, onde os cristais de esparita são descritos como intersticiais de contatos irregulares, provavelmente devido ao comportamento reológico dos carbonatos que permite recristalização a partir de temperaturas baixas (Fotomicrografia 11).

Há porções, localmente, com crenulações bastante apertadas que podem resultar em feições como colapso de charneira, onde é observado acúmulo de cristais de biotita e clorita formando arcos poligonais (Fotomicrografia 13 e Fotomicrografia 14).

Outras porções registram evidências de uma terceira fase de deformação (D3) representada por figuras de interferência em laço e dobra em bainha seccionada transversalmente com bandamento interno crenulado pela D3. Nestas estruturas, há cristais de biotita oblíquos à biotita sin-S2 e orientados, possivelmente, segundo o que seria o eixo de maior esforço da fase D3. Além disso, em algumas bandas lepidoblásticas de muscovita e grafita crenuladas observam-se *microlithons* de biotita com crescimento segundo o plano de clivagem S3.

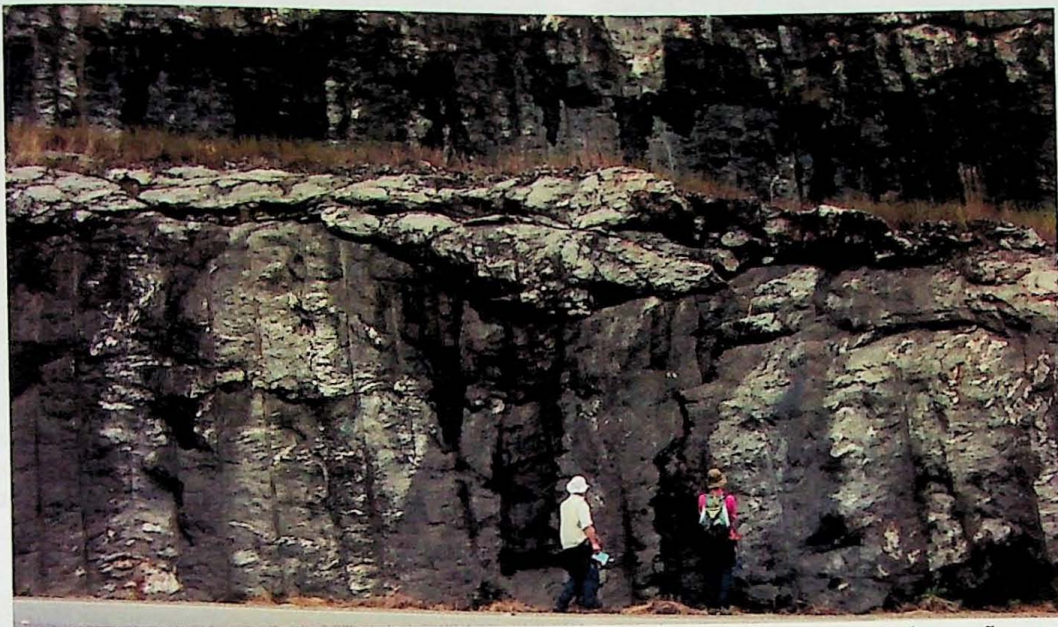


Figura 2: (C-572) Alforamento fresco da unidade do biotita xisto com intensa deformação que registra as fases D1, D2 e D3. O paredão descreve um padrão de veios e vênulas de quartzo dobradas, dobras intrafoliais e parasitas, *boudins* e bandas de cisalhamento.

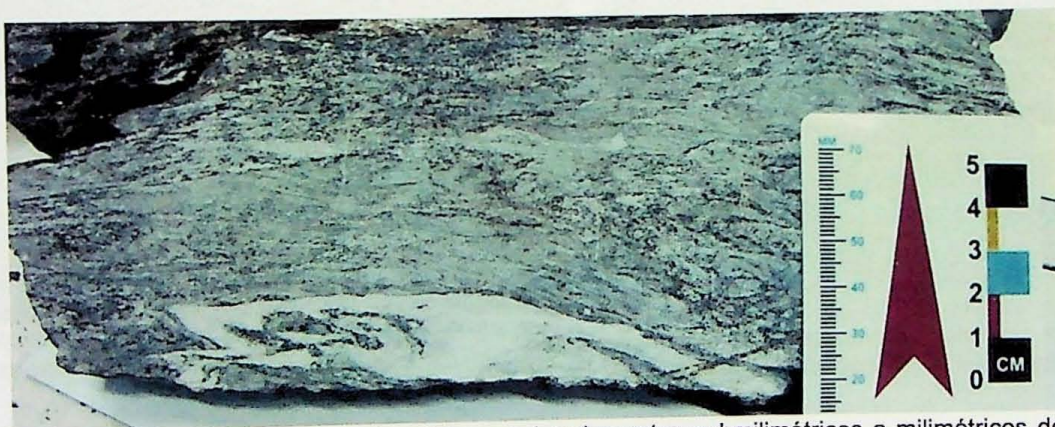


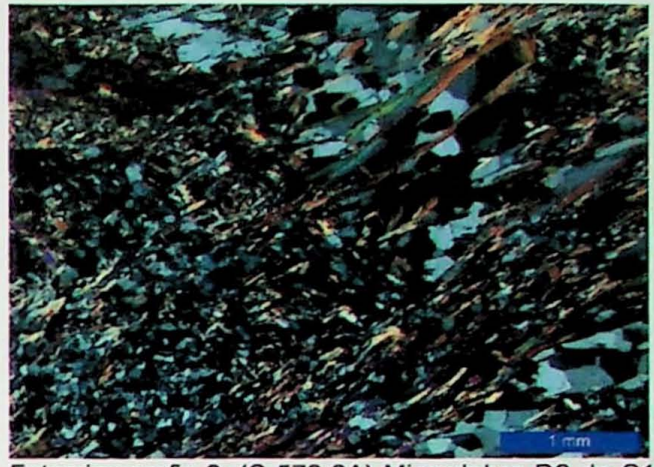
Figura 3: (C-572-2) Biotita-quartzo xisto com bandamentos submilimétricos a milimétricos de quartzo e plagioclásio, biotita, clorita e muscovita. Bandas crenuladas com preservação de foliações anteriores e dobras intrafoliais que concentram lâminas de biotita sin-S2.



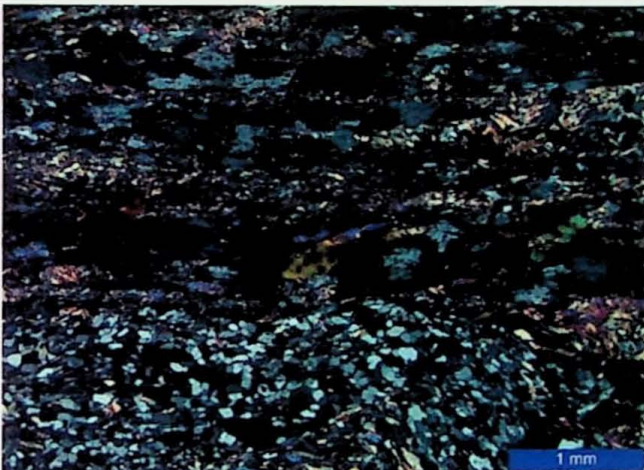
Figura 4: (C-584 A) Biotita-muscovita-quartzo-plagioclásio xisto com espessos bandamentos félsicos intensamente redobrados mostrando crenulações de foliações anteriores preservadas de plano axial sin-S2 demarcado por concentrações de biotita.



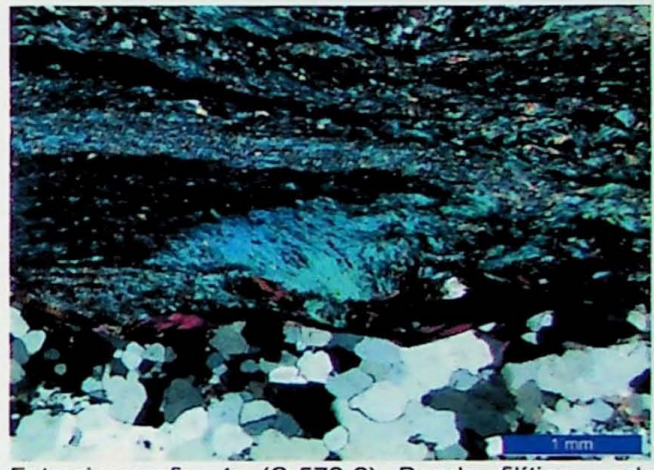
Fotomicrografia 1: (C-572-4) Ribbons de quartzo delimitados por cristais estirados de biotita e clorita intercalados por bandas de quartzo de granulação mais fina.



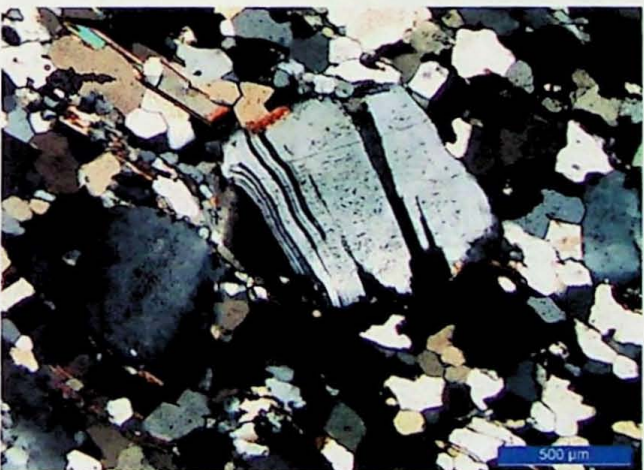
Fotomicrografia 2: (C-572-2A) Microdobra D2 da S1 (banda composta de quartzo, plagioclásio e muscovita submilimétricos) e cristais finos de biotita, quartzo e plagioclásio plagioclásioano-axiais, isto é, sin-S2.



Fotomicrografia 3: (C-572-2) Cristais de biotita pós-cinemática quase ortogonais à foliação S2.



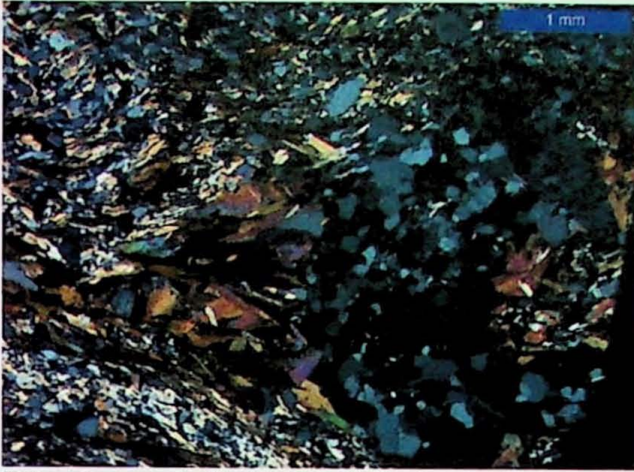
Fotomicrografia 4: (C-572-2) Banda filítica onde predomina uma muscovita muito fina demarcando uma foliação anastomosada e formando estruturas do tipo par S-C.



Fotomicrografia 5: (C-598 BII) Porfiroclasto de plagioclásio com geminação deformada. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 6: (C-584 B) Porfiroclasto de plagioclásio com movimentação anti-horária, no sentido contrário ao da lineação de estiramento mineral obtida em campo. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 7: (C-572-2) Porfiroclasto de seixo granítico com ocorrência de pertita e sombra de pressão preenchida por biotita. Polarizadores cruzados.



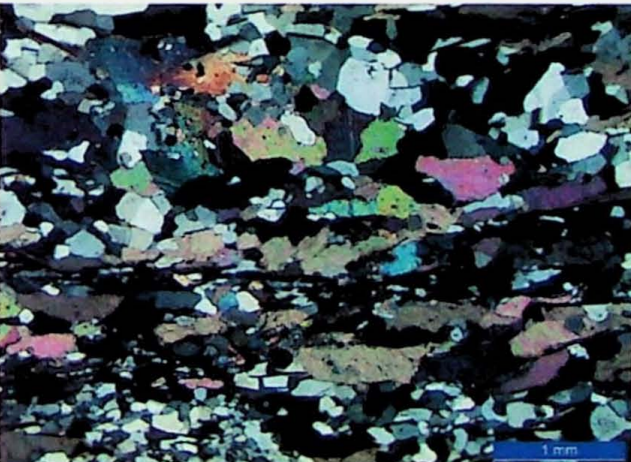
Fotomicrografia 8: (C-586 A) Porfiroclasto de agregado de quartzo e mesopertita. Polarizadores cruzados.



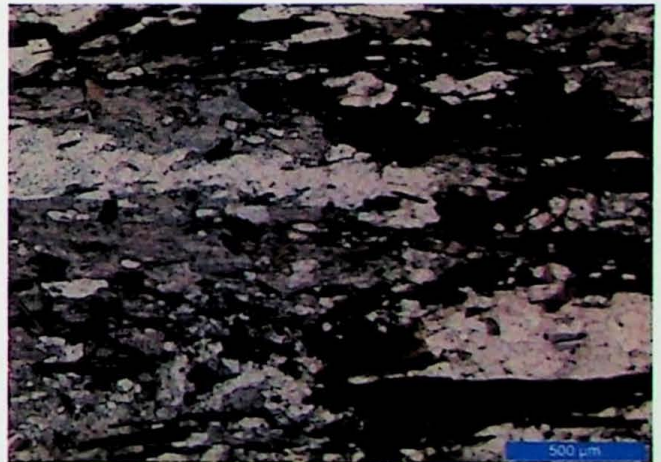
Fotomicrografia 9: (C-584 B) Porfiroblasto de epidoto com corona de zoisita e sombra de pressão de muscovita sin-cinemática, em banda lepidoblástica de muscovita e grafita. Polarizadores cruzados.



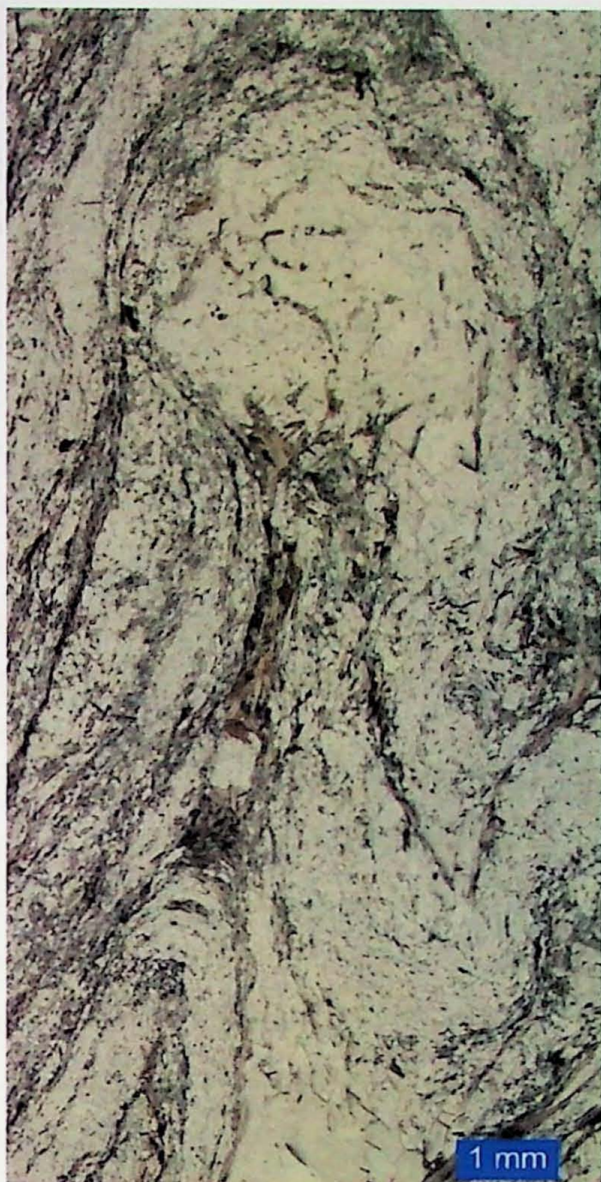
Fotomicrografia 10: (C-584 A) Porfiroblasto de epidoto com extinção anômala e sombra de pressão de muscovita em banda lepidoblástica. Polarizadores cruzados.



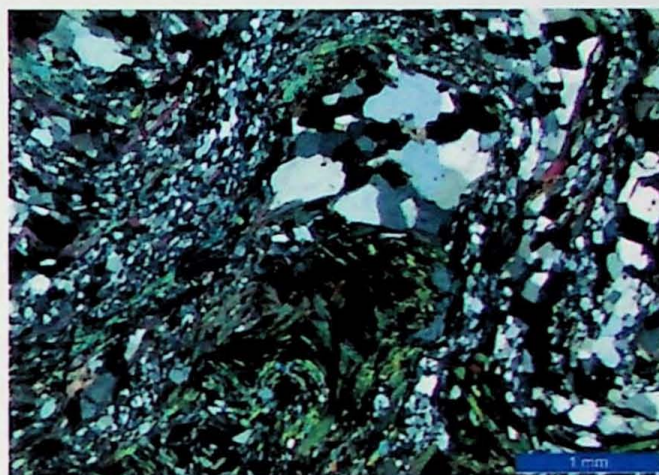
Fotomicrografia 11: (C-572-2) Banda granoblástica com presença de nível carbonático intersticial. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 12: (C-584 A) Cristais de biotita e muscovita sin-S2 com possíveis (duvidosas) ocorrências de cloritoide em ripas finas sin-S2. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 13: (C-572-3) Colapso de charneira com acúmulo de cristais de biotita na zona mais apertada da dobra. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 14: (C-574-2) Colapso de charneira com acúmulo de cristais de biotita e clorita na zona mais apertada da dobra. Polarizadores descruzados e cruzados, respectivamente.

5.2. Formação Prados (Xisto grafitoso)

A Formação Prados foi originalmente introduzida por Eber (1956a) e definida como uma unidade composta de xistos e filitos argilosos listrados cinza escuros com níveis avermelhados e outros esbranquiçados (Noce, 1987). A formação desenha uma topografia de morros suaves e aplainada, com maiores ocorrências que aquelas sugeridas por Noce (1987).

A unidade é representada por metapelitos arroxeados grafitosos de granulação muito fina descritos por afloramentos intensamente intemperizados com eventuais níveis avermelhados e bandas metareníticas de espessuras que variam de expressivas (centimétricas) a lâminas milimétricas e vênulas de quartzo dobradas amoldadas pela foliação (Figura 6). A granulação muito fina da unidade dificulta a identificação precisa da mineralogia em escala macroscópica somada à elevada alteração intempérica em que estas rochas se encontram.

Em diversos afloramentos, o pacote grafitoso ocorre interdigitado com níveis de cor de alteração ocre centimétricos (Figura 7). Tal cor de alteração é típica de minerais carbonáticos e assume-se que sejam interdigitações resultantes de sequência de fácies sedimentar entre a Formação Prados e Barroso, esta caracterizada por lentes equidimensionais de mármore (Ebert, 1956b).

Em escala macroscópica, o bandamento composicional é caracterizado por bandas arroxeadas a cinza escuras constituídas predominantemente de muscovita e grafita com aspecto de filito. As bandas metareníticas são constituídas por uma mineralogia quartzo-feldspática de comportamento friável e grãos de areia muito fina e mal selecionados. Eventuais níveis avermelhados são devidos à presença de óxidos de ferro. As bandas filíticas grafitosas ocorrem em espessuras expressivas e predominam na rocha (Figura 8).

A rocha possui textura lepidoblástica, sendo composta principalmente por muscovita (50%) de granulação muito fina, quase filítica, acompanhada de abundante grafita (até 35%) e associada a uma alteração escura avermelhada (talvez originada por óxido de ferro). A foliação é anastomosada e disposta em estruturas de par S-C e S-C' (bandas extensionais de cisalhamento), com clivagem espaçada sin-S2 e *microlithons* de muscovita sigmoidais de uma foliação pré-S2, provável S1 (Fotomicrografia 15 e Fotomicrografia 16).

As clivagens de crenulação não são demarcadas por fases minerais distintas. Apesar disso, ocorre geração de biotita pós-cinemática sobrecrecida e ortogonal à foliação (Fotomicrografia 17). Esta, é observada localmente em zona de charneira de microdobra orientada segundo o plano axial da crenulação. Já, a muscovita de geração pós-cinemática é abundante e bem distribuída (Fotomicrografia 18).

Bandas granoblásticas, compostas principalmente por cristais de quartzo de granulação fina, são escassas e, possivelmente, foram geradas durante a fase de

deformação D3, pois encontram-se, localmente, em zona axial de dilatação da microdobra (ver item 3.2, Fotomicrografia 36).

Geralmente, porfiroblastos de opacos prismáticos, a princípio definidos como ripas de cloritoide em campo, estão homoganeamente distribuídos na rocha e sobrecrecidos à foliação sem deformá-la (Fotomicrografia 19).

