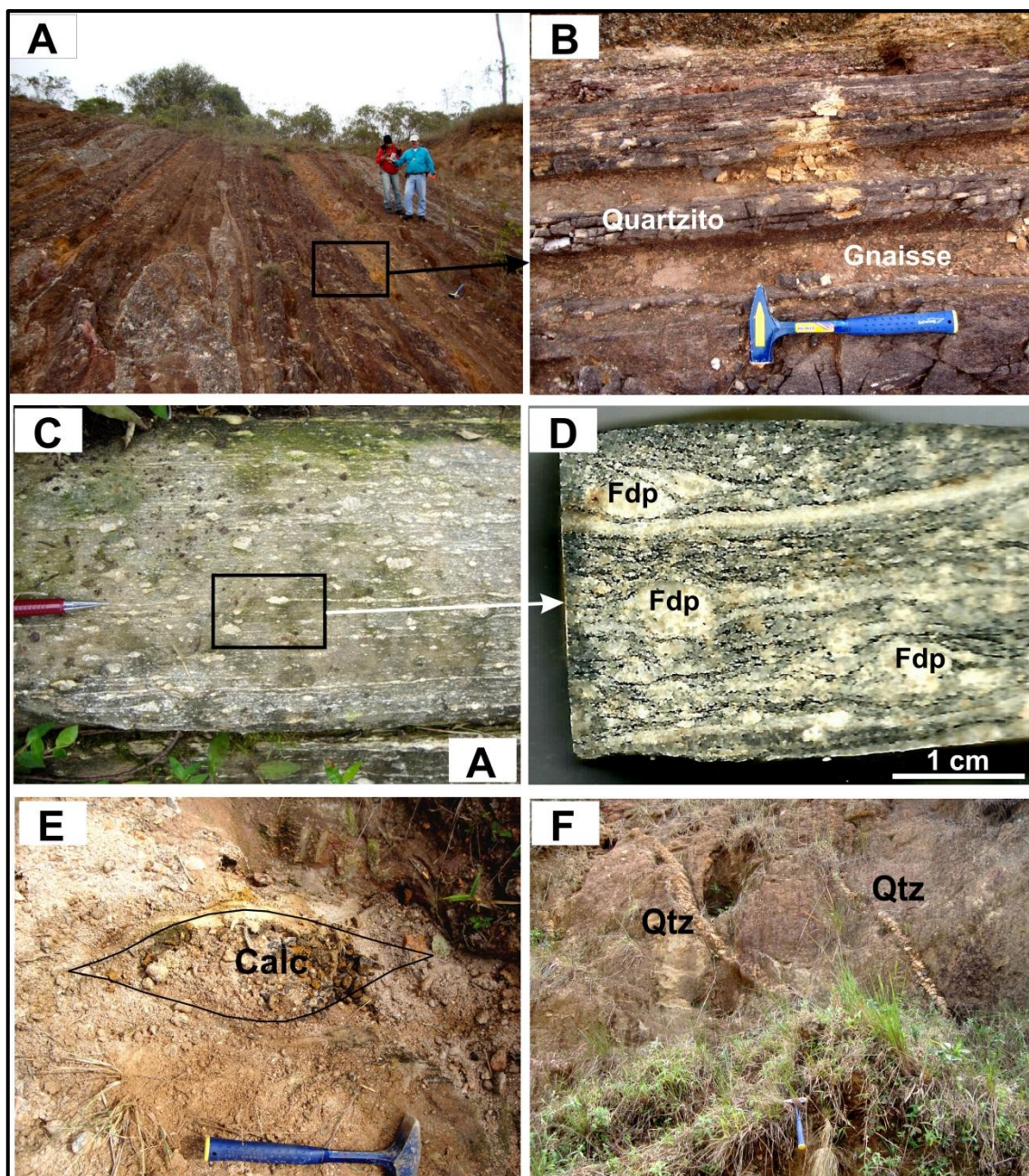


Figura 3.11: Megassequência Andrelândia (Estação de pesquisa GL-06).