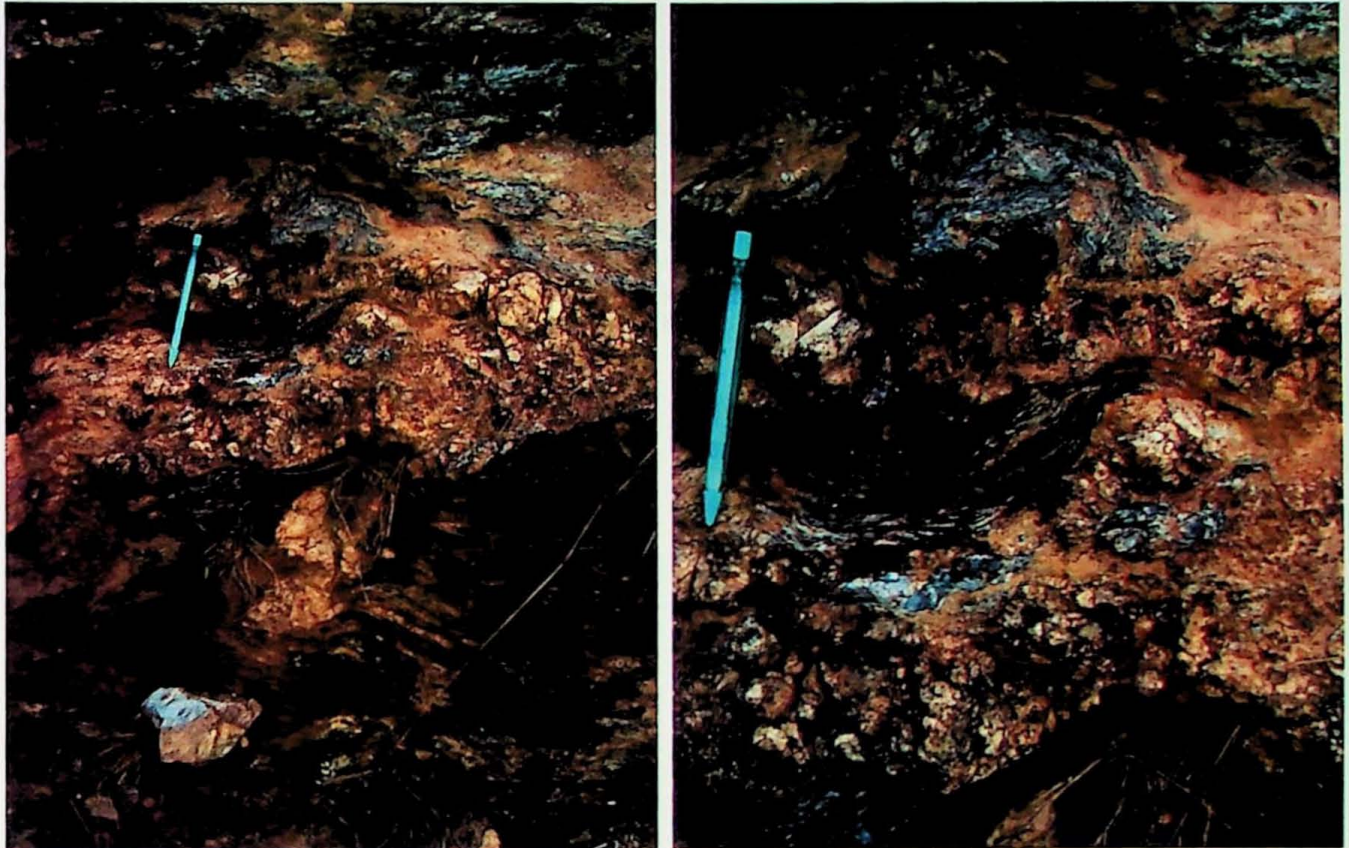


Figura 6: (C-612) Grafita-muscovita-quartzo xisto com veios de quartzo de granulação grossa amoldados pela foliação.



Figura 7: (C-603) Xisto grafitoso com intercalações de bandas ocre de ocorrência muito comum nos afloramentos da região.

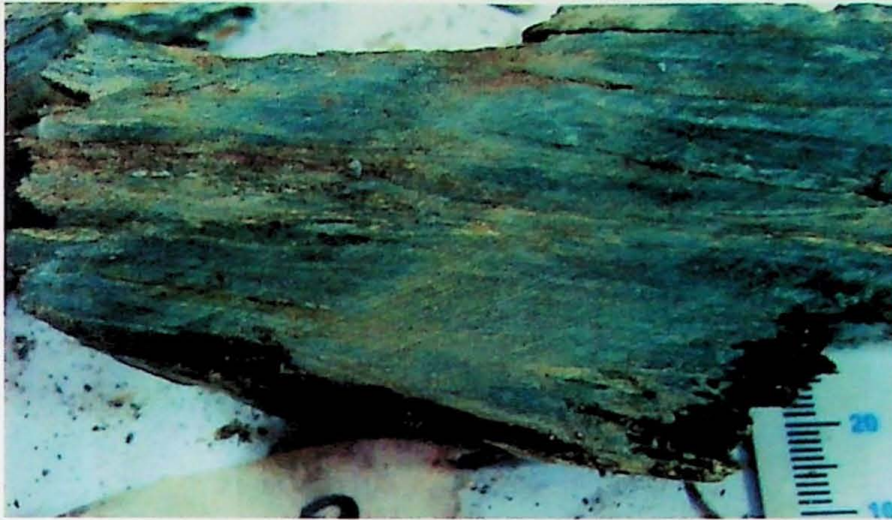
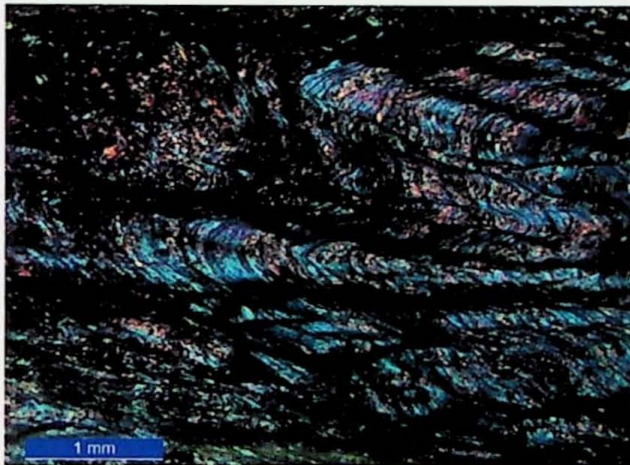


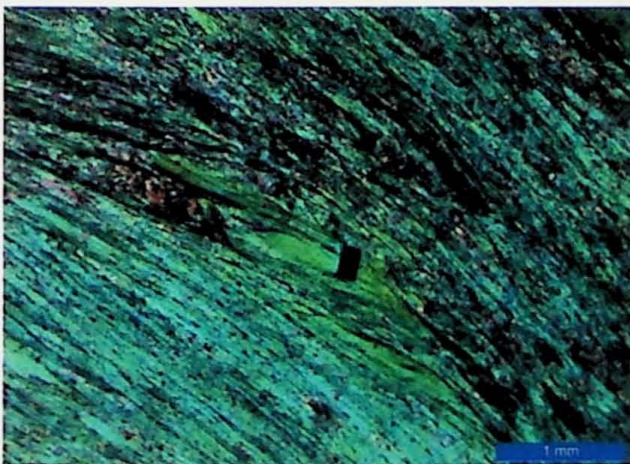
Figura 8: (C-582) Quartzo-grafita-muscovita xisto/filito, sendo as bandas máficas compostas por grafita e muscovita, as lâminas félsicas, por quartzo e plagioclásio e os níveis avermelhado são produto de alteração de óxidos de ferro.



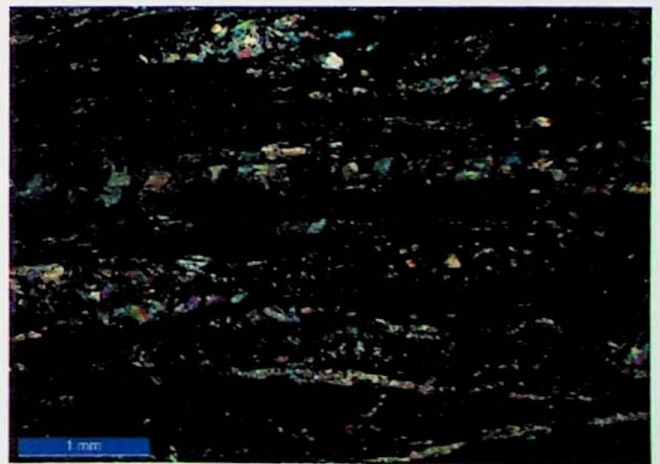
Fotomicrografia 15: (C-582) Desenvolvimento de clivagem espaçada com preservação das estruturas sigmoidais, geram uma foliação em padrão par S-C. Polarizadores cruzados.



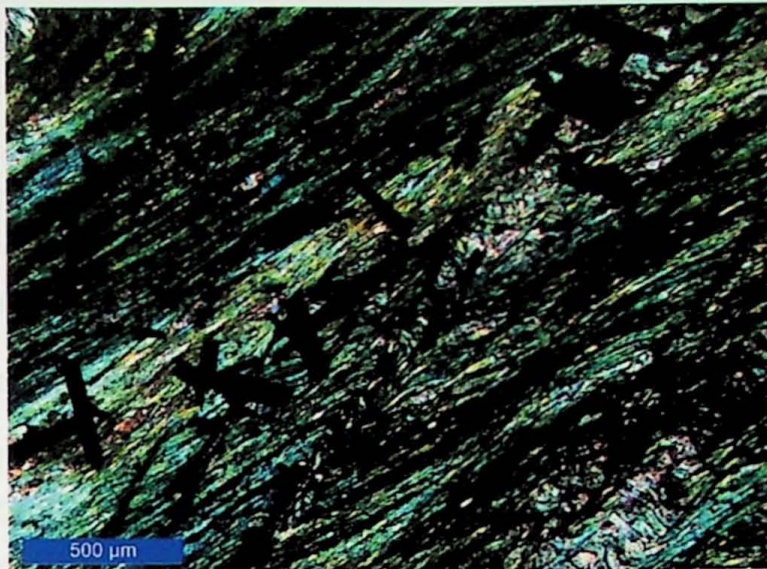
Fotomicrografia 16: (C-612 A) Bandas lepidoblásticas de muscovita e grafita com foliação sigmoidal anastomosada e formação de bandas extensionais de cisalhamento (par S-C'). Ocorrem, de forma abundante, cristais de muscovita pós-cinemática. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 17: (C-577) Geração de biotita pós-cinemática ortogonal à foliação, orientada segundo plagioclásioano axial de microdobra (crenulação pós-D2?) (amostra de zona de charneira de dobra centimétrica). Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 18: (C-612 A) Bandamento diferenciado anastomosado demarcado por muscovita e grafita, com ocorrência de cristais de muscovita pós-cinemática dispostos ortogonalmente e sobrecrecidos à foliação. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 19: (C-582) Porfiroblastos de opacos prismáticos pós-cinemáticos em grafita-muscovita xisto. Polarizadores cruzados.

5.3. Formação Barroso (Xisto calcífero e calcário)

A Formação Barroso foi introduzida por Ebert (1956b) como uma subdivisão da Formação Carandaí, a fim de abranger a sequência de calcários e calcário xistos de ocorrência frequente nas proximidades de Barroso (MG).

a. Xisto calcífero

A rocha é encontrada em estado fresco apenas em um afloramento de corte de estrada (Figura 9). O xisto calcífero possui um bandamento diferenciado evidenciado por bandas granoblásticas, lâminas lepidoblásticas de granulação muito fina e bolsões lenticulares de granulação fina (cristais de até 1 mm), sendo as bandas granoblásticas predominantes e as mais espessas (milimétricas). A mineralogia da rocha é dada por carbonato (50%), distribuído homogeneamente, quartzo, plagioclásio, biotita, clorita, grafita e eventuais ocorrências de minerais opacos. A foliação é anastomosada e demarcada por biotita e clorita sin-S2.

As bandas granoblásticas, de granulação muito fina, são compostas predominantemente por quartzo, plagioclásio e carbonato, que formam *ribbons*. Os cristais de quartzo evidenciam recristalização dinâmica por rotação de subgrãos em estágios variados, embora, localmente, hajam evidências de recristalização estática em grãos de bordas mais retilíneas. Tais bandas são delimitadas por lâminas lepidoblásticas constituídas de clorita, biotita e grafita. Os porfiroblastos de quartzo possuem, geralmente, bordas irregulares com evidências de rotação de subgrãos.

Bandas mais micáceas de granulação muito fina ocorrem ritmicamente e amoldam porfiroclastos de quartzo e plagioclásio definindo estruturas cinemáticas. Os porfiroclastos de quartzo e plagioclásio apresentam bordas irregulares, com sombras de pressão formadas por cristais prismáticos de biotita e clorita, e a ocorrência de extinção ondulante no quartzo indica um predomínio local de recristalização dinâmica.

Bolsões lenticulares se destoam compostos predominantemente por quartzo e carbonato, poucas agulhas de clorita e biotita e eventuais ocorrências de clorita pós-cinemática e titanita. Os cristais de quartzo, em geral, possuem contatos lobados, e os cristais de esparita são intersticiais (Fotomicrografia 20 a Fotomicrografia 23).

Macroscopicamente, um bandamento diferenciado cinza escuro é destacado. Tal bandamento tem comportamento bastante homogêneo, composto principalmente por carbonato de cristais estirados formando *ribbons*, orientados segundo a foliação principal S2. Secundariamente, ocorrem cristais muito finos de quartzo e biotita sin-S2, acompanhados de ocorrências regulares de grafita (Fotomicrografia 24 e Fotomicrografia 25). Também são observados porfiroclastos de quartzo com zona de sombra de pressão

formada pela biotita definindo a foliação S2 acompanhados de *ribbons* de calcita (Fotomicrografia 26).



Figura 26: Fotomicrografia 26. Seção delgada, microscópio óptico, 100x. A foliação S2 é definida pela biotite, acompanhada por *ribbons* de calcita.



Fotomicrografia 27: Seção delgada, microscópio óptico, 100x. A foliação S2 é definida pela biotite, acompanhada por *ribbons* de calcita.



Fotomicrografia 28: Seção delgada, microscópio óptico, 100x. A foliação S2 é definida pela biotite, acompanhada por *ribbons* de calcita.



Fotomicrografia 29: Seção delgada, microscópio óptico, 100x. A foliação S2 é definida pela biotite, acompanhada por *ribbons* de calcita.



Fotomicrografia 30: Seção delgada, microscópio óptico, 100x. A foliação S2 é definida pela biotite, acompanhada por *ribbons* de calcita.

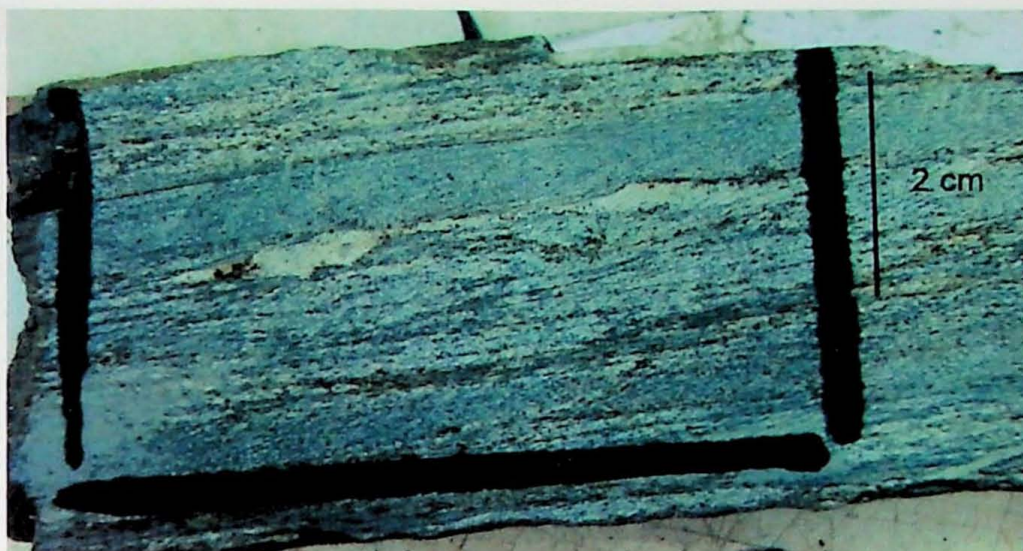
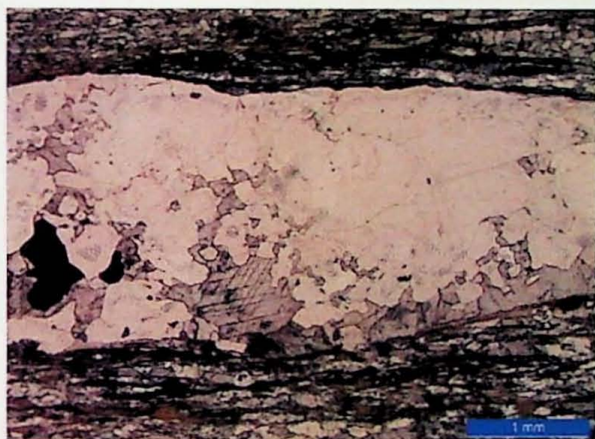
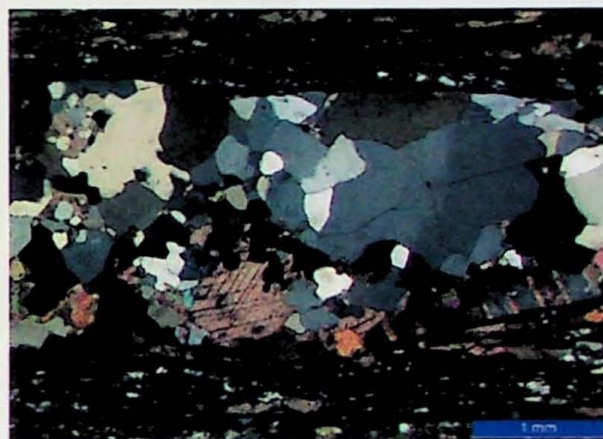


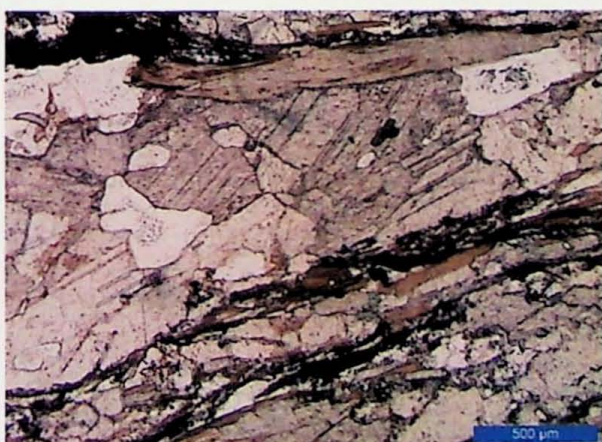
Figura 9: (C-580 A) Xisto calcífero apresentando bandamento composicional, por banda cinzenta quartzo-carbonática muito fina, bandas félsicas quartzo-carbonáticas e lâminas micáceas sin-S2 anastomosadas. Vênulas carbonáticas com quartzo encontram-se paralelas ao bandamento e foliação e encontram-se estiradas em *boudins*.



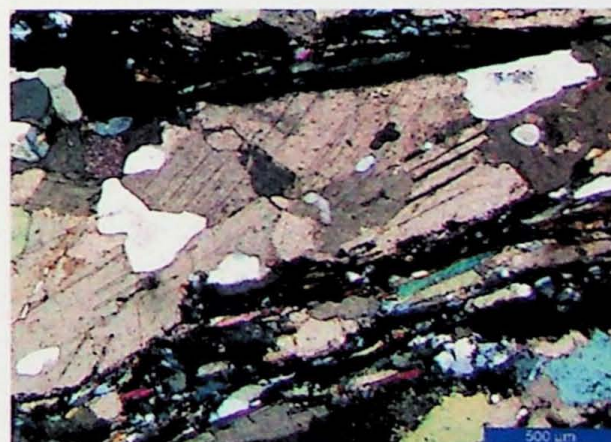
Fotomicrografia 20: (C-580 A) Banda de granulação fina composta por quartzo e carbonato delimitada por lâminas lepidoblásticas de biotita, clorita e grafita intercaladas com lâminas granoblásticas de ribbons de quartzo, plagioclásio e carbonato muito finos, definindo a foliação. Polarizadores paralelos.



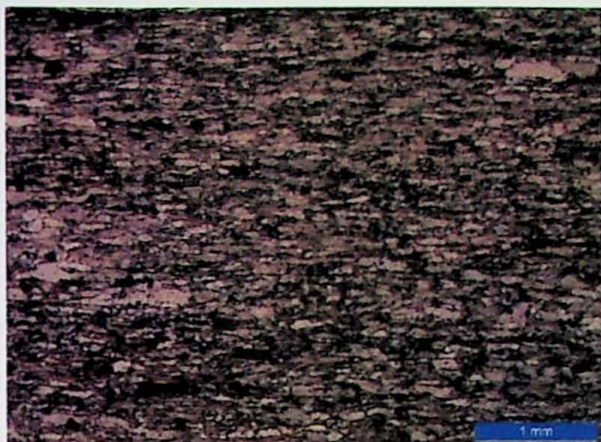
Fotomicrografia 21: Mesma foto que a anterior.. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 22: (C-580 A) Banda de agregado de quartzo e carbonato com sombra de pressão formada por clorita na parte superior direita. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 23: Mesma foto que a anterior. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 24: (C-580 A) Banda composicional carbonática de cor cinza escura na amostra. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 25: Mesma foto que a anterior. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 26: (C-580 B) Porfiroblasto de quartzo com zonas de sombra de pressão de biotita e clorita. Destaque para os *ribbons* de calcita. Polarizadores cruzados.

b. Calcário

O calcário, observado em pedreira desativada nas proximidades de Barroso (MG), apresenta coloração cinza clara com eventuais níveis mais escurecidos e granulação média e, pontualmente, níveis de mica branca (margarita?).

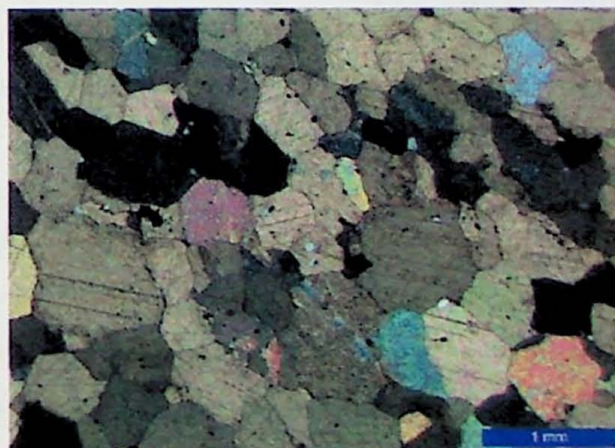
A mineralogia é composta quase exclusivamente pela fase carbonática e inexpressivas ocorrências de grãos de quartzo finos. Os grãos de quartzo podem ocorrer como inclusões ou intersticiais. A granulação é fina a média, com cristais geralmente em torno de 1 mm ou ligeiramente maiores. A fábrica da rocha apresenta aspectos de intenso retrabalhamento dos grãos e recristalização evidenciada pelos contatos interlobados e bordas pouco irregulares, que atribuem à rocha uma textura tipicamente granoblástica (Fotomicrografia 27 Fotomicrografia 28).

A estratificação da rocha é sutil (S0/S1?) e demarcada por um acamadamento gradacional, de mergulho suave. A gradação ocorre entre níveis granulares médios para mais finos, em direção ao topo, resultando em níveis acinzentados claros e ligeiramente mais escuros, como dito anteriormente. Tal gradação pode ser indicativa de ciclicidade entre ambientes de deposição mais turbulentos alternados com ambientes de deposição laminar. A textura granoblástica da rocha não expressa orientação preferencial evidente, em escala microscópica, não podendo definir um plano de acamadamento como observado macroscopicamente. Além disso, ocorrências de níveis micáceos, como vistas em campo, não se fazem presentes na lâmina delgada.

A rocha, portanto, é melhor definida como um mármore gerado por baixo grau metamórfico, em temperatura suficiente para resultar na recristalização por migração de borda de grãos.



Fotomicrografia 27: (C-604 A) Cristais de carbonato (calcita ou dolomita) de contatos interlobados formando textura granoblástica e cristais finos de quartzo. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 28: Mesma foto que a anterior com polarizadores cruzados.

6. ANÁLISE ESTRUTURAL

6.1. Fase de deformação regional D2

A principal fase de deformação da região é a D2, a qual define a xistosidade S2 e desenvolve um plano de foliação de mergulho para SSE de sub-horizontal a 45°, gerada em condições de temperatura elevada relacionada ao regime de cisalhamento que, provavelmente, transpõe a S0 pela S1. O pico metamórfico regional ocorre durante o desenvolvimento da S2.

O transporte tectônico do pacote metassedimentar deu-se na direção NW-SE, em parte associado ao rompimento de dobras D2 intensamente transpostas com vergência NW. A unidade dos *metawackes* é a que melhor define a fase D2, por ela evidenciar as três fases de deformação em escalas macro e microscópica.

A deformação foi de natureza não coaxial, quando organizada em pares S-C anastomosados, ou coaxial, quando definida por um bandamento diferenciado S2 com microcrenulações, poligonizadas ou não, de uma foliação anterior S1. O dobramento D2 ocorre em dobras parasitas assimétricas de flanco inferior e superior de vênulas de quartzo, isoclinais e intrafoliais de flancos rompidos de bandamento diferenciado (Figura 10), com vergência para NNW.

A foliação S2 é definida pela orientação, principalmente, da biotita e clorita, nos *metawackes*, muscovita, nos xistos grafitosos, e biotita e muscovita, no xisto calcífero. Ela possui um padrão anastomosado e sigmoidal, com microlithons onde microcrenulações S1 encontram-se em arcos poligonais (Fotomicrografia 29), ou em arranjos pares S-C.

Ribbons de quartzo e cristais de muscovita, clorita e biotita estirados (Fotomicrografia 30), com orientação predominante NW-SE e caimento suave para SE, destacam lineação de estiramento mineral L2 e indicam a direção de transporte principal com topo para NNW, através de porfiroclastos ou porfiroblastos cinemáticos com zona de sombra de pressão assimétrica de clorita e/ou biotita (Fotomicrografia 31).

A fase D2 não obliterou completamente foliações prévias. Dobras intrafoliais centimétricas de flancos rompidos de bandamentos S1 e crenulações com planos de clivagem espaçada sin-S2 são comuns. As crenulações da foliação S1 são demarcadas geralmente por *microlithons* de muscovita em arcos poligonais cortados por cristais de biotita nos planos axiais sin-S2 (Fotomicrografia 32).

Nos xistos grafitosos, é comum observar finas lâminas brancas discretamente oblíquas ao plano da foliação S2 as quais são descritas como lineação de intersecção das camadas S1 e S2 e ocorrem subparalelas ao sentido da vergência D2 (Figura 11).

Em afloramento fresco do biotita xisto, são observadas estruturas, como *boudins* de cisalhamento (Figura 12), *mullions* (Figura 13) e veios *boudinados* (Figura 14). Os

indicadores cinemáticos mostram uma movimentação principal horária (pares S-C e *boudins* de banda de cisalhamento), com topo para W, respeitando o sentido de transporte tectônico. Bandas de cisalhamento rompem flancos de dobras e desenvolvem pares S-C com sigmoides de vênulas de quartzo, por vezes imbricados, e *boudins* de banda de cisalhamento, de movimento horário de topo para W.

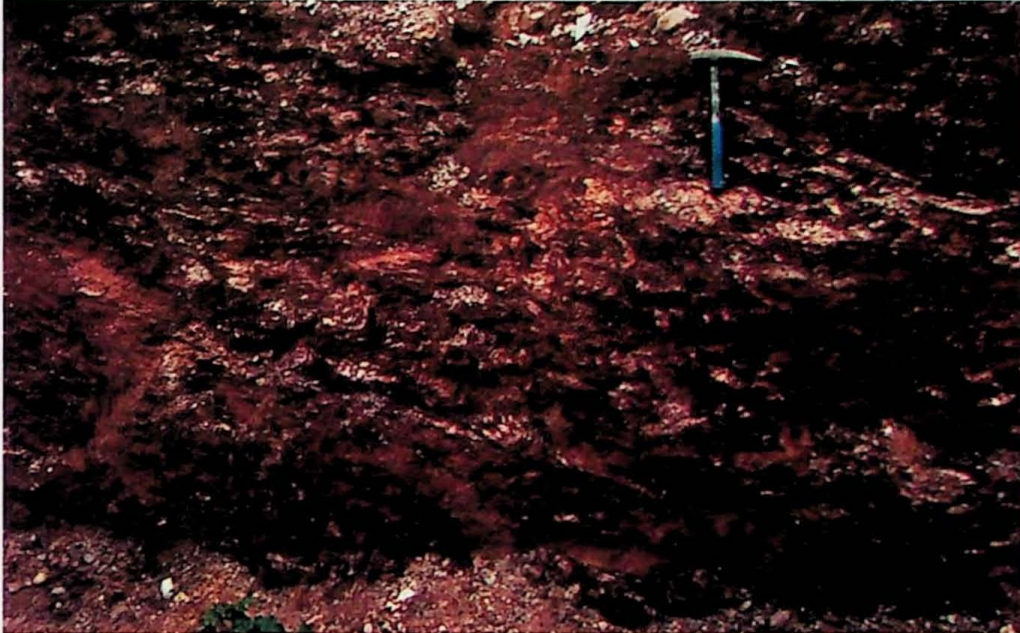
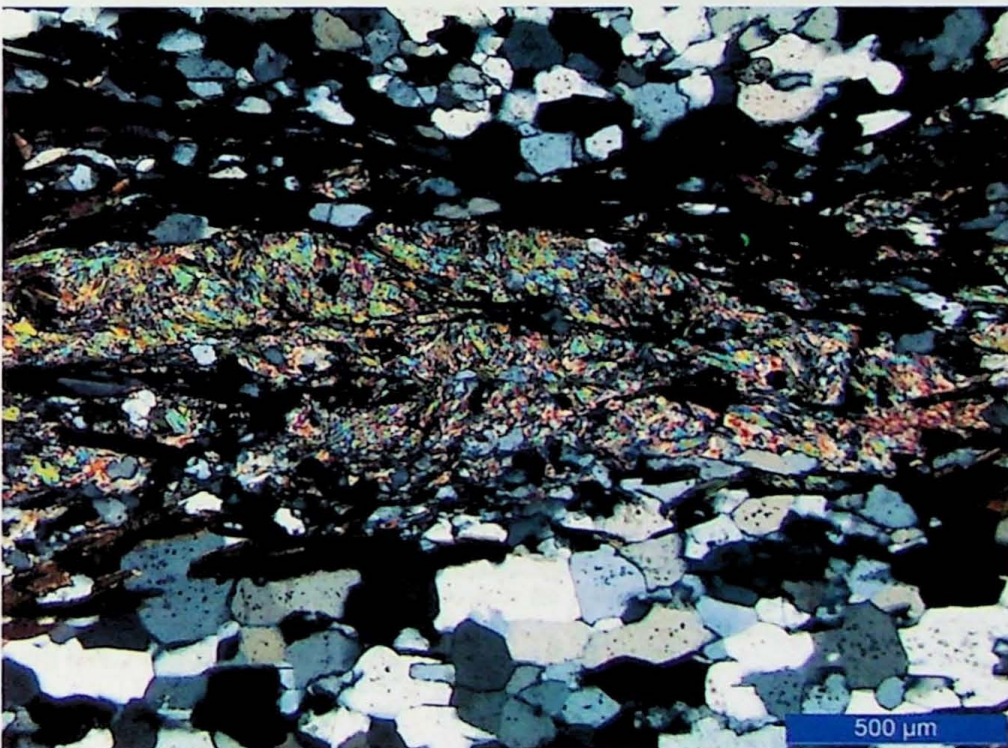


Figura 10: (C-608) Barranco do xisto grafitoso onde são destacados veios e vênulas de quartzo sob a forma de dobras parasitas em padrão M de charneira de dobra sinformal.



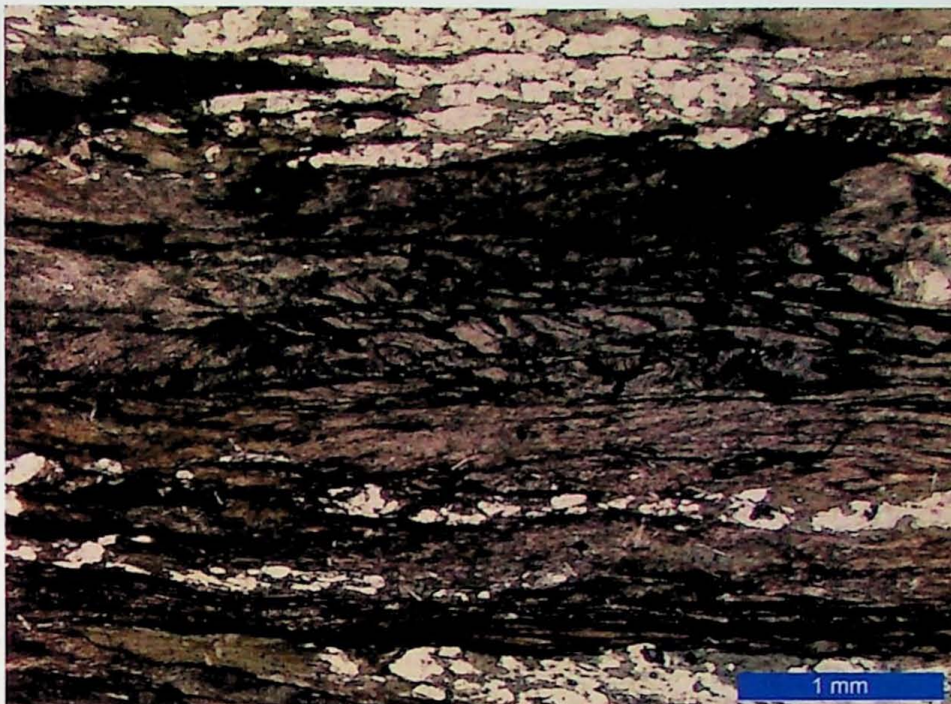
Fotomicrografia 29: (C-584 A) Microcrenulações de muscovita fina em arcos poligonais delimitadas nos planos de clivagem por biotita estirada sin-S2. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 30: (C-576 A) Ribbons de quartzo delimitados por filetes de biotita demarcando a foliação S2. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 31: (C-584 A) Porfiroclasto de plagioclásio com zona de sombra de pressão preenchida por biotita, descrevendo movimentação horária de topo para NW. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 32: (C-575 2B) Banda lepidoblástica composta por muscovita muito fina poligonizada em arcos com clivagem espaçada sin-S2 demarcada por biotita e grafita. Polarizadores paralelos.



Figura 11: (C-603). Xisto grafitoso com lineação de intersecção de uma banda branca com o plano da foliação S2.

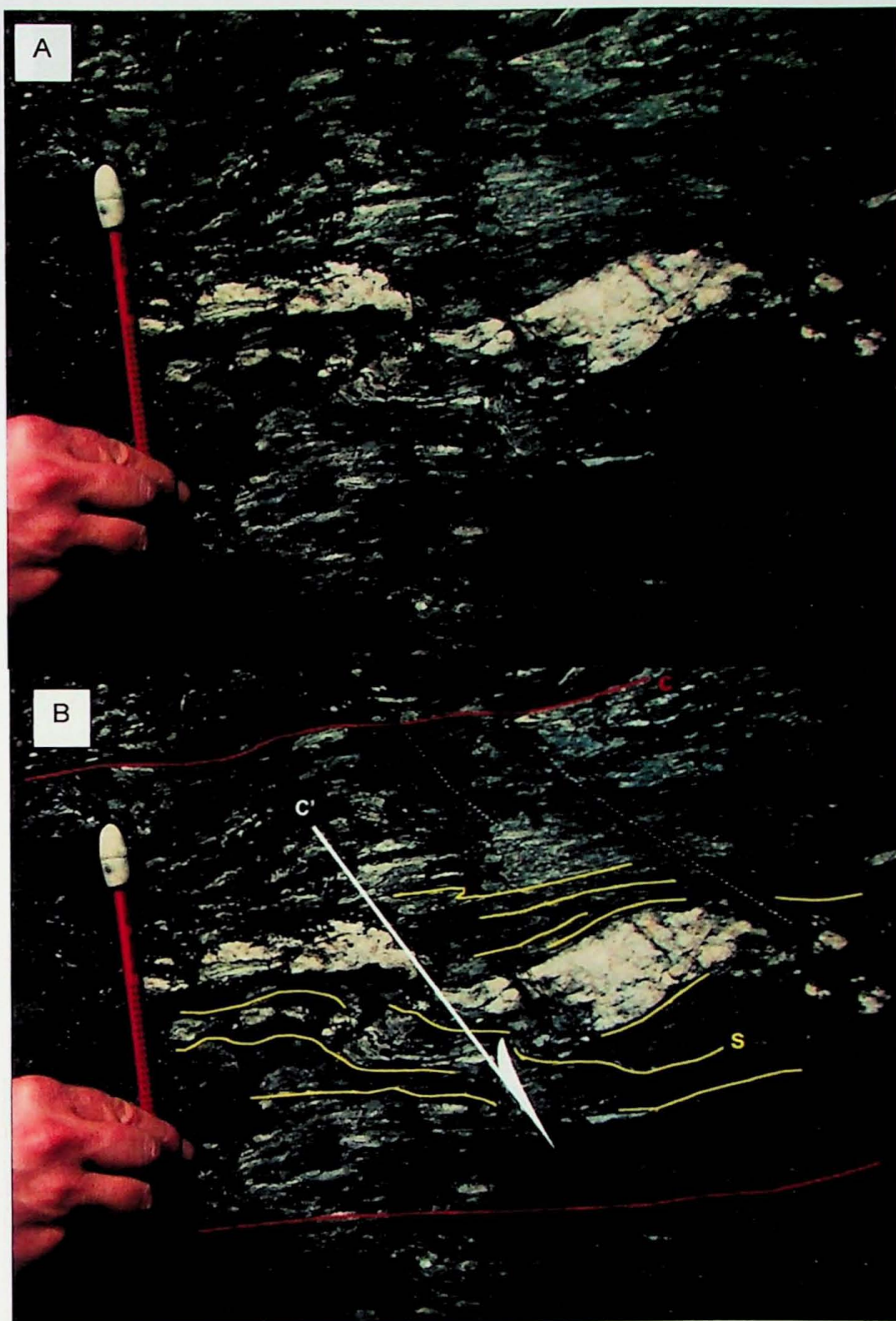


Figura 12: (C-572) A) *Boudin* de banda extensional com movimento horário; B) Esquema com as estruturas de cisalhamento destacadas: C – banda de cisalhamento, C' – falha sintética e S – foliação.



Figura 13: (C-572) *Mullion* seccionado perpendicularmente.

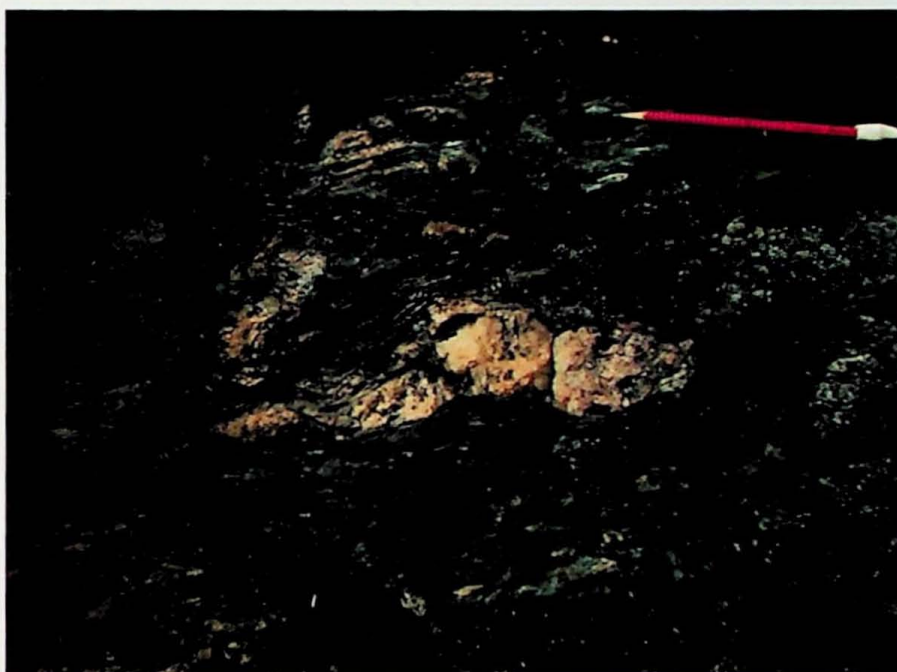


Figura 14: (C-576) Veio de quartzo *boudinado*.

6.2. Fase de deformação D3

A fase de deformação D3 provavelmente ocorreu em condições de temperatura mais brandas que a fase D2, dado que a xistosidade sin-D3 não necessariamente desenvolve planos de foliação, ou seja, recristaliza fases minerais, com exceção do quartzo e carbonato. A transposição é observada apenas localmente em bandamento diferenciado de quartzo acinzentado gerado por recristalização em zona de intensa crenulação sin-D3 (Figura 15).

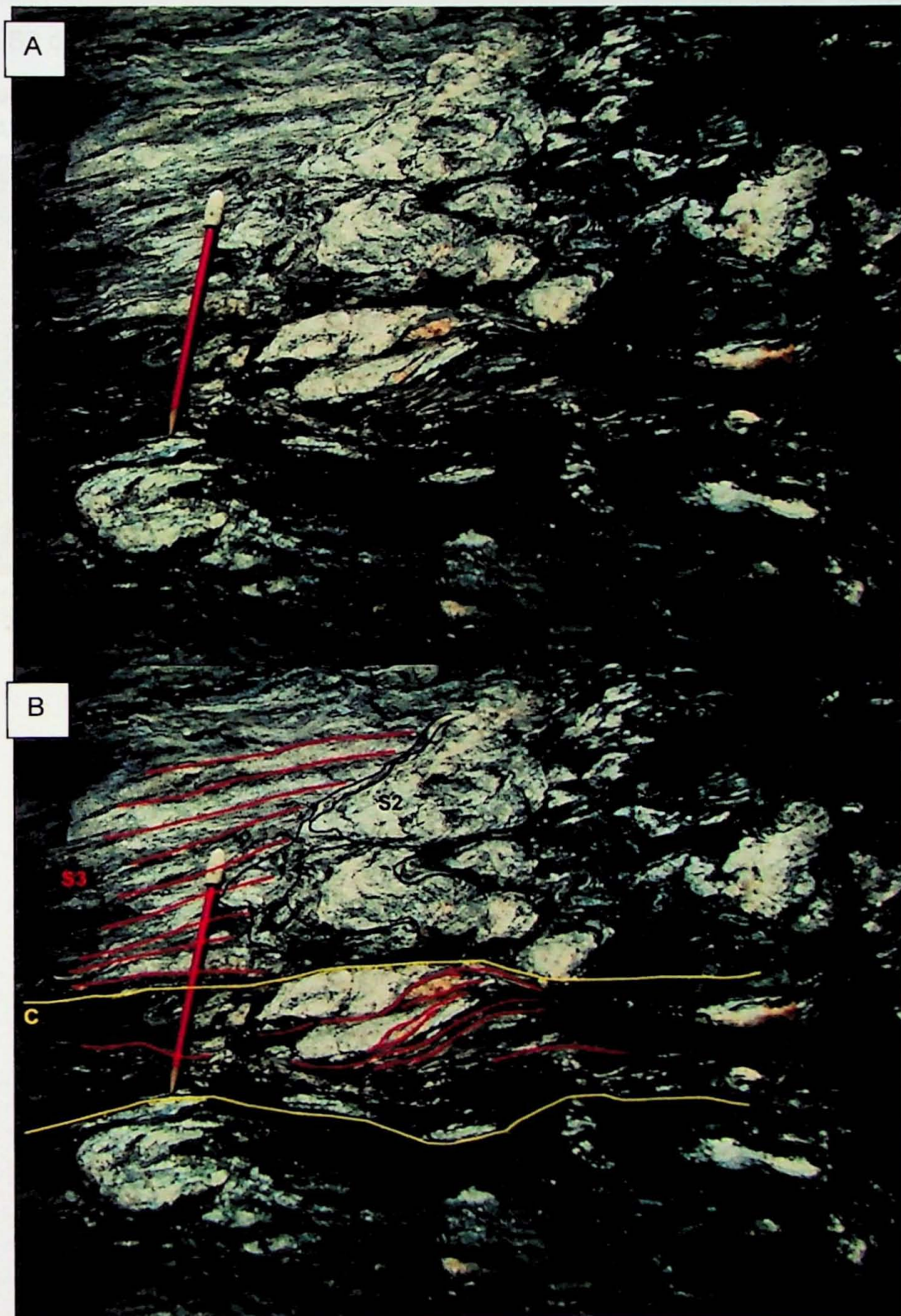


Figura 15: (C-572) A) Zona altamente deformada com dobras de flancos rompidos por foliação plano-axial e banda de cisalhamento com sigmóides imbricados; B) Desenho esquemático das estruturas reconhecidas: C – banda de cisalhamento e S2 e S3 – foliações.

A terceira fase de deformação produz padrões de interferência de dobras do tipo 3 (Ramsay, 1967), observados na unidade do biotita xisto e nos xistos grafitosos. Em afloramento fresco do biotita xisto, dobras isoclinais D2 de bandamento félsico S1 tem o plano axial S2 redobrado homoaxialmente pela D3 e dobras isoclinais D2 em anzol redobradas também ocorrem (Figura 16 e Figura 17). No xisto grafitoso, a D3 aparece no desenvolvimento de clivagens de crenulação sin-S3 e porções que preservam o padrão de interferência mostrando dobras isoclinais D2 de bandamento composicional com o plano axial sin-S2 deformado (Figura 18).

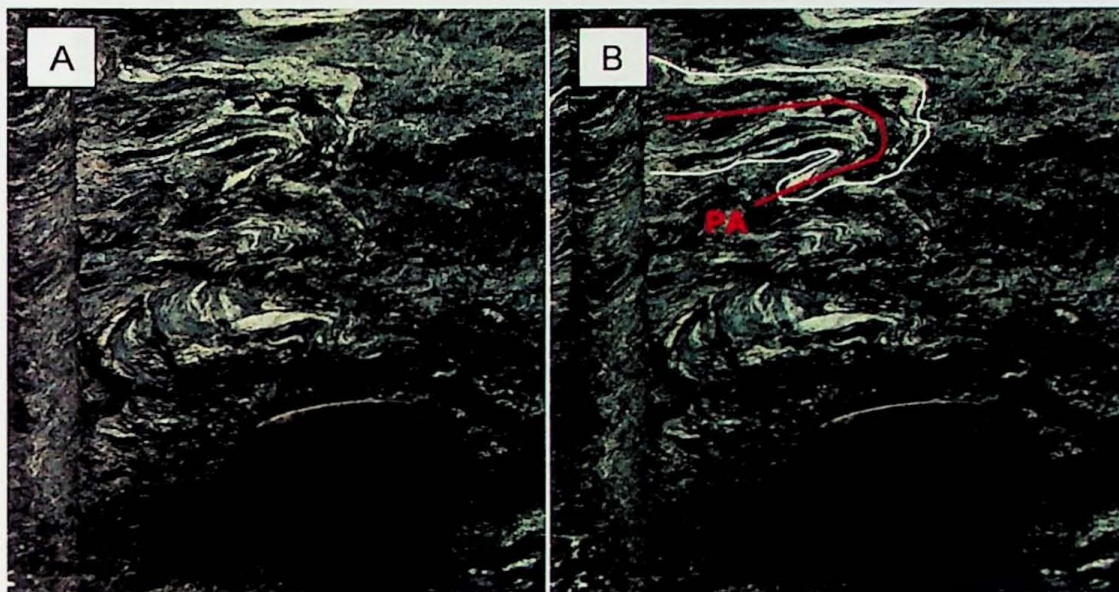


Figura 16: (C-572) A) Dobra isoclinal D2 de bandamento S1 redobrada gerando uma figura de interferência do tipo 3; B) Destaque do plano axial dobrado.

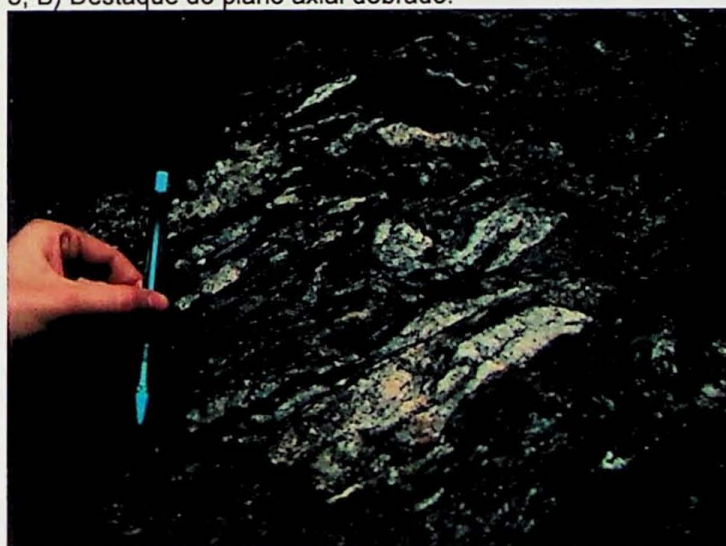


Figura 17: (C-572). Figura de interferência tipo 3, com dobra de bandamento diferenciado sin-S2 fechando em anzol.

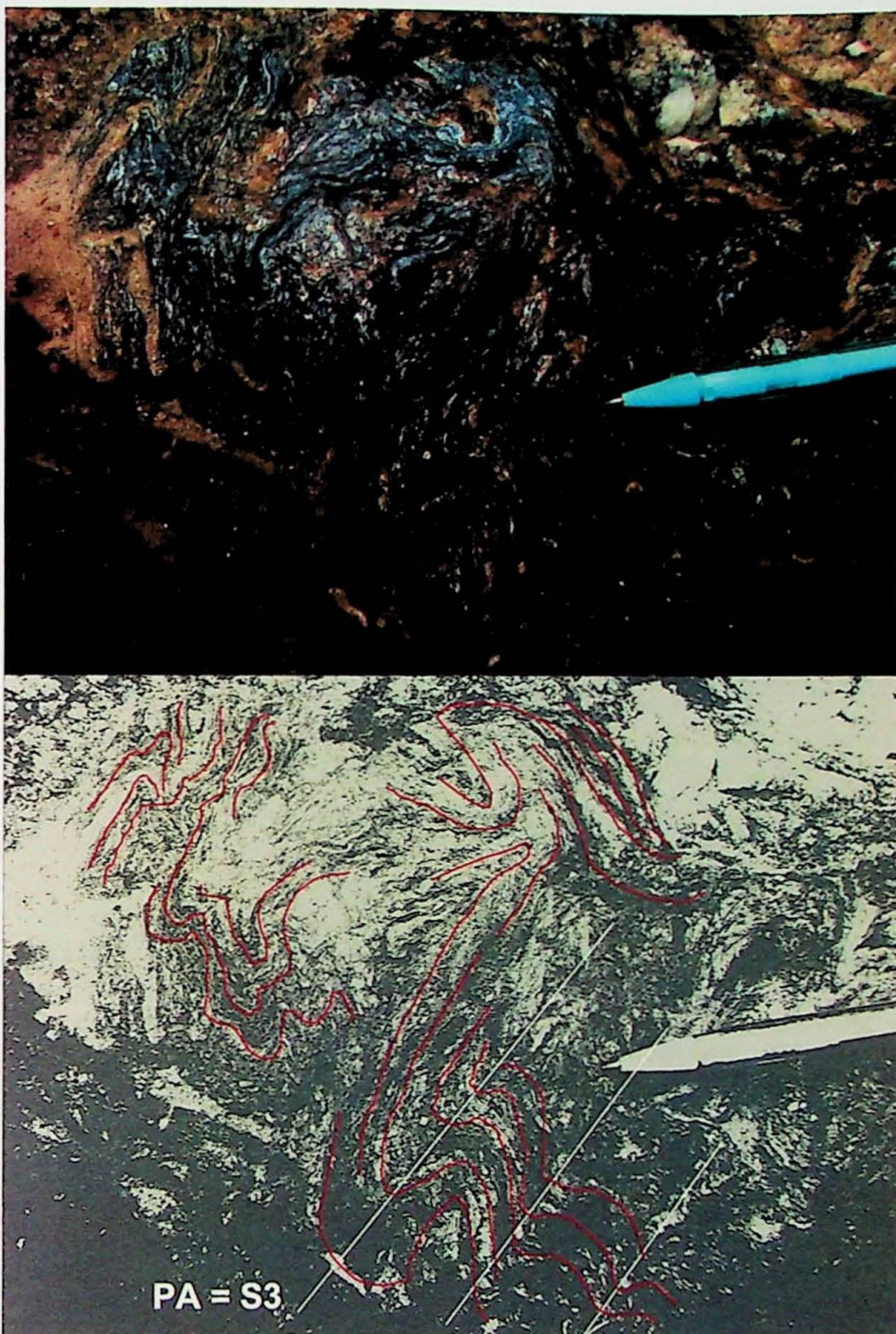


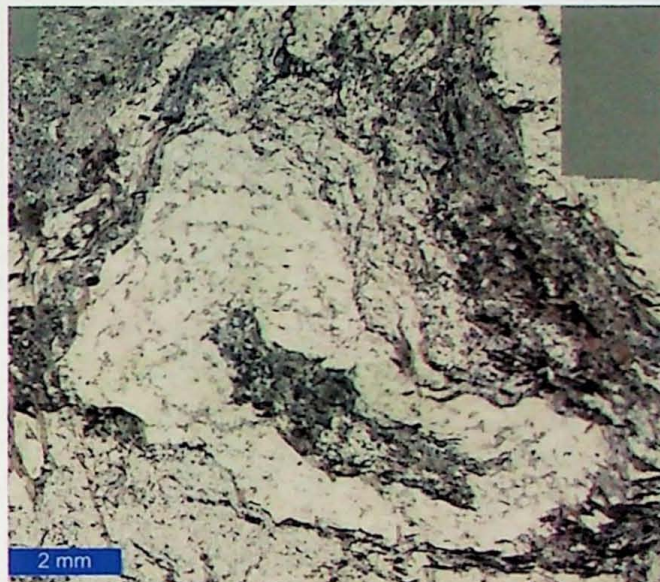
Figura 18: (C-612) Zona de intenso redobramento, com sobreposição de pelo menos dois eventos (D2 e D3) que resulta em uma figura de interferência tipo 3. (Foto sem e com filtro, respectivamente).

Em lâmina delgada, figura de interferência em laço observada do biotita xisto consiste em redobramento de plano axial de biotita sin-S2 com possíveis ocorrências de biotita sin-S3 oblíqua à S2 (Fotomicrografia 33). Dobra em bainha do biotita xisto, em lâmina delgada, encontra-se seccionada quase paralelamente ao plano AC da dobra mostrando camada dobrada com recristalização estática de quartzo e domínio central de banda lepidoblástica intensamente crenulada, composta por muscovita, biotita e clorita, provavelmente por interferência da fase D3 (Fotomicrografia 34).

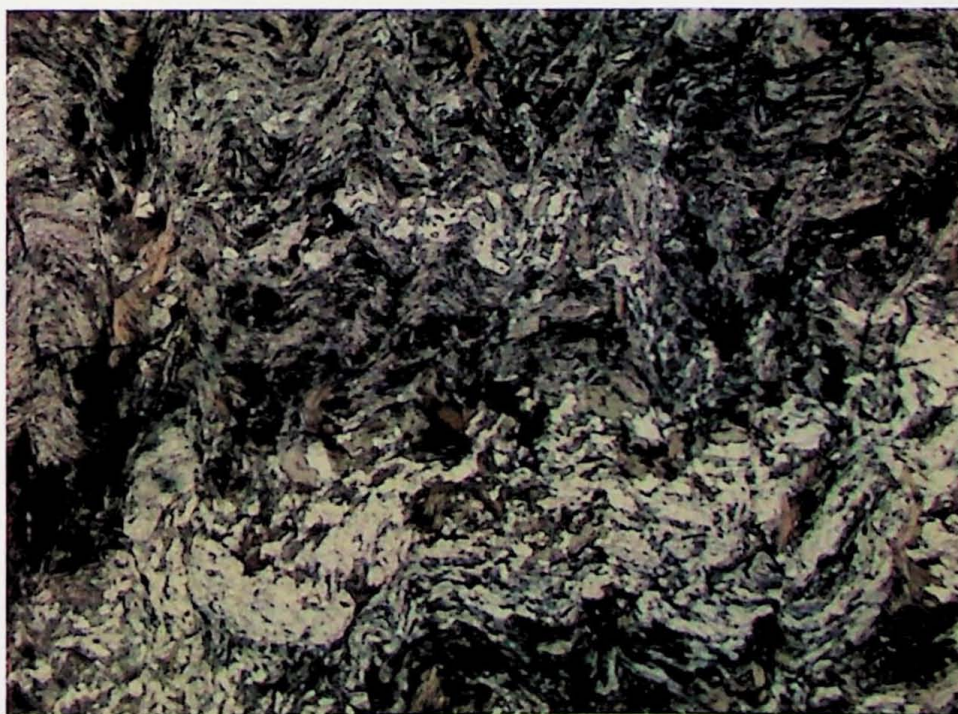
No entanto, as estruturas D3 que melhor definem a fase são crenulações apertadas de bandas lepidoblásticas, observadas nos *metawackes*, que geram lineações de microcrenulação nos planos da foliação S2, com orientação predominante NE-SW e caimento suave para NE. Em seção delgada do biotita xisto, são desenvolvidos *microlithons* de biotita nos planos de clivagem de crenulação sin-S3 (Fotomicrografia 35). Nos xistos grafitosos, a D3 manifesta-se através de crenulações da foliação S2 bastante abertas e discretas, que geralmente não desenvolvem planos de clivagem, e, localmente, pode apresentar microdobras de ordem centimétrica com recristalização de bandas granoblásticas em zona axial (Fotomicrografia 36).



Fotomicrografia 33: (C-574-2) Figura de interferência em laço (tipo 3) com plano axial da D2 dobrado por D3. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 34: (C-574) Seção transversal aproximadamente no plano AC de dobra em bainha com bandamento interno crenulado sofrendo interferência da D3. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 35: (C-572-2) Crenulação pós-D2 de banda formada por muscovita e grafita, acompanhada de biotita sin-S2, com desenvolvimento de *microlithons* de biotita (sin-S3) no plano de clivagem da crenulação. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 36: (C-577) Banda granoblástica de granulação muito fina e inequigranular desenvolvida em zona axial de microdobra. Polarizadores cruzados.

6.3. Projeções estereográficas e considerações

As seções geológicas A, B, C e D foram realizadas em corte NW-SE onde foram obtidos dados estruturais relacionados às fases de deformação observadas, já definidas em campo: foliações S2 (principal), S1 e S3 (local); lineações de estiramento mineral L2 (predominantemente), L1 e L3 (localmente); lineações de crenulação pós-D2 (maior parte); lineações de intersecção de bandas L2 (lâminas brancas de S1 com S2); eixos de microdobras e crenulações B2 e B3 (localmente); planos de clivagem de crenulação (S3?) e planos axiais (S3?). Os dados foram plotados em diagramas Schmidt para efeitos de análise, por representação polar dos planos.

A foliação S2 (Figuras 20 a 24), como foliação metamórfica regional, ocorre em todas as unidades da região e não apresenta grande dispersão mantendo caimento constante para leste, sul e sudeste, com variações de mergulho de aproximadamente 30°.

As foliações S1 (Figuras 20, 22 e 23) são locais e ocorrem com maior frequência nos xistos grafitosos definidas pelos bandamentos metareníticos de aspecto precoce. Estas apresentam uma estrutura de superfície dobrada mais aberta com ângulos de mergulho que variam de sub-horizontais a 50°, mantendo a vergência para NW.

As foliações S3 (Figuras 20 a 23) não são bem desenvolvidas, sendo observadas em planos de clivagem de crenulação e planos axiais de dobras da D3. Os planos da S3 também possuem caimento para SE, porém, de mergulhos mais fortes.

Lineações de estiramento mineral de cristais de quartzo e muscovita L2 mostram uma direção de transporte WNW-ESE. *Boudins* de bandas de cisalhamento, pares S-C e sigmoides, em escala de afloramento, e porfiroclastos de quartzo e plagioclásio, em seções delgadas, definem movimentações para WNW, microestruturas observadas principalmente nos *metawackes* e no xisto calcífero. As lineações de estiramento mineral frequentemente coincidem com as lineações de intersecção de bandas.

As lineações de crenulação apresentam dois *trends* preferenciais, tanto paralelas aos eixos de crenulações vergentes para NW como para NE. Essas duas modas de lineações ocorrem também subparalelas às lineações de intersecção de bandas, de estiramento mineral e de eixos B2 e B3 de microdobras, em todas as seções geológicas.

Os planos de foliação da superfície dobrada são subparalelos e de mergulhos médio a fraco para SE, o que sugere um dobramento passivo D2 com vergência NNW que desenvolveu rompimentos ao longo dos planos axiais paralelizando os flancos das dobras, que variam de inclinadas a recumbentes. A distribuição espacial das polares dos planos de foliação sugere um dobramento maior antiformal apertado.

Como mencionado anteriormente, é tido que as fases de deformação D2 e D3 são de caráter contínuo e homoaxial, que gera estruturas de orientações similares. A fase D3 não

atinge condições de temperatura suficientes para obliterar a D2, no máximo, descreve estruturas ligeiramente oblíquas. Os fortes ângulos de mergulho das clivagens de crenulação e planos axiais de microdobras sin-D3 podem ser devidos a um regime de deformação coaxial, dobramento por *buckling*, ou à "curta" evolução do dobramento não coaxial.

Ainda, partindo do pressuposto de uma deformação progressiva D2 e D3, as lineações de crenulação que ocorrem subparalelas a lineações de estiramento mineral podem indicar rotação dos elementos estruturais tendendo ao subparalelismo com a direção principal de esforço (σ_1), considerando que estas crenulações são precoces (pré-D2 ou -D3). Portanto, o predomínio de eixos de crenulação caindo para ENE, no setor mais leste da área (Perfil A – Anexos; Figura 19), e o paralelismo das lineações de estiramento com os eixos de crenulações de caimento SE, em setores mais a oeste (Perfis B, C e D – Anexos; FigurasFigura 20, Figura 21 e Figura 22), indicam que houve uma rotação regional horária das estruturas lineares sob transporte cinemático para NNW..

O embasamento, representado pelo biotita gnaiss milonitizado a sul da seção geológica D (ver Anexos), apresenta foliações de caimento principalmente para S e mergulhos em torno de 40°. A rocha possui uma evidente lineação de estiramento mineral como resultado do processo de milonitização, a qual coincide com a lineação de intersecção de bandas. O estiramento mineral possui orientação ENE-WSW de caimentos sub-horizontais. Considerando o caimento da foliação e a direção do estiramento mineral, supõe-se que o embasamento cavalgou o pacote metassedimentar por transporte tectônico para NE, o que difere da cinemática envolvida nos metassedimentos (Figura 23).

Outra hipótese pode ser baseada no fato das lineações de crenulação obtidas nos metassedimentos serem ortogonais à lineação de estiramento do biotita gnaiss, o que pode inferir uma interferência do esforço NE-SW que gerou o cavalgamento do milonito sobre os metassedimentos. A colocação do embasamento sobre a pilha teria gerado crenulações pós-D3 (?) vergentes para ENE, como é observado nas seções geológicas B, C e D.

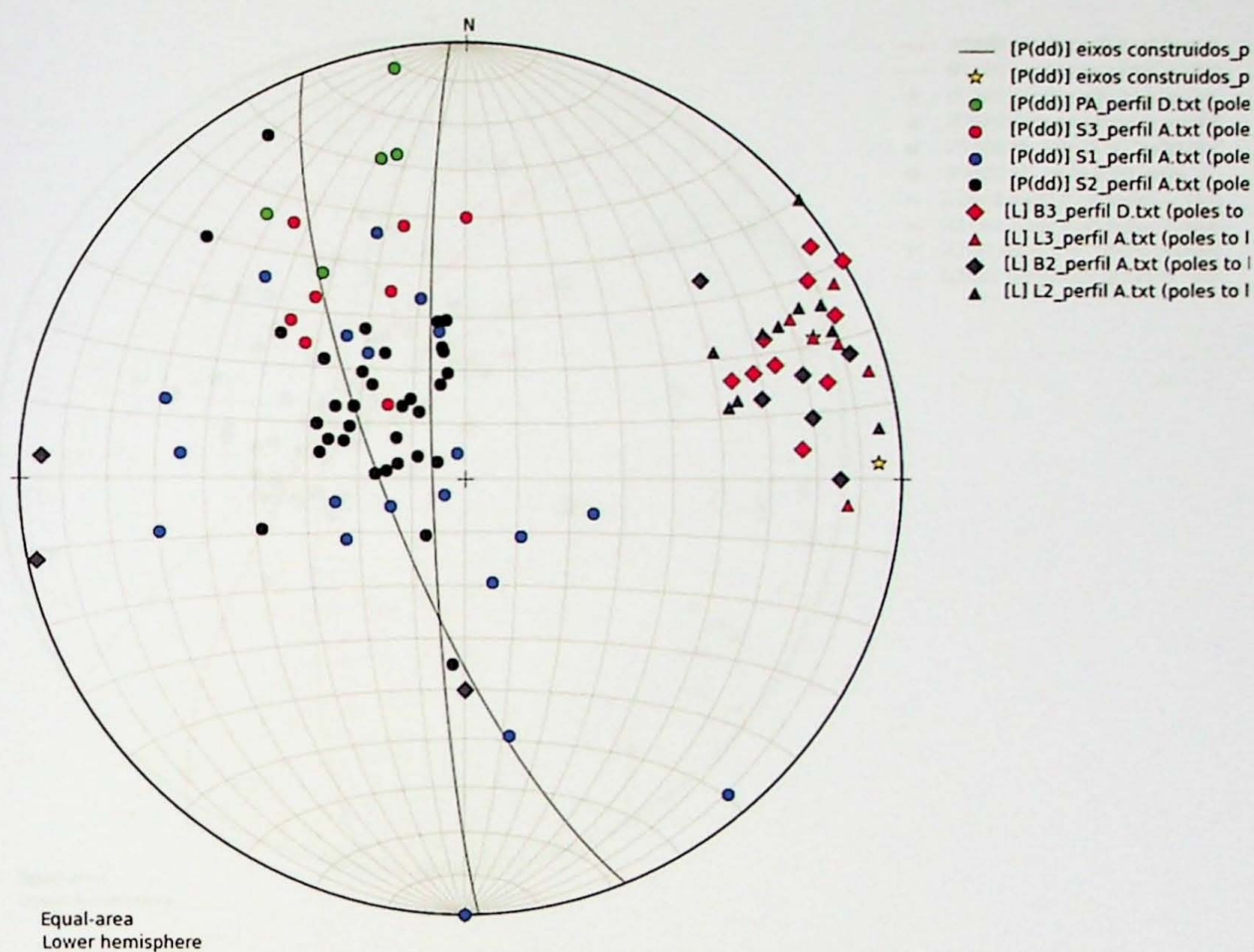


Figura 19: Projeção estereográfica da seção geológica A (ver Anexos). Foliações S1, S2 e S3 de caimento predominante para SSE, mostrando uma superfície dobrada apertada de flancos subparalelos. As lineações de crenulação da D2 e D3 são paralelas aos eixos de dobras B2 e B3, o que sugere que as fases D2 e D3 são homaxiais. Planos axiais de microdobras e crenulações D3 possuem mergulho forte que pode ser explicado por deformação coaxial (*buckling*).

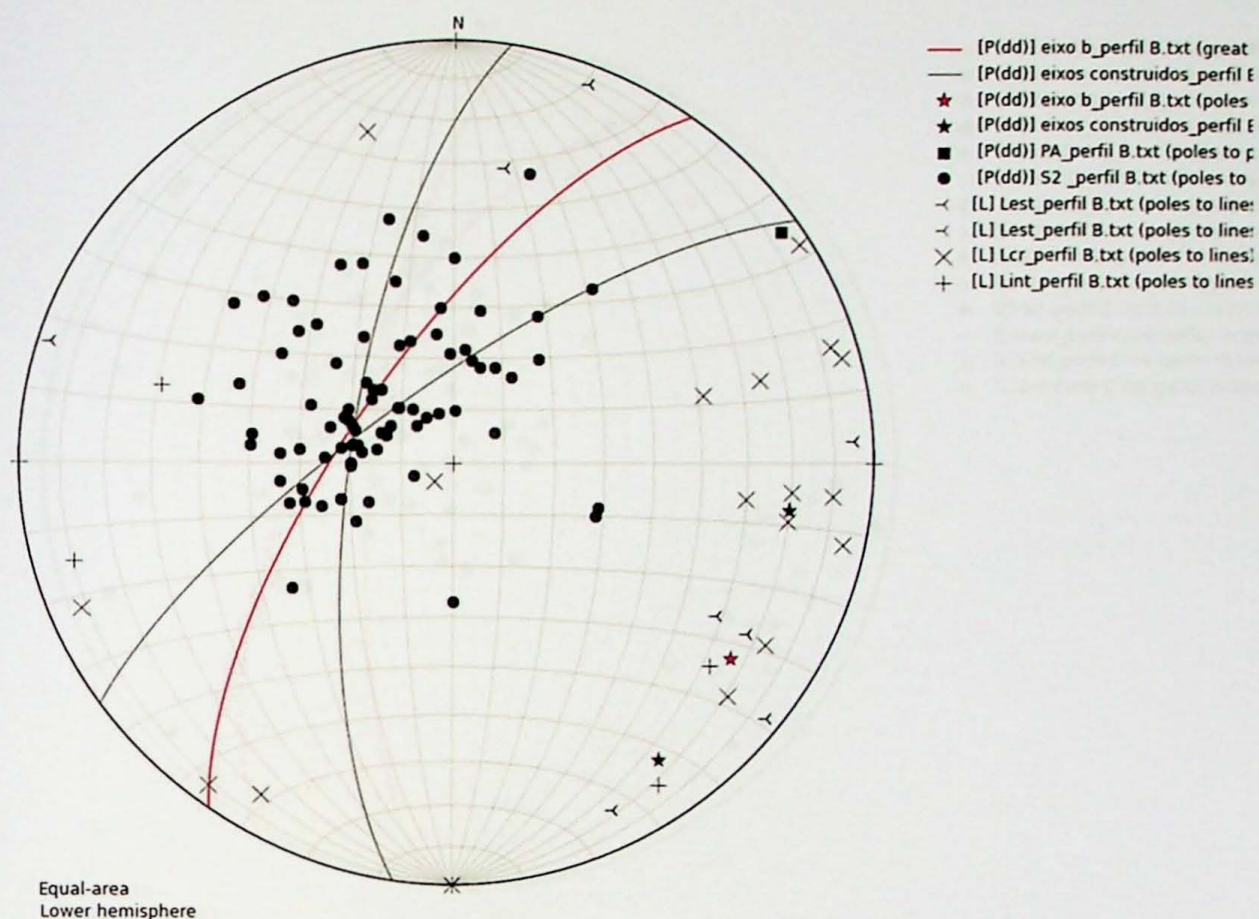


Figura 20: Projeção estereográfica da seção geológica B (ver Anexos). Foliações S2 possuem mergulho predominante para SE. Os planos de foliação S2 contêm lineações de estiramento mineral L2 subparalelas a lineações de crenulação que podem ser sin- ou pós-D2. O paralelismo das lineações de estiramento mineral e das crenulações pode ser resultado da deformação não coaxial contínua ou pode indicar interferência de uma fase posterior de transporte para NE.

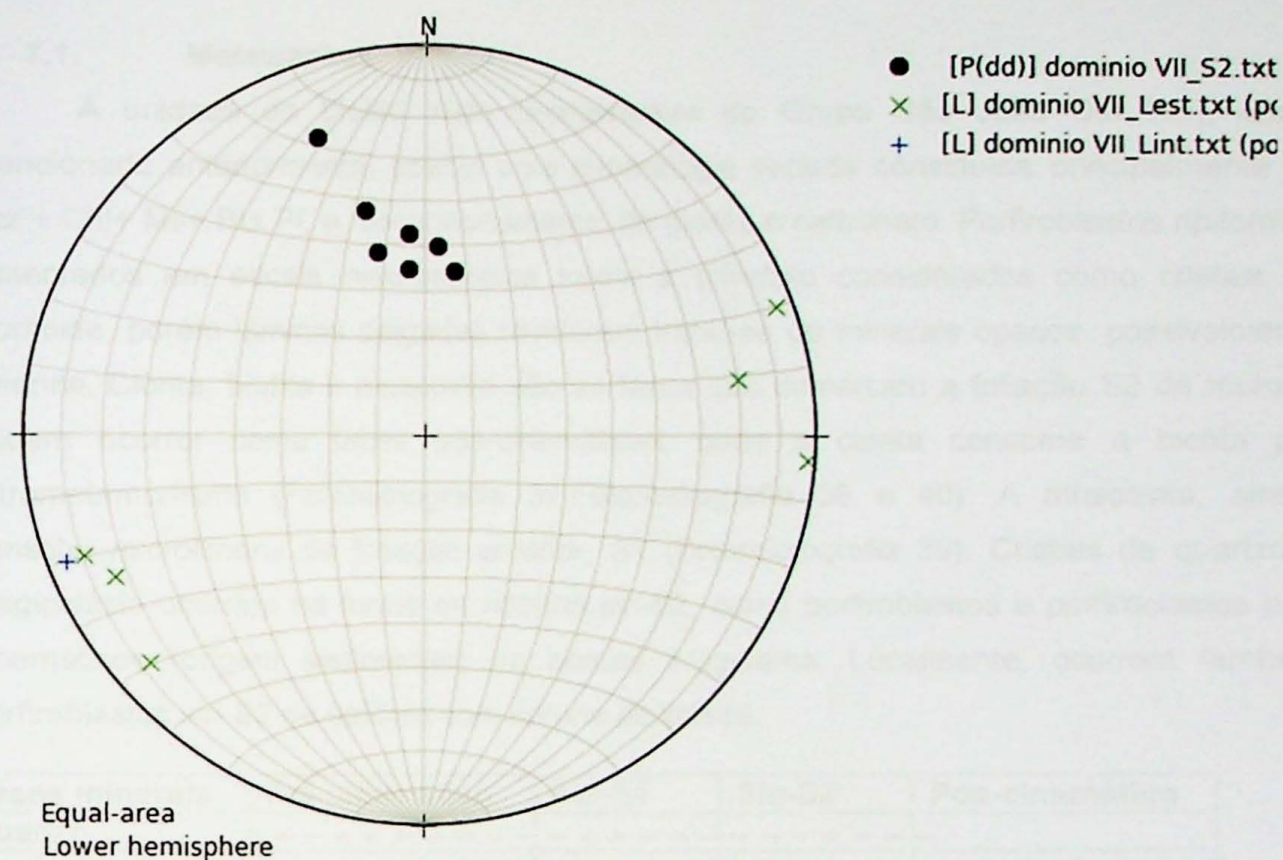


Figura 23: Projeção estereográfica do domínio do biotita gnaiss milonítico do embasamento (seção geológica D - Anexos). O biotita gnaiss milonítico apresenta foliações de caimento S predominantemente. As lineações estiramento, orientadas ENE-WSW, sugerem transporte tectônico pós-D3 (?) para NE, diferente do padrão cinemático observado nos metassedimentos.

7. METAMORFISMO

7.1. Metawackes

A unidade do biotita xisto (*metawackes* do Grupo São João Del Rei), como mencionado anteriormente, possui uma mineralogia variada constituída principalmente de Qtz + Chl + Ms + Bt ± Pl, e, secundariamente, de grafita e carbonato. Porfiroblastos ripiformes observados em escala macroscópica foram a princípio considerados como cristais de cloritoide, porém lâminas delgadas revelaram tratar-se de minerais opacos, possivelmente ilmenita. Clorita, biotita e muscovita são as fases que demarcam a foliação S2 da rocha e podem ocorrer como fases pós-cinemáticas, onde a clorita consome a biotita por retrometamorfismo (Fotomicrografia 37, Fotomicrografia 38 e 40). A muscovita, ainda, constitui *microlithons* da foliação anterior, S1 (Fotomicrografia 39). Cristais de quartzo e plagioclásio ocorrem na forma de *ribbons* sin-S2, como porfiroblastos e porfiroclastos pré-cinemáticos (origem sedimentar) de bordas irregulares. Localmente, ocorrem também porfiroblastos sin-S2 de epídoto com corona de zoisita.

Fases minerais	Pré-cinemático	Sin-S1	Sin-S2	Pós-cinemático
Quartzo	-----	-----	-----	-----
Plagioclásio	-----	-----	-----	-----
Biotita			-----	-----
Clorita			-----	-----
Muscovita		-----	-----	-----
Epídoto		-----	-----	-----

Tabela 1: Relações de temporaneidade das fases minerais comuns nos *metawackes*.

Os *metawackes* apresentam uma associação mineralógica pobre em alumínio, portanto, a paragênese Chl + Bt + Ms + Qtz persiste sem alterações significativas até condições de $T \leq 450^{\circ}\text{C}$. Tais condições de temperatura são características de fácies xisto verde e a presença de biotita sugere zona da biotita.

Até $T \sim 600^{\circ}\text{C}$, a coexistência de Chl + Bt é estável em pressões intermediárias, enquanto a presença de Ms pode ocorrer até condições P-T de anatexia, o que infere que o campo metamórfico da associação Chl + Bt + Ms é consideravelmente amplo e não fornece dados precisos a respeito da fácies metamórfica (Figura 24).

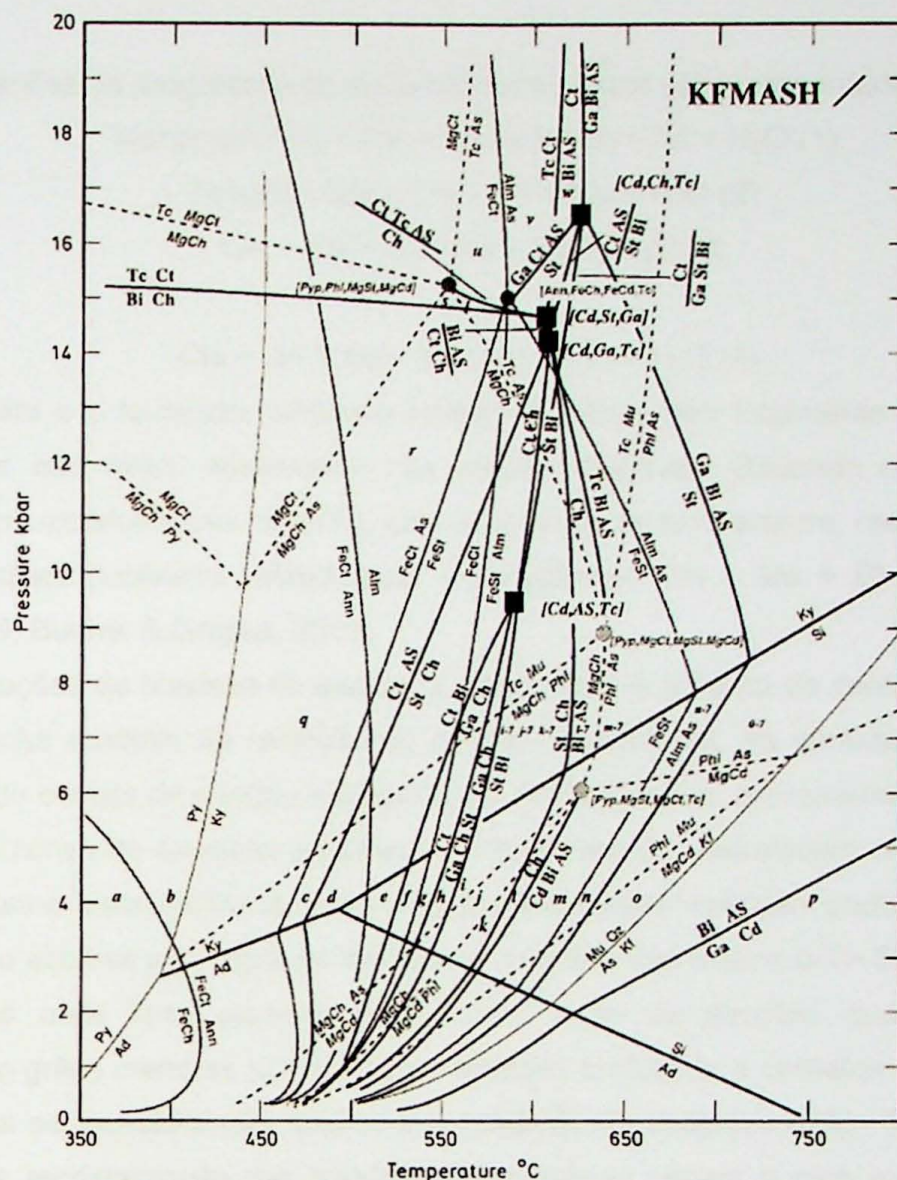


Figura 5: Grade petrogenética de assembleias minerais estáveis em metapelitos ricos em Fe que continham originalmente Chl + Bt + Ms (sistema KFMASH). Modelo representa a estabilidade das fases Chl + Bt até um campo de temperatura em torno de 600°C e pressões baixa a intermediária (extraído de Spear & Cheney, 1989).

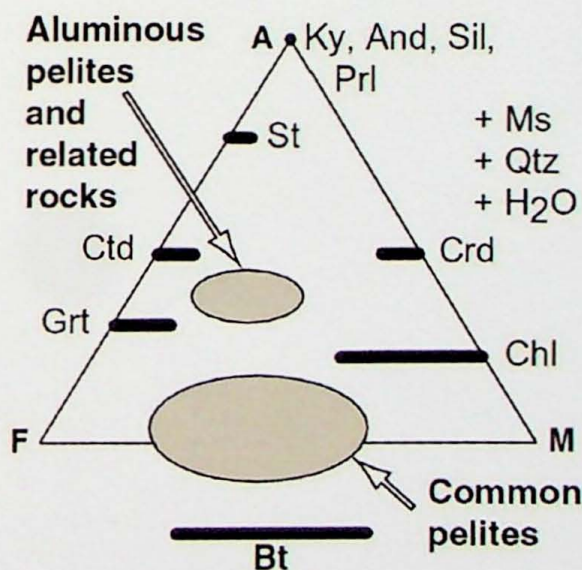
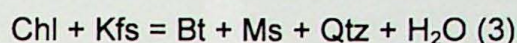
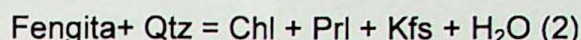
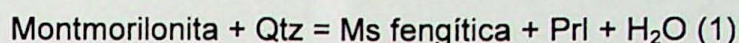
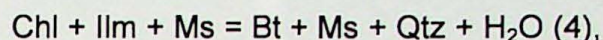


Figura 6: Diagrama AFM representando as composições de pelitos ricos e pobres em alumínio (Pattison, 2001).

As reações de progressão do metamorfismo podem ser representadas por:



ou

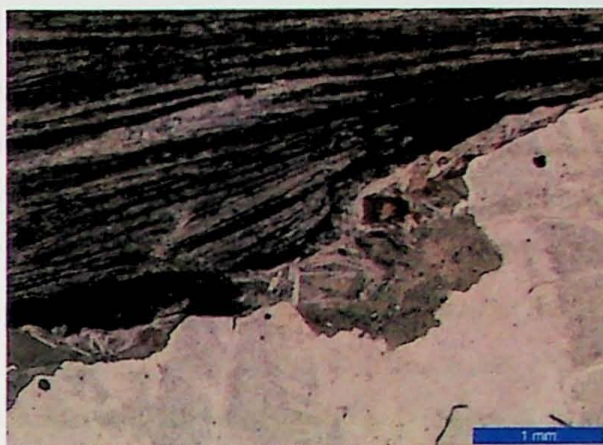


onde a pirofilita e o feldspato potássico (origem detrítica) são totalmente consumidos nas reações, pois não foram observados nas seções delgadas. Baseado na reação (3), a composição pouco aluminosa da rocha, com o aumento da temperatura, resulta no consumo total de feldspato potássico estabilizando a paragênese $\text{Chl} + \text{Ms} + \text{Bt} + \text{Qtz}$ (Spear & Cheney, 1989; Bucher & Grapes, 2011).

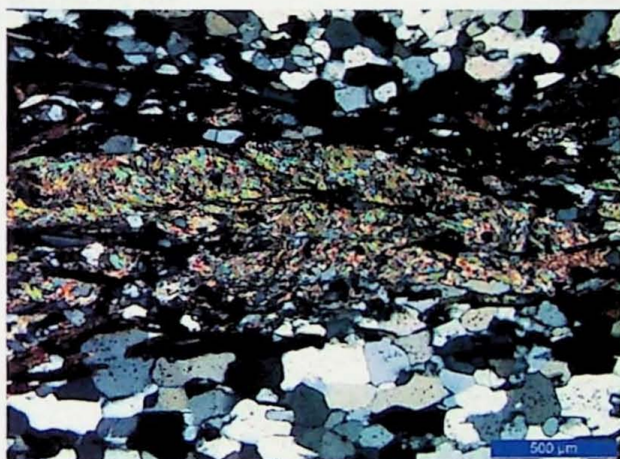
As relações de blastese do quartzo e plagioclásio e a forma de contato dos grãos na fábrica da rocha auxiliam na restrição do campo metamórfico. As vênulas granoblásticas, constituídas de cristais de quartzo e plagioclásio recristalizadas, provavelmente, por solução saturada nas zonas de dilatação geradas durante a fase D2, descrevem cristais maiores (1 mm) de contatos mais retilíneos e interlobados sem exibir extinção ondulante, típicos de recristalização estática por migração de bordas de grãos que ocorre a $T > 500^\circ\text{C}$. As bandas granoblásticas mais finas geradas por recristalização de porções quartzo-feldspáticas resultando em grãos menores (0,3 mm) com extinção ondulante e contatos mais irregulares, característicos de recristalização dinâmica por rotação de subgrãos ($400 < T < 500^\circ\text{C}$). Logo, as feições de recristalização das bandas granoblásticas situam o pico metamórfico a $T \sim 500^\circ\text{C}$.



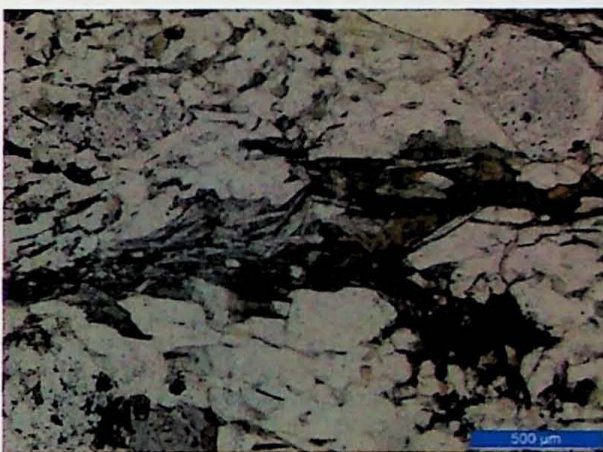
Fotomicrografia 37: (C-575 2A) Clorita retrometamórfica substituindo a biotita sin-S2. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 38: (C-575 2B) Clorita e muscovita retrometamórficas com núcleo de biotita, no limite de banda lepidoblástica de muscovita sin-S2 e grafita com banda granoblástica de quartzo e plagioclásio. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 39: (C-584 A) Biotita sin-S2 e *microlithons* de muscovita sin-S1. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 40: (C-586 B) Clorita e muscovita retrometamórficas consumindo biotita. Polarizadores paralelos.

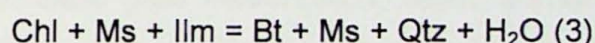
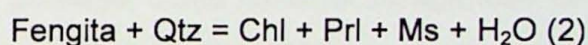
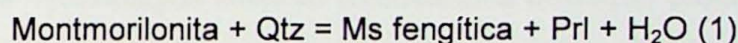
7.2. Xisto grafitoso

A sequência dos xistos grafitosos, representada pela Formação Prados, consiste em metassedimentos argilosos com abundante matéria orgânica e possui uma assembleia mineralógica composta predominantemente de muscovita+ grafita+ quartzo. Pela granulação muito fina, as rochas podem ser denominadas de filitos, logo, a identificação de minerais como quartzo e plagioclásio nas bandas mais finas é impossibilitada. A foliação é demarcada pela muscovita e grafita sin-S2. A fábrica ainda é acompanhada de muscovita e biotita pós-cinemáticas e *microlithons* de muscovita sin-S1 preservados.

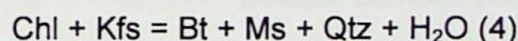
Fases minerais	Pré-cinemático	Sin-S1	Sin-S2	Pós-cinemático
Quartzo		-----	-----	
Plagioclásio		-----	-----	
Biotita				-----
Muscovita		-----	-----	-----

Tabela 2: Relações de temporaneidade das principais fases minerais dos xistos grafitosos.

A restrita assembleia mineralógica não permite definir uma paragênese que forneça detalhes sobre o campo metamórfico da unidade. As reações de progressão do metamorfismo que definem a assembleia estável $Ms + Bt + Qtz$ são representadas por:



ou



Considerando a mineralogia que compõe a unidade, a composição é pouco aluminosa e, portanto, a reação que envolve feldspato potássico para a formação de biotita e muscovita resulta no consumo total deste. Além disso, considera-se que a clorita tenha sido completamente consumida, o que torna a reação (4) pouco provável.

A estabilidade de $Bt + Ms$ estende-se por um campo metamórfico restrito de temperaturas relativamente baixas, até a zona da biotita. Em grau metamórfico mais elevado, as duas fases não coexistem, sendo estáveis apenas em fácies xisto verde, até $T < 450^\circ\text{C}$.

Os bandamentos granoblásticos são desenvolvidos apenas em zonas de dilatação de zona axial de microdobramentos da fase pós-D2 com aspecto de recristalização por *bulging*, ocorrido a temperaturas baixas, $280 < T < 400^\circ\text{C}$ (Fotomicrografia 36).

Assim, como na unidade dos *metawackes*, os xistos grafitosos de composição pouco aluminosa e evidências de recristalização dinâmica restringem o pico metamórfico a $300 < T < 450^\circ\text{C}$, na fase D2. A ausência de fases índices de maiores temperaturas permite delimitar o campo metamórfico dos xistos grafitosos seguramente apenas em fácies xisto verde.

7.3. Xisto calcífero

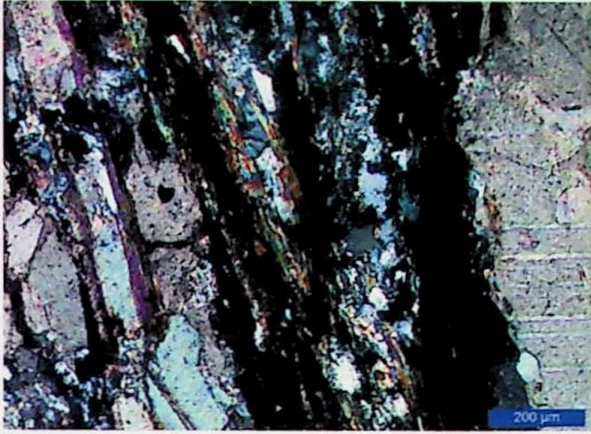
O xisto calcífero, pertencente à Formação Barroso, como dito anteriormente, possui uma assembleia mineralógica constituída de carbonato+ quartzo+ grafita± (plagioclásio)+ biotita+ clorita+ muscovita. Em geral, os cristais de quartzo e carbonato são estirados, na forma de *ribbons*, segundo a foliação S2 que é demarcada por biotita, clorita e muscovita, acompanhados de grafita e, por vezes, clorita retrometamórfica (Fotomicrografia 42). Bandas granoblásticas de granulação ligeiramente mais grossa possuem cristais com contatos lobados e mostram feições sutis de rotação de subgrãos (Fotomicrografia 20). Localmente, pode ser observada recristalização estática (Fotomicrografia 43).

Fases minerais	Pré-cinemático	Sin-S1	Sin-S2	Pós-cinemático
Quartzo	-----	-----	-----	
(Plagioclásio)	-----	-----	-----	
Carbonato	-----	-----	-----	
Biotita		-----	-----	
Muscovita		-----	-----	
Clorita		-----	-----	-----

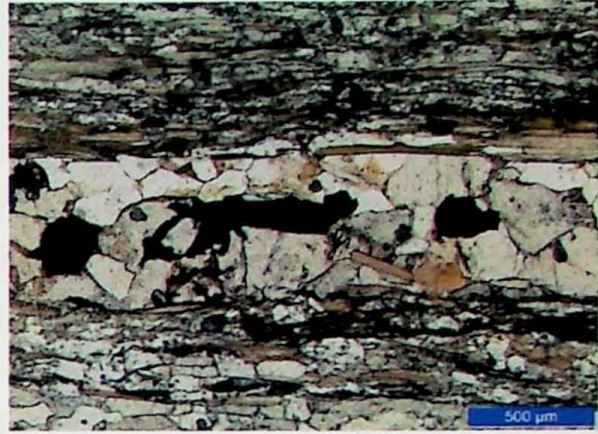
Tabela 3: Relações de temporaneidade das principais fases minerais do xisto calcífero.

A assembleia mineralógica limitada dificulta uma definição precisa de condições P-T de metamorfismo, tendo, portanto, como principal paragênese Bt+Ms+Chl. É assumido que mica xistos calcários, em baixo grau metamórfico, sejam constituídos de quartzo+ micas (principalmente muscovita)+ clorita+ calcita e, para estabilizar paragêneses com fases minerais como biotita e clorita, o xisto deve possuir composição com baixo teor de alumínio (Bucher & Grapes, 2011).

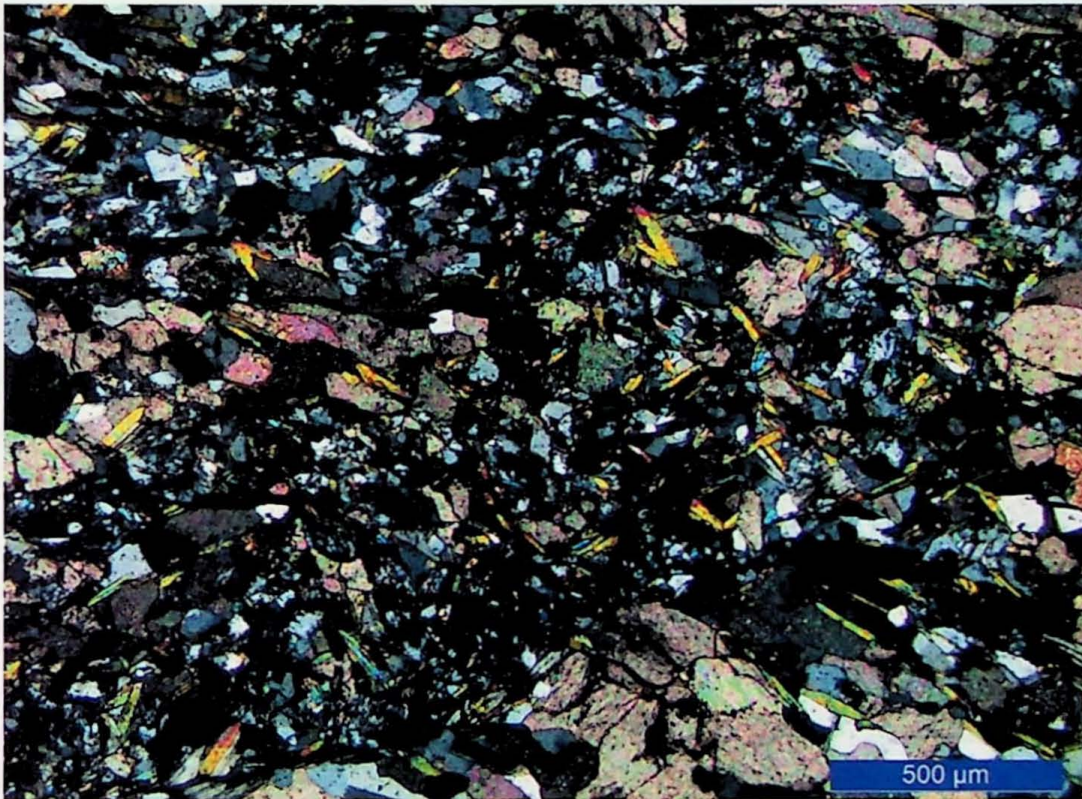
A paragênese mineral Bt+Ms+Chl estabiliza-se em fácies xisto verde, a $300 < T < 450^{\circ}\text{C}$ e pressões intermediárias, assim como as unidades adjacentes dos *metawackes* e xistos grafitosos. A zona da biotita pode apresentar uma assembleia composta por Bt+ Chl+ Ms fengítica+ Qtz± Alb± Cal, concordante com a fase carbonática presente. O pico metamórfico da unidade do xisto calcífero, na fase D2, a $T \leq 500^{\circ}\text{C}$, não foi suficiente para reagir o carbonato e gerar fases calcíferas distintas.



Fotomicrografia 41: (C-580 A) Bandas carbonáticas intercaladas com banda composta por micas e cristais de quartzo de bordas muito irregulares com aspecto de recristalização por rotação de subgrãos. Polarizadores cruzados.



Fotomicrografia 42: (C-580 A) Banda granoblástica de quartzo e carbonato, delimitada por bandas mais finas de quartzo, carbonato e lâminas de biotita, clorita e muscovita. Na banda superior, a biotita é consumida por clorita retrometamórfica. Polarizadores paralelos.



Fotomicrografia 43: (C-580 B) Porção crenulada do xisto calcífero com cristais de quartzo de bordas retilíneas. Polarizadores cruzados.

8. CONCLUSÕES

A região entre São João Del Rei e Barbacena (MG) registra três fases deformacionais, as duas últimas (D2 e D3) de caráter progressivo e homoaxial. A deformação, de natureza não coaxial, desenvolve uma série de cavalgamentos de baixo ângulo e dobramentos rompidos com vergência para NW, em direção à borda do cráton. A reconstituição deformacional é possível através do reconhecimento de estruturas cinemáticas, xistosidade, crenulações e dobramentos, em escalas macro e microscópica, que descrevem transporte tectônico principal para noroeste.

O pacote metassedimentar Formação Rio Elvas, Prados e Barroso apresenta paragênese Chl+ Ms+ Bt indicativa de baixo grau metamórfico, condições P-T de fácies xisto verde, zona da biotita e possível pico metamórfico a $T \sim 500^{\circ}\text{C}$ por evidências de recristalização por migração de bordas de grãos, durante a fase D2. O baixo teor de alumínio destes pelitos não permite variações na paragênese no intervalo de temperaturas a que as rochas foram submetidas. No Grupo Carrancas, o Xisto Santo Antônio, similar ao biotita xisto de Andrelândia, demarca condições de grau metamórfico ligeiramente superiores com ocorrências de Grt + St + Ky (Coutinho, 2012), no entanto, esses *metawackes* apresentam constantemente condições metamórficas de fácies xisto verde por toda a extensão.

Ebert (1968) considera a unidade do biotita xisto alóctone sobre o Grupo São João Del Rei, ao contrário de proposições posteriores. Dentre as unidades litológicas do grupo, o biotita xisto é a unidade que possibilita o reconhecimento das fases de deformação e mostra um comportamento estrutural ligeiramente distinto das unidades adjacentes. Considera-se que os cavalgamentos e imbricamentos sejam sin-D2 e a xistosidade S2 desenvolvida predomina regionalmente, com mergulhos de sub-horizontais a 45° para sul-sudeste. A fase D2 gera lineações de estiramento mineral demarcadas por *ribbons* e porfiroclastos que registram movimento para NW.

O Grupo Barbacena aflora no extremo sul da área de estudo, representado por um biotita gnaiss milonítico em afloramentos muito intemperizados, onde a atitude das foliações infere um cavalgamento do embasamento sobre os metassedimentos. O cavalgamento ocorreu com vergência para ENE, fato sugerido pelas lineações de estiramento mineral do milonito.

Esforços tangenciais, a grosso modo de oeste para leste, com cinemática de topo para E-NE, colocaram o embasamento sobre as unidades metassedimentares, ao longo de um regime lateral e transpressivo. Sob esse regime, os metassedimentos podem ter sido dobrados em D2, com orientação axial paralela ao transporte alóctone superior e rompido em cavalgamentos na direção da vergência noroeste destas dobras.

Como alternativa, transportes tectônicos distintos podem ter sido oriundos de diferentes esforços que se superpuseram em um contexto geodinâmico de interferência de orógenos (Trouw et al., 2000). No entanto, não foram encontradas evidências de que a deformação do embasamento tenha sido mais antiga que o pico metamórfico da pilha metassedimentar.

Os *metawackes* registram deformação dúctil não-coaxial determinando faixas de cisalhamento onde são desenvolvidos dobramentos de baixo ângulo, caracterizando um contexto tectônico de cavalgamento que resulta no rompimento dos flancos das dobras. Assim, as atitudes das foliações regionais e dos planos axiais das dobras são subparalelas. Considerando a afinidade geoquímica tipo *wacke* dos metassedimentos Formação Rio Elvas e sua similaridade composicional e metamórfica aos *metawackes* de Carrancas e Andreilândia, a colocação dos *metawackes* São João Del Rei sobre os metapelitos do Grupo São João Del Rei pode estar associada ao cavalgamento do embasamento (biotita gnaiss do Grupo Barbacena) que provavelmente desenvolveu as deformações regionais (D2).

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, C.A., Teixeira, W., Pereira, R.M.(2004). Geologia e Petrografia do Quartzo Monzodiorito Glória, Cinturão Mineiro, porção sul do Craton do São Francisco, Minas Gerais. *Arquivos do Museu Nacional*, 62, 83-98.
- Ávila, C.A., Teixeira, W., Cordani, U.C., Moura, C.A.V., Pereira, R.M.(2010). Rhyacian (2.23-2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco Craton, Brazil: geochemical and isotopic evidence from Serrinha magmatic suite, Mineiro Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 29, 464-482.
- Bucher, K., Grapes, R. (2011). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. London: Springer.
- Campos Neto, M.C., Caby, R. (1999). Tectonic constrain on Neoproterozoic high-pressure metamorphism and nappe system south of São Francisco craton, southeast Brazil. *Precambrian Research*, 97, 3-26.
- Campos Neto, M.C., Caby, R. (2000). Low crust extrusion and terrane accretion in the Neoproterozoic nappes of southeast Brazil. *Tectonics*, 19, 669-687.
- Campos Neto, M.C., Janasi, V.A., Basei, M.A.S., Siga Jr, O. (2007). Sistema de *nappes* Andrelândia, setor oriental: litoestratigrafia e posição estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(4), 47-60.
- Coutinho, L. (2012). Estrutura, litoestratigrafia e metamorfismo do Grupo Carrancas na frente orogênica da Faixa Brasília Meridional. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.
- Ebert, H. (1968). Ocorrência da fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40 (supl.), 215-229.
- Fossen, H. (2010). *Structural Geology*. Cambridge: Cambridge Press University.
- Noce, C.M. (1987). Estudo Geológico-estrutural do Grupo São João Del Rei na região de Tiradentes-Barroso-Barbacena (MG) e considerações sobre seu embasamento. Tese (Mestrado). Rio de Janeiro: Instituto de Geociências – 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. *Brazilian Journal Of Geology*, 30(1), 200-202.
- Passchier, C.W., Trouw, R.A.J. (1996). *Microtectonics*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Ramsay, J.G., Huber, M.I. (1987). The techniques of modern structural geology. Volume 2: Folds and Fractures. San Diego: Academic Press.
- Ribeiro A., Ávila C.A., Valença J.G., Paciullo F.V.P., Trouw R.A.J. (2003b). Folha São João del Rei. Escala 1:100.000. In: A.C. Pedrosa-Soares, C.M. Noce, R.A.J. Trouw, M. Heilbron (orgs.). Geologia e recursos minerais do sudeste mineiro, Projeto Sul de Minas- Etapa I (COMIG, UFMG, UFRJ, UERJ), Relatório Final., Belo Horizonte (MG): Companhia Mineradora de Minas - COMIG, 2,521-659.
- Ribeiro, A., Teixeira, W., Dussin, I.A., Ávila, C.A., Nascimento, D. (2013). U–Pb LA-ICP-MS detrital zircon ages of the São João del Rei and Carandaí basins: New evidence of intermittent Proterozoic rifting in the São Francisco paleocontinent. *Gondwana Research*, 24(2), 713-726. Acesso em 5 de março de 2015, DOI:10.1016/j.gr.2012.12.016.
- Spear, F.S. (1995). *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*. Washington: Mineralogical Society of America.
- Trouw, R. A. J.; Chrispim, S.J., Dayan, H. (1982). Análise da deformação numa área a SE de Lavras, Minas Gerais. XXX Congresso Brasileiro de Geologia, v.1, 187-198. Salvador: SBG.
- 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. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v. 55, 71-85.
- Vernon, R.H., Clarke, G.L. (2008). *Principles of metamorphic petrology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Westin, A., Campos Neto, M. C. (2013). Provenance and tectonic setting of the external nappe of the Southern Brasília Orogen. *Journal of South American Earth Sciences*, 48(), 220-239.

anexos

C-593	598384/7648315	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	190/20, 150/45, 130/30		
C-594	599910/7648127	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	131/50, 204/20		
C-595	600051/7648396	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso, porém mais arenoso, com Gr em menor proporção.	Gr xisto	219/44, 072/23, 126/54, 172/25, 186/22	Lcr: 102/06, 100/20, 095/10	
C-596	600400/7649403	Xisto grafitoso com bastante Gr.	Gr xisto	072/23, 130/40		
C-597	600678/7649568	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	080/30, 117/23	Lcr: 095/20	
C-598	601496/7649105	Qtz-mica xisto fino, com foliação interceptada quase ortogonalmente por uma camada fina clara, formando uma lineação de intersecção no plano da S2. A banda é uma S0 preservada.	Qtz-mica xisto	190/30, N/27	Lest: 010/30, 020/05	
C-599	604496/7651198	Afloramento muito alterado, com cores de alteração que variam de ocre para vinho. Possui bastante níveis quartzosos e é bem laminada.	Ca filito	195/60		
C-600	604913/7652270	Afloramento muito alterado do xisto grafitoso com camada de alteração ocre.	Gr xisto + Ca filito	110/45, 135/38	Lest: 120/28	
C-601	589642/7657868	Barranco alterado de filito violeta com veios de Qtz	Gr xisto	166/40	Lint: 128/25	
C-602	589866/7657556	Afloramento muito alterado com cor de alteração ocre.	Ca filito	180/30		
C-603	589859/7657173	Afloramento alterado de bandas intercaladas vinho e ocre. Bandas violeta possuem lineação de intersecção por camada branca quartzítica.	Gr xisto	108/24, 080/20, 057/25	L2: 145/10; B2: 118/20; Lint: 128/05	
C-604	590286/7656453	Pedreira de calcário abandonada. Vemos escorregamentos de filito grafitoso por cima do calcário.	Calcário		Lint: 325/05, 342/01	Acamadamento: 223/33, 245/10, 157/12, 060/15
C-605	590239/7656033	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	127/20, 060/45	B2: 312/05	S1: 220/70
C-606	590210/7656093	Filito grafitoso intercalado com níveis arenosos (metarenito ou metassilito micáceo).	Gr xisto	148/34, 168/30, 117/24, 098/35	Lest: 114/26, 118/21; Lcr: 112/15, 130/20	Scr: 056/53
C-607	590633/7655643	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	117/36	Lint: 136/33	
C-608	590669/7655403	Xisto grafitoso com veios quartzo-feldspáticos. A NE do afloramento, entramos em zona de charneira com dobras parasitas de dobra sinformal perdidas dentro da foliação.	Gr xisto	155/05, 115/40	B2: 137/10	
C-609	590710/7655212	Afloramento com cor de alteração vinho, com porções bem arenosas.	Gr xisto	095/05, 030/10, 220/10	B2: 264/22	
C-610	590365/7654395	Afloramento com intercalações de bandas ocre e vinho.	Gr xisto + Ca filito	068/18, 116/20, 135/30, 100/30, 096/35	Lcr: 100/30; Lint: 105/10	
C-611	590236/7654320	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	136/25, 161/25, 123/25, 100/37, 120/37, 145/25, 110/20	Lint: 108/20; Lcr: 098/35, 120/25	
C-612	590063/7654020	Xisto grafitoso com bandamentos finos arroxeados, brancos e cinzas. Zona intensamente deformada e com dobras desarmônicas, formando uma figura de interferência tipo 3.	Gr xisto	180/33, 130/45, 162/19, 240/15, 120/26, 176/26	Lcr: 116/33, 125/30, 125/15	PA: 070/80, 175/20, 120/77
C-613	590179/7653070	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	212/07	Lest: 110/00	
C-614	590302/7652809	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	152/10, 125/30, 125/35	Lint: 105/32, 100/30	
C-615	590322/7652603	Xisto grafitoso com banda de cisalhamento formando par S-C, no pavimento da estrada, de ordem centimétrica, com movimento sinistral.	Gr xisto	082/43, 163/38, 337/20, 270/10	Lint: 285/15, 290/05; B: 228-/05, 180/00	PA: 134/85, 273/75
C-616	590418/7652245	Xisto grafitoso dobrado.	Gr xisto	146/46, 164/50, 024/17, 054/41	Lcr: 065/10; B: 099/04	PA: 200/70
C-617	578071/7661025	Grafita xisto/filito - zona de falha, o xisto cavalga ele mesmo.	Gr xisto	S1: 142/70, 144/55, 174/65, 160/85, 140/20, 122/30, 115/40, 174/35, 105/35, 100/40, 122/30	Lint: 164/65, 146/60, 200/80, 142/30, 140/28, 150/22, 160/20	
C-618	578041/7660889	Xisto grafitoso com intercalações de metarenito	Gr xisto	S1: 110/70, 105/60, 130/33	Lint: 148/55, 120/30	
C-619	578055/7660750	Xisto grafitoso com intercalações de metarenito centimétricas	Gr xisto	S1: 104/40, 125/35, 103/35, 160/10	Lint: 124/40, 130/33	

C-620	577688/7660664	Xisto grafitoso alterado	Gr xisto	S1: 160/25, 090/55, 130/25, 105/80	Lint: 110/15, 138/63; Lcr: 150/25	
C-621	577251/7660303	Xisto grafitoso alterado	Gr xisto	S1: 135/30, 144/25, 165/42, 108/50, 120/40, 104/45, 158/50, 145/50, 163/50	Lcr: 220/05, 114/20, 130/48, 125/48, 125/44; Lint: 115/35, 130/35, 124/45, 118/45	
C-622	577215/7659970	Xisto grafitoso começa a ficar amarelado, Gr diminui e prevalece um Chl-Ms-Qtz xisto, com veios de Qtz que truncam a foliação e formam arranjos S-C	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	150/25, 130/55, 160/25, 132/05, 128/50, 135/75, 148/52, 148/subhoriz, 137/35	Lcr: 120/55, 122/25, 128/10, 055/35, 072/60, 080/25, 100/05	
C-623	577324/7659685	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto com veios de Qtz. Clivagem de crenulação, boudin de foliação e dobras sinfoliais dos veios são observados.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	S2: 100/25, 142/40, 110/25, 130/60, 144/30, 110/30, 128/45, 145/25	Lcr: 118/30, 092/55, 096/23, 120/32, 107/42, 050/25	clivagem de crenulação: 080/90, 055/25
C-624	577482/7659385	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto amarelado. Mesmo padrão de foliação, veios de Qtz e estruturas S-C que temos observado.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	S2: 118/35, 130/25, 130/27, 124/50	Lcr: 270/10, 148/25; Lint=L2= 124/50	
C-625	577565/7659010	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto. Níveis metareníticos se tornam mais frequentes e mais espessos. O metarenito forma dobras sinfoliais, desenvolve estruturas S-C e boudins.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	105/50, 126/50, 100/35		
C-626	577510/7658797	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto com metarenito.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	110/57, 136/50, 125/55	B2 em S1: 156/25, 160/25, 135/47, 140/45	clivagem de crenulação: 186/65, 130/75; Par S-C: S - 090/35 e C - 135/55
C-627	577594/7658339	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	104/30, 120/55, 146/45		
C-628	577589/7658039	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto com níveis metareníticos e veios de Qtz dobrados e segundo a foliação. Há níveis com mais Gr dando uma cor arroxeada.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	128/23, 100/30	Lcr: 128/20; Lb: 095/30	
C-629	577158/7657033	Mesmo padrão de intercalações, porém com níveis mais grafitosos (violeta escuro).	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	140/57, 130/55, 132/40	Lint=L2: 108/55	
C-630	577130/7656769	Os níveis de metarenito continuam frequentes porém bem menos espessos.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	140/50, 140/30	Lcr: 100/40, 110/30; Lcr posterior: 065/35	
C-631	578285/7655773	Mesmo padrão de intercalações. Convém chamar o Chl-Ms-Qtz xisto de pelito, pois é bastante fino e argiloso.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	120/50	Lcr: 093/40	
C-632	579348/7654218	nível de Chl-Ms-Qtz xisto é mais espesso. Mesmo padrão de intercalações.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	080/40, 075/40, 075/55	Lcr: 085/55	clivagem de crenulação: 175/70
C-633	580548/7652700	Chl-Ms-Qtz xisto é mais proeminente com intercalações finas de Gr.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	055/35	Lint=L2: 140/27	
C-634	580559/7652268	Chl-Ms-Qtz xisto é mais proeminente com intercalações finas de Gr.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	120/10, 124/09, 080/10, 088/10, 043/15	Lcr: 322/05, 115/05	
C-635	580672/7652075	Gr ou Mn-Chl-Ms-Qtz xisto com porfiroblastos de Mn e níveis milimétricos.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	266/02, 085/10	Lcr: 305/08	
C-636	581196/7651654	Chl-Ms-Qtz xisto com níveis ocre (carbonato).	Gr xisto + Ca filito	142/03, 182/15, 180/05, 148/05		
C-637	581313/7651310	Chl-Ms-Qtz xisto com níveis menos espessos ocre (carbonato).	Gr xisto + Ca filito	120/25, 144/05, 130/12	Lcr: 160/05, 075/02	
C-638	581304/7651070	Chl-Ms-Qtz xisto com níveis ocre (carbonato).	Gr xisto + Ca filito	110/20, 130/18, 170/10, 125/30, 155/33, 163/30, 155/27	Lint=L2: 097/25, 115/25	
C-639	581692/7650603	Gr xisto com intercalações do Ca-filito.	Gr xisto + Ca filito	142/15, 095/37	Lcr: 100/15	
C-640	582443/7649656	Gr xisto talvez com ocre, pois são lâminas bem finas.	Gr xisto + Ca filito	126/25, 122/20, 220/03		
C-641	582780/7649113	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto com níveis de metarenito. Porções ocre geram duvida, mas assume-se que sejam o Ca-filito.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	140/25, 120/35, 154/25, 140/35	Lcr: 176/35, 065/10	

C-642	582905/7648921	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto com níveis de metarenito. Porções ocres geram duvida, mas assume-se que sejam o Ca-filito.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	168/30, 133/50, 140/33, 130/30	Lcr: 105/20, 060/10	
C-643	582918/7648408	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto com níveis de metarenito centimétricos. Afloramento muito alterado com cor avermelhada/alaranjada de solo, ocres são duvidosos.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	110/36, 142/42	Lint: 060/30; Lcr: 060/10	
C-644	582805/7648191	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto com níveis de metarenito. Afloramento muito alterado com cor avermelhada/alaranjada de solo, ocres são duvidosos.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	150/37, 158/10	Lest: 080/10, 202/05	
C-645	584081/7646401	Gnaiss do embasamento muito alterado. Cores de alteração vermelho escuro, brancas e amarelas, indicando os níveis de Bt e os quartzo-feldspáticos.	Bt gnaiss milonítico			
C-646	584325/7646302	Caulim maciço, proveniente da alteração do Fsp, deve se tratar do embasamento. Gnaiss.	Bt gnaiss milonítico			
C-647	577739/7651991	Voltamos para mais a N (bifurcação). Xisto grafitoso com cores de alteração de solo avermelhadas. Pares S-C com topo de sentido contrário ao mergulho.	Gr xisto	123/30		
C-648	577295/7651847	Xisto grafitoso com níveis ocres que não são da presença de carbonato, mas do intemperismo.	Gr xisto	110/26, 100/30		
C-649	576857/7647752	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto com pouquíssimos níveis arroxeados.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	134/30, 140/35, 118/40, 152/27, 130/47, 127/35	Lcr: 072/15	
C-650	575198/7647192	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto com bandamento diferenciado preservado praticamente ortogonal à foliação em escala milimétrica, além de crenulações preservadas de Chl e Ms.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	145/30, 152/50		
C-651	573894/7647119	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto.	Gr-Chl-Ms-Qtz xisto	150/50, 178/35, 175/45	Lint: 105/15; Eixo b: 095/30	
C-652	574222/7645641	Boçoroca do Bt gnaiss (embasamento). Melhor afloramento do embasamento. Vemos alterações indicativas de Bt e níveis ocres anfibolíticos. Gnaiss bem milonitizado, com estiramento das bandas mais diferenciadas e porfiroclastos simétricos, e crenulações abertas. Mergulho comprova o cavalgamento do embasamento sobre os metawackes.	Bt gnaiss milonítico	175/43, 160/70, 190/35, 174/35, 165/40, 184/40, 165/50	Lest: 080/02, 245/15, 094/02, 070/05, 250/10, 230/10; Lint: 250/05	

ANEXO – FICHAS PETROGRÁFICAS

Lâminas C-612 A, C-581, C-582:

(Procedência: Barroso, MG)

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

- **Estrutura:** a rocha é foliada e possui bandamentos milimétricos de comportamento semelhante que diferem mais na proporção de Gr e granulação. As bandas estão crenuladas com comportamento de arranjo par S-C. Crenulações anteriores encontram-se preservadas localmente na lâmina.
- **Textura e mineralogia:** a rocha possui textura lepidoblástica e granulação muito fina, a ponto que dificulte individualizar os cristais de mica sinfoliais. A mineralogia é constituída por mica branca (Ms – 40%), Qtz e (Pl) (20%), Gr (35%) e opacos finos (agulhas) prismáticos (5%). Os cristais de Ms podem ser divididos em duas gerações (a) as Ms sinfoliais muito finas que formam bandas de arranjo par S-C (sigmóides/lentes) e (b) as Ms pós-cinemáticas de cristais de granulação mais grossa (fina – até 0,5 mm) dispostas quase ortogonalmente à foliação, normalmente acumuladas em zonas axiais e associadas a porfiroblastos. Os porfiroblastos de opacos finos e prismáticos se dispõem ortogonalmente à foliação e as bandas micáceas podem apresentar deformações condicionadas por eles. É comum observar uma alteração avermelhada de óxido de ferro, normalmente mais associada à Gr. Pode ocorrer Bt pós-cinemática (C-577) disposta segundo plano axial de microdobra. No mesmo plano axial, há banda granoblástica de quartzo muito fino de recristalização dinâmica. Podem apresentar epidoto como mineral acessório (C-582). A lâmina C-577, ainda, apresenta em torno de 20% de Chl sinfolial ou cristalizada em zonas de sombra de pressão das bandas granoblásticas junto a Bt.
- As bandas claras sem presença de Gr possuem um aspecto mais recristalizado apesar de uma granulação muito fina. Os cristais não estão estirados, mas sim mais arredondados. Estas bandas costumam formar lentes.

Os grafita xistos são sempre muito alterados, o que impede o reconhecimento de algumas fases minerais como a presença de carbonatos. Há duas crenulações, uma preservada em microlithons de Ms da S1, e outra suave e aberta, talvez indicando fase posterior à D2.

➔ Ilm-Gr-(Chl)-Qtz-(Pl)-Ms xisto com biotita, ou não.

Lâminas C-580A (orientada) e C-580 B:

(Procedência: Barroso, MG)

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

- **Estrutura:** rocha é bandada, com bandamentos claros e escuros de diferentes espessuras (5 a 0,1 mm – ou seja, mili a submilimétricos). Geralmente, os bandamentos mais escuros são os de espessura submilimétrica e granulação mais fina; algumas destas são lenticulares e descontínuas (ligeiramente deformadas). Os bandamentos mais claros possuem granulação mais grossa e são mais espessos. Há bolsões de granulação mais grossa que se destoam do resto da lâmina.
- **Textura, mineralogia e granulação:**
 - Bandas claras: são compostas geralmente por Qtz (25%), carbonato (50%), Bt (15%), Gr (5%), Chl (2%), Pl (3%). A granulação é fina (cristais até 1mm no máximo). A textura é granoblástica, os cristais de Qtz e carbonato foram recristalizados e orientados segundo a S2. As bordas dos cristais de Qtz são retilíneas, enquanto os cristais de carbonato apresentam bordas mais irregulares e “carcomidas”, por vezes – e com geminação polissintética, quase sempre. O Qtz raramente apresenta extinção → recristalização estática, na maior parte da lâmina. Em algumas porções, porém, há grãos de contatos irregulares mostrando extinção ondulante suave, o que pode indicar uma recristalização sobreposta a baixa T. o carbonato tem um comportamento reológico muito distinto pois é muito mais dútil e maleável desde Ts muito baixas, o que pode justificar o comportamento irregular das bordas dos cristais de carbonato (recristalização do carbonato pode ocorrer a partir de 300°C). As bandas são manchadas por Gr que pode formar lentes. Nos limites das bandas há maior ocorrência de Bt e Chl, o que coincide com as finas bandas escuras, muitas vezes.
 - Bandas escuras: são compostas por Qtz (10%), Bt (50%), Chl(15%), Gr(5%), carbonato (20%). A granulação é muito fina em geral. A textura é granolepidoblástica com a foliação demarcada principalmente pela Bt que é a fase mineral predominante. A foliação ainda é acompanhada por óxidos de Fe e Gr (muita). A Bt é alongada e prismática e amolda os cristais de Qtz e Pl. estes, é comum que apresentem extinção ondulante com bordas mais irregulares. Em algumas porções, por outro lado, os cristais tem bordas retilíneas e são bem alongados. A recristalização predominante é a dinâmica e localmente, estática. Há cristais de Bt oblíquos à foliação, talvez representando uma fase anterior.
 - Bolsões lenticulares: tem granulação mais grossa, com cristais de até 1 mm. São compostos por Qtz, alguns filetes de Bt e Chl muito escassos, bastante carbonato (geminado), opacos com bordas avermelhadas, ocasionais ocorrências de Sph. Cristais de Chl oblíquos entre si e bastante prismáticos podem indicar geração posterior. as lentes são amoldadas por lâminas escuras de Gr, Bt, Chl, Qtz e Pl. o carbonato frequentemente exhibe bordas mais retilíneas e bastante inclusões de Qtz. O Qtz está recristalizado com bordas retilíneas (recristalização estática), às vezes é sobrecrecido por Chl prismática e retangular oblíqua à S2. A extinção ondulante do Qtz é bem sutil.
- A banda cinza escura que se destaca na amostra de mão e na lâmina apresenta um comportamento mais homogêneo quanto à granulação e composição mineralógica. É composta por carbonato, Qtz, Pl, Chl, Bt, Gr e opacos. A granulação é muito fina e a textura é lepidogranoblástica. O carbonato é a fase predominante com cristais bastante alongados, todos orientados e bordas mais retilíneas, são normalmente

bordeados por Gr e acompanhados por Bt e Chl. Em algumas porções, há cristais de Bt e Chl oblíquos à foliação amoldando sigmoides de agregados de Qtz e outros (Chl) que são de geração pós-D2.

→ Qtz-Chl-Bt-Gr-Carbonato xisto.

Lâmina C-572-2A e 2B, C-575 2A, 2B e 2D, C-573, C-574, C-574-2, C-572, C-576:
(Procedência: Barroso, MG)

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

- **Estrutura:** foliada com bandamentos diferenciados, divididos em bandas claras e escuras de espessuras que variam de mili a submilimétricas.
- **Textura:** as bandas claras são granoblásticas de granulação fina ou muito fina. Geralmente, essa diferença de granulação é delimitada pelas bandas lepidoblásticas ou por sutis mudanças na orientação. Estas bandas formam bolsões lenticulares e são, em sua maioria, descontínuas. As bandas escuras são lepidoblásticas, as quais podem ser divididas em bandas exclusivamente compostas de minerais micáceos e em bandas de micas (>%) e minerais granulares de granulação muito fina, em proporções similares.
- **Composição:**
 - As bandas granolepidoblásticas são compostas por Qtz, Bt, Ms, Chl, carbonato. Essas bandas apresentam diferentes comportamentos quanto à granulação e ocorrência de Ms, Bt e Chl, espessura e continuidade.
 - Bandas de granulação mais grossa possuem geralmente os cristais de Qtz estirados/alongados com cristais de Bt bem alongados em meio ao Qtz. Ainda, a Bt costuma amoldar as bandas lenticulares de Qtz; neste caso, os cristais de Bt são maiores e bem alongados. Pode ocorrer Chl associada à Bt (Chl veio primeiro). São mais "retilíneas" com orientação da Bt segundo a S2. No interior destas bandas podem ocorrer bandas de Ms muito fina (filíticas).
 - As bandas de granulação mais fina (0,1-0,3 mm) são compostas por Qtz e mais Ms, a ocorrência de Chl é mais expressiva que a da Bt. Essas bandas formam geralmente os bandamentos e são amoldadas por Bt "grossa" (máximo 1 mm provavelmente). A Ms é fina e costuma estar oblíqua à Bt, demarcando uma fase de deformação anterior, S1. Localmente, são encontrados ribbons de Qtz em meio às bandas finas dobradas (as que tem mais Ms – dobras D2 da S1). Outras porções possuem lâminas de Ms bem concentradas e muito finas associadas a concentrações de Gr. Essas bandas tem um aspecto filítico e são as mesmas que citei no item anterior. E, localmente, ocorrem cristais grandes de Bt bem prismáticos dispostos quase ortogonalmente às bandas, que estão crenuladas → Bt pós-cinemática.
- Nas bandas granoblasticas ocorrem níveis de carbonatos que podem ocupar até 50% das bandas geralmente subidiomórficos/xenomórficos.
- * a padronização das bandas é difícil, pois os dobramentos intercalam bandas de granulações diferentes e quando as bandas não são delimitadas por Bt, as granuações variadas dão um aspecto inequigranular. Acredito eu que as bandas mais grossas se tratem da estabilização da deformação D2, onde há cristais de Bt claramente demarcando a S2, assim como os ribbons de Qtz. As porções mais finas seriam remanescentes da S1 (Qtz e Ms finos prevalecem).
- De modo geral, a Bt demarca a S2 com cristais em torno de 1 mm bem formados e alongados. Ela amolda as bandas lenticulares e crenuladas. Cristais menores de Bt, porém de mesma orientação, ocorrem no interior de bandas granoblásticas de ribbons de Qtz. A Bt está sempre associada à Chl, onde a Chl está no núcleo, mostrando que a Bt é posterior. A Ms é mais fina e oblíqua à foliação, geralmente; ela forma crenulações e representa a S1. Ela se concentra nas bandas de granulação muito fina e até filítica, onde pode haver bastante ocorrências de Chl, mais que a Bt. Nestas bandas que registram as crenulações preservadas da S1, é comum observar opacos alongados preenchendo as clivagens das crenulações e as superfícies C dos pares S-

C, assim como acompanhando a foliação. Cristais de Bt de geração pos-cinemática são observados dispostos ortogonalmente à foliação e possuem hábito bem retangular e prismático. Nas porções mais finas, ocorrem cristais de Pl, geralmente geminados, porém em pequena proporção. Em outras porções, podem ocorrer Pl como porfiroblastos. Níveis carbonáticos ocorrem tanto em badnas de granulação fina e muito fina. O Qtz é muito abundante, recristalizado com bordas subretilíneas. Extinção ondulante intensa foi observada apenas localmente, mais comumente nos porfiroclastos de Qtz. Portanto, o que predomina é a recristalização estática.

→ Gr-Ms-Chl-Bt-Qtz-(Pl) xisto com carbonato.

Lâmina C-584A (orientada), C-584B, C-598A, C-598 BI e BII, C-586:
(Procedência: Barroso, MG)

DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA:

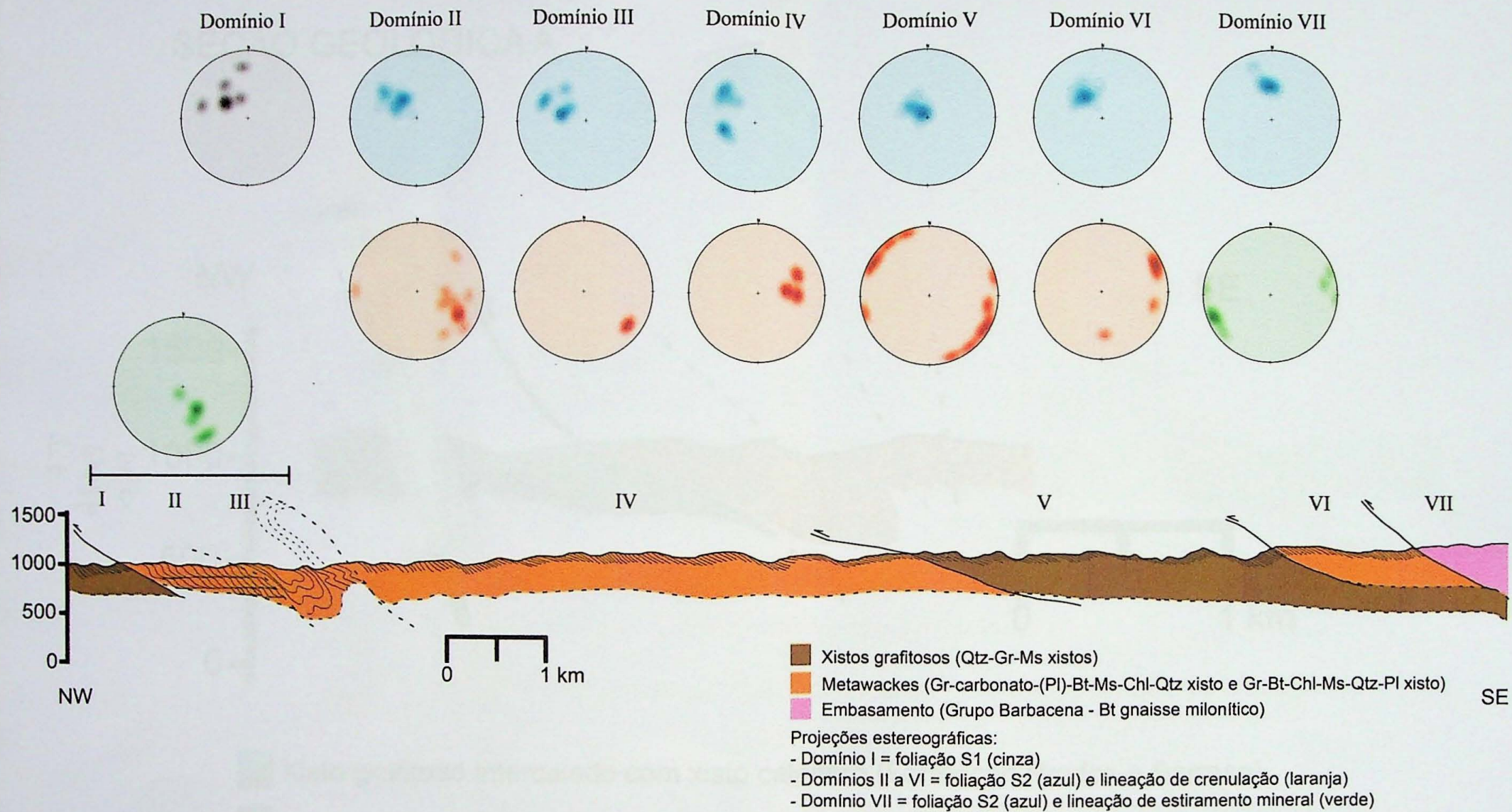
- **Estrutura:** rocha de estrutura bandada com diferenças mineralógicas, de granulação, espessura. As bandas menos espessas costumam ser descontínuas, formando lentes e bolsões. São comuns crenulações suaves e dobras intrafoliais (1cm). As espessuras das bandas variam de 0,5 a 1,5 cm.
- **Textura, composição e granulação:**
 - Bandas claras: são compostas por Qtz (25%), Pl (25%), Bt (20%), Chl (15%), Ms (10), opacos (5%). Ocorrem epidoto, apatita e titanita, como acessórios. Possuem textura granoblástica e granulações que variam de 0,3-1mm (muito fina a fina). As bandas de granulação fina (1mm) estão na forma de bolsões lenticulares com ribbons de Qtz de bordas retilíneas, geralmente, sem extinção ondulante ou bem sutil, que sugere recristalização estática. Estes bolsões são essencialmente compostos por Qtz com filetes de Bt mais raros presentes. As bordas dos bolsões podem ser envoltas por Chl e Bt de granulação milimétrica e cristais bem formados. Estas bandas também podem ser contínuas com um aspecto pinch-and-swell. Há porfiroclastos de Pl de bordas fraturadas e geminação polissintética, os porfiroclastos são predominantemente do tipo delta com sombra de pressão formada pela Chl. Como acessório, é comum observar epidoto. As bandas de granulação muito fina formam dobras intrafoliais assimétricas compostas principalmente de Qtz com contatos retilíneos, mostram recristalização dinâmica de maior T com rotação de subgrãos. Nas zonas axiais dessas dobras são encontradas zonas de granulação bem mais fina de Qtz e cristais de Bt de granulação milimétrica bem alongados e orientados segundo a foliação plano axial (S2). Nestas mesmas zonas ocorrem cristais de Bt oblíquos à foliação, prismáticos e curtos (finos) sugerindo uma fase anterior, talvez com a Ms fina que forma arcos poligonais.
 - Bandas escuras: são compostas por Bt (25%), Chl (10%), Ms (35%), Qtz (18%), Pl (7%), opacos (5%). Tem textura lepidoblástica e granulação bem fina no que diz respeito ao Qtz, Pl e Ms, no geral. A Bt que demarca a S2 é sempre idioblástica, bem alongada e mais grossa que as outras micas. As bandas escuras podem ser divididas em (1) lâminas compostas por Bt orientada segundo a S2, estas normalmente demarcam bandamentos diferenciados e (2) bandas crenuladas de composição predominantemente das micas (Ms, Chl e Bt) com porfiroblastos de Qtz e Pl. Geralmente, ambas as bandas ocorrem associadas, a Bt sin-S2 costuma bordejar os limites superior e inferior das bandas micáceas mais finas (ou filíticas). A estruturação dessas bandas é mais caótica. A Ms é submilimétrica (não dá pra individualizar os cristais) toda crenulada e oblíqua à S2 formando pares S-C delimitados por Bt sin-S2 e microdobras. Nestas bandas ocorrem Qtz e Pl como porfiroclastos com sombras de pressão preenchidas por Bt sin-S2. Os porfiroclastos podem ser de agregados de Qtz com extinção ondulante e bordas irregulares, sugerindo recristalização dinâmica de Pl com bordas fraturadas e sericitizado (Pl substituído em partes por Ms, sericita e epidoto), com tamanhos de até 1 mm e possuem muitas inclusões de zircão, Ms e um mineral esverdeado (Ctd???). também é observada Bt pós-cinemática com cristais retangulares ortogonais à foliação. Como acessório ocorre o epidoto, em inclusões de Qtz ou bordado pela foliação (Ms principalmente). Os opacos são frequentes e prismáticos ocorrem em posições caóticas não tendo relação íntima com a última fase de

deformação. É observado porfiroclasto de agregado de Qtz e pertita que pode ser considerado um fragmento granítico (foi dito por Ribeiro que o bt xisto tinha localmente seixos graníticos).

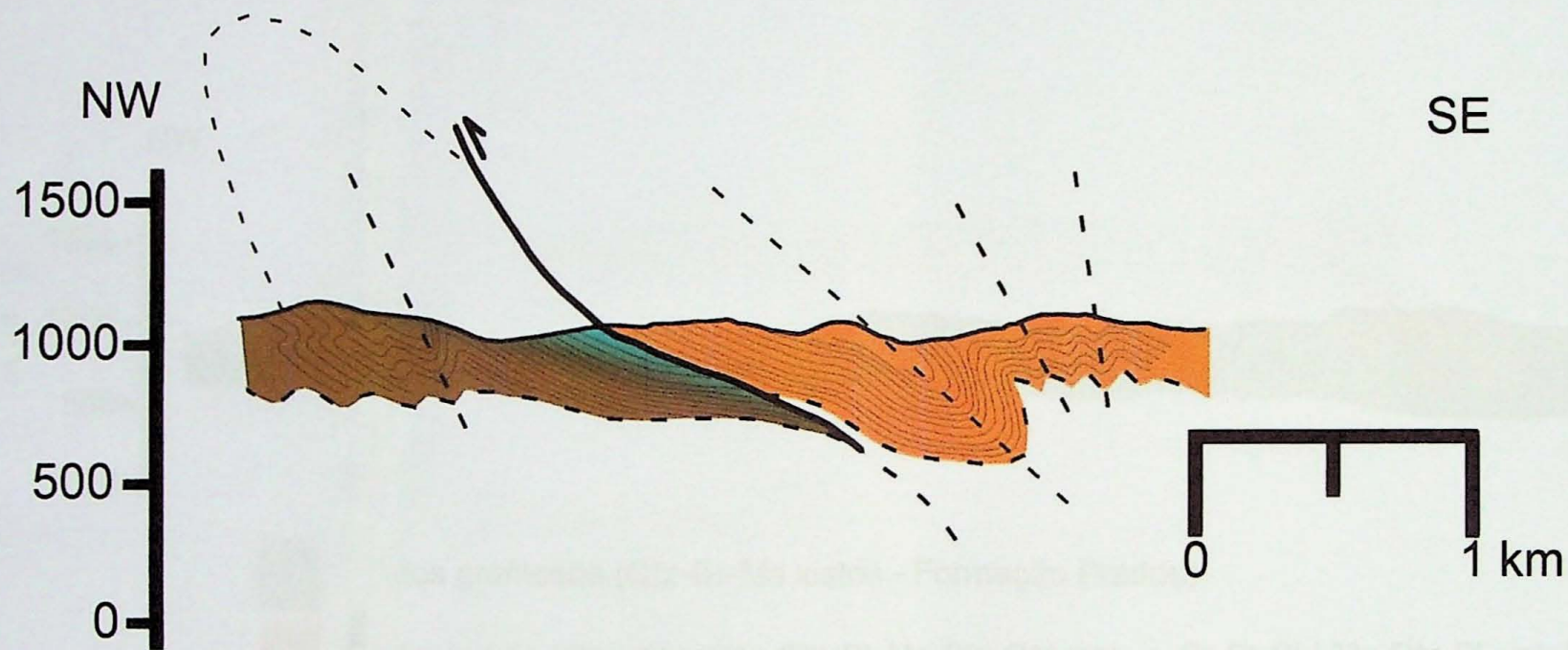
- Não tem carbonato nessa rocha. As quantidades de Pl são muito expressivas. O plagioclásio é a andesina ($An=32$).
- Bt apresenta, ao menos, duas gerações, a sin-S2 e pós-S2 (pós-cinemática).
- Ms representa a S1, nas crenulações preservadas da S1 pela D2, e forma pares S-C.
- Segundo lineações de campo, as feições cinemáticas devem apontar para o sentido de transporte de movimento.

→ Gr-Ms-Chl-Bt-Pl-Qtz xisto.

SEÇÃO GEOLÓGICA SÃO JOÃO DEL REI - PIEDADE DO RIO GRANDE (D)

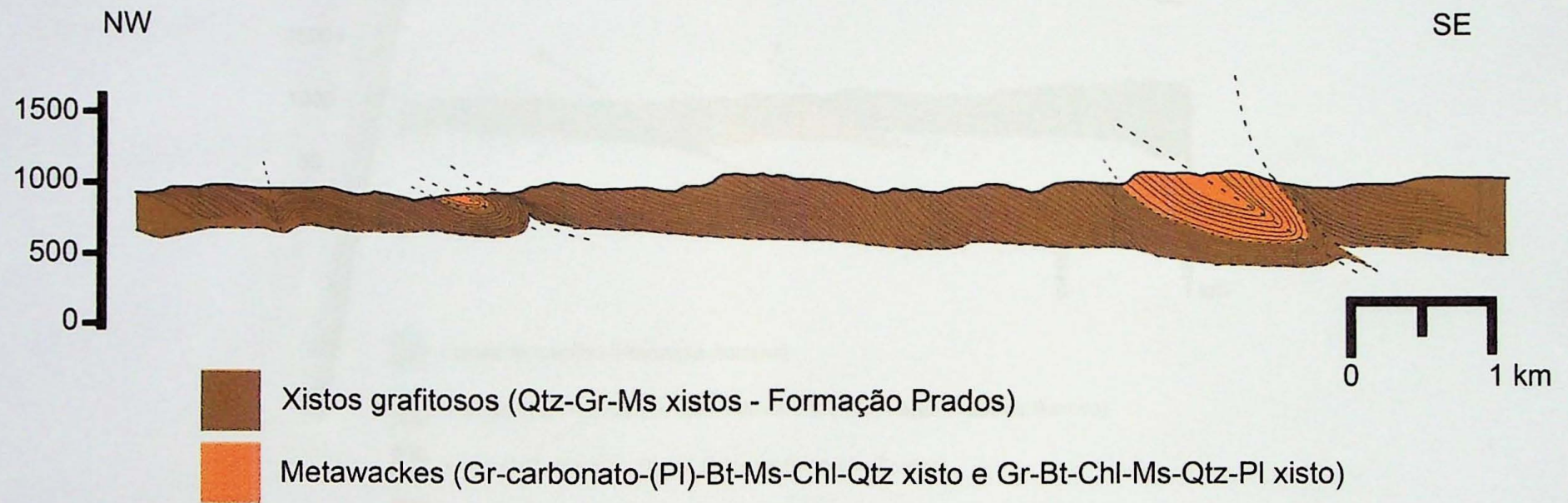


SEÇÃO GEOLÓGICA A

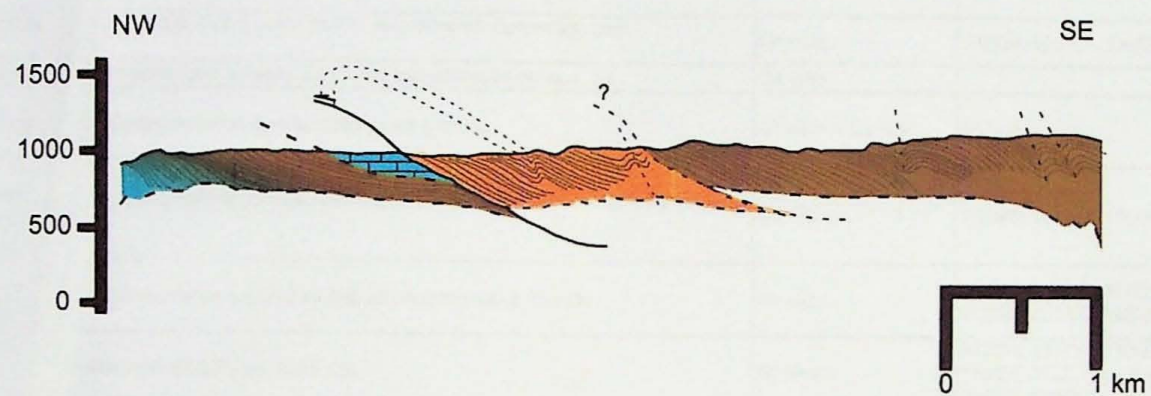


-  Xisto grafitoso intercalado com xisto calcífero (Formação Prados e Barroso)
-  Xistos grafitosos (Qtz-Gr-Ms xistos da Formação Prados)
-  Metawackes (Gr-carbonato-(Pl)-Bt-Ms-Chl-Qtz xisto e Gr-Bt-Chl-Ms-Pl-Qtz xisto)

SEÇÃO GEOLÓGICA B



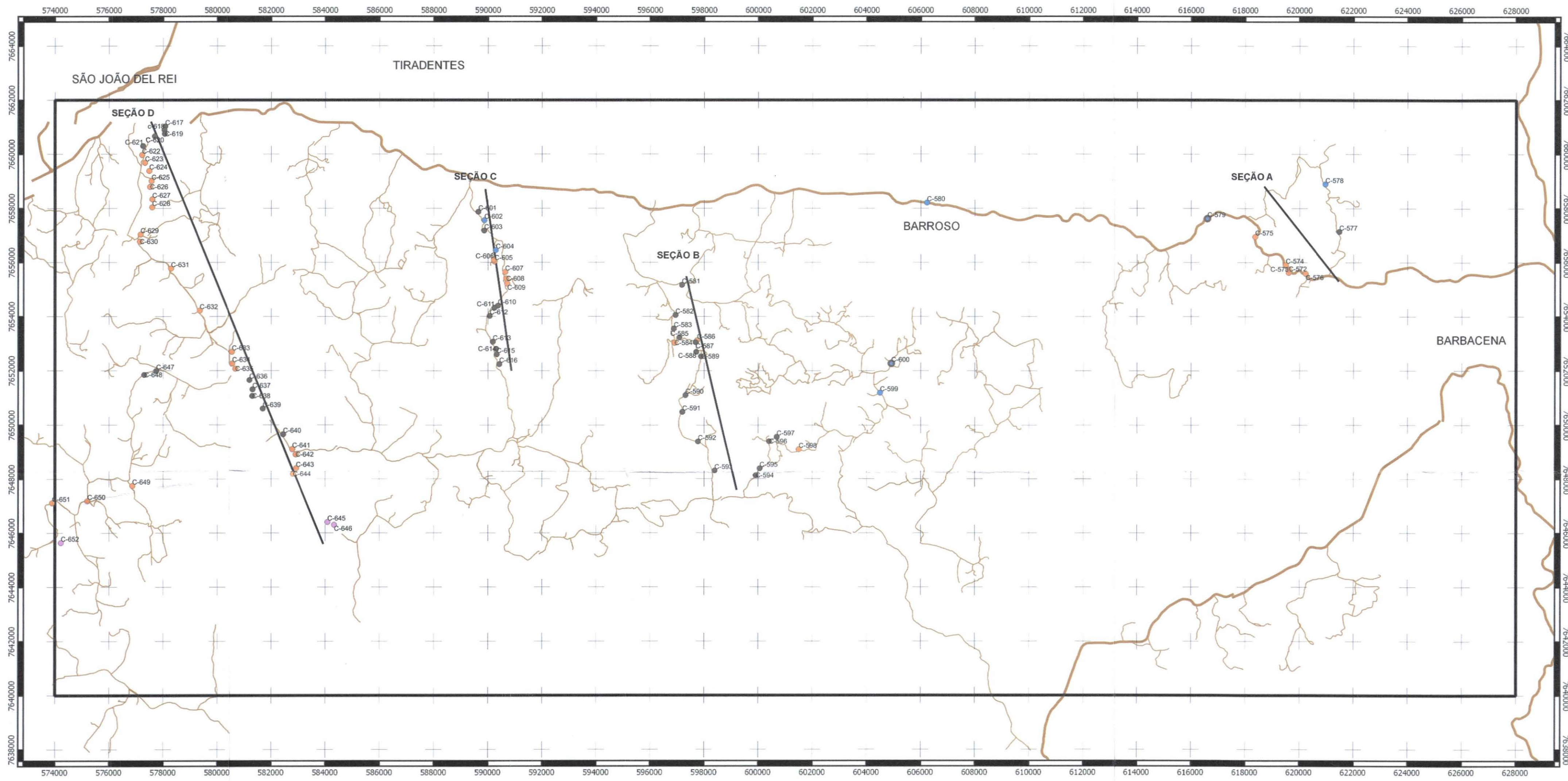
SEÇÃO GEOLÓGICA C



-  Lentes de calcário (Formação Barroso)
-  Xisto grafitoso intercalado com xisto calcífero (Formação Prados e Barroso)
-  Xistos grafitosos (Qtz-Gr-Ms xistos da Formação Prados)
-  Metawackes (Gr-carbonato-(Pl)-Bt-Ms-Chl-Qtz xisto e Gr-Bt-Chl-Ms-Pl-Qtz xisto)

Ponto	UTM	Descrição dos afloramentos	Litologia	Foliação (S2)	Lineação	Outros
C-572	619600/7655625	Afloramento bem preservado do Bt xisto. Rocha intensamente deformada, é possível reconhecer 3 fases de deformação. Padrão de veios de Qtz e bandamento diferenciado dobrados. São observadas figuras de interferência tipo 3 e indicadores cinemáticos de movimentação horária.	Bt xisto	004/35, 165/18	B2: 068/15, B3: 050/00, 065/25, 060/23, 085/23	S3: 140/45, 132/45, PA: 168/65
C-573	619596/7655751	Afloramento bem preservado do Bt xisto, com veios de Qtz e bandamento claro quartzítico dobrados.	Bt xisto	132/25, 150/80, 147/28, 145/18, 128/45	B2: 080/20, 273/05, L2: 090/23	S1: 080/25, 053/05
C-574	619494/7655911	Afloramento bem preservado do Bt xisto, com veios de Qtz e bandamento claro quartzítico dobrados.	Bt xisto	173/30		
C-575	618362/7656951	Bt xisto com porções esverdeadas devido à presença de Chl. Padrão de dobramento de domos e bacias.	Chl-Bt xisto	146/55, 150/25, 136/35, 200/28, 210/50, 135/35, 150/15, 175/30, 175/10	Lcr: 083/05, 088/20, 230/20, 225/10, 247/10, 247/05; Lb: 085/15, 255/05, 255/17, 235/25, B3: 254/10, 255/15	PA: 150/63
C-576	620225/7655589	Bt xisto com veios de Qtz e um bandamento branco arenoso dobrados (dobras da S1).	Bt xisto	106/27	B2: 090/15; B3: 070/30, 060/00, 060/10, 075/15	PA: 170/85, 130/35, 145/48
C-577	621469/7657140	Xisto grafitoso composto por Ms, Gr, Qtz, Fsp e óxido de Mn. Afloramento deformado com dobramentos.	Gr xisto	170/24, 093/17, 136/28	L3: 064/18, 094/13	S3: 158/38, 130/40
C-578	620955/7658897	Afloramento com cor de alteração ocre, com foliação S2 e uma estratificação oblíqua, S1.	Ca filito			S1: 110/30, 140/35
C-579	616595/7657621	Afloramento com bandas intercaladas de cores de alteração ocre e vinho.	Gr xisto + Ca filito	162-05	L2 = Lcr: 050/00; L2 = Lb: 180/50	S1: 285/25, 166/35, 080/60, 320/84, 160/50, 095/55
C-580	606222/7658207	Afloramento bem preservado, rocha composta por Ms, Qtz, Fsp e carbonatos. Dobramentos de veios quartzo-feldspáticos.	Ca filito	170/45, 167/25, 170/35	Lcr: 083/02, 083/03, 085/05; Lest: 087/03, B: 273/05	PA: 190/65
C-581	597178/7655166	Xisto grafitoso com porções bem arenosas e bolsões de Qtz acompanhando a foliação.	Gr xisto	092/25, 059/22, 097/22, 112/23, 287/30, 095/40	Lcr: 120/15, 075/25, 225/85; B: 125/20	PA: 235/80
C-582	596938/7654053	Xisto grafitoso com porfiroblastos milimétricos de cloritóide.	Gr xisto	093/34, 135/20, 132/21, 110/21, 072/27, 112/22, 098/40, 112/30	Lcr: 075/38, 097/30	
C-583	596878/7653554	Xisto grafitoso com banda branca oblíqua à foliação, formando uma lineação de intersecção.	Gr xisto	149/10, 196/19, 132/23, 075/30, 090/20	Lint: 147/10, 128/23	
C-584	596903/7653029	Afloramento em córrego, rocha fresca. Qtz-mica xisto composto por Bt, Ms e Qtz finos, deformado com dobras intrafoliais e estiramento dos cristais de Qtz, formando uma lineação de estiramento.	Qtz-mica xisto	155/25, 215/20, 072/08	Lest: 287/03, 129/04	
C-585	597086/7653231	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	100/15, 112/15	Lcr: 058/03	
C-586	597736/7653122	Afloramento de cachoeira. Qtz-mica xisto fino, com banda de filito grafitoso. Veios de Qtz dobrados. Há porfiroblastos milimétricos escuros, provavelmente óxido de Mn.	Qtz-mica xisto	142/13, 134/15	Lcr: 210/10; Lest: 087/05	
C-587	597684/7653053	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	135/10	Lcr: 217/05, 155/10	
C-588	597708/7652696	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	106/35	Lcr: 180/00	
C-589	597883/7652529	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	108/20, 172/45, 220/26	Lest: 120/20; Lcr: 345/20; Lint: 285/30	
C-590	597312/7651110	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	178/21, 135/20, 096/18, 104/52, 088/20	Lcr: 073/07, 075/05, 130/15	
C-591	597198/7650491	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	235/10	Lcr: 248/08	
C-592	597774/7649397	Afloramento alterado do mesmo xisto/filito grafitoso.	Gr xisto	162/37, 135/45		

MAPA DE PONTOS



Legenda

Unidades litológicas:

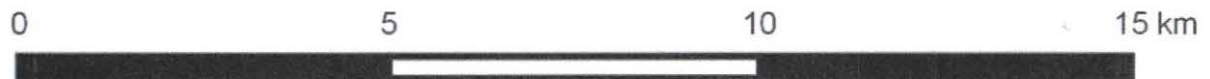
- Formação Barroso
- Intercalações da Formação Prados e Barroso
- Formação Prados
- Metawackes

— Seções geológicas

□ Área de estudo

Vias de acesso:

— BR-265



1:100.000



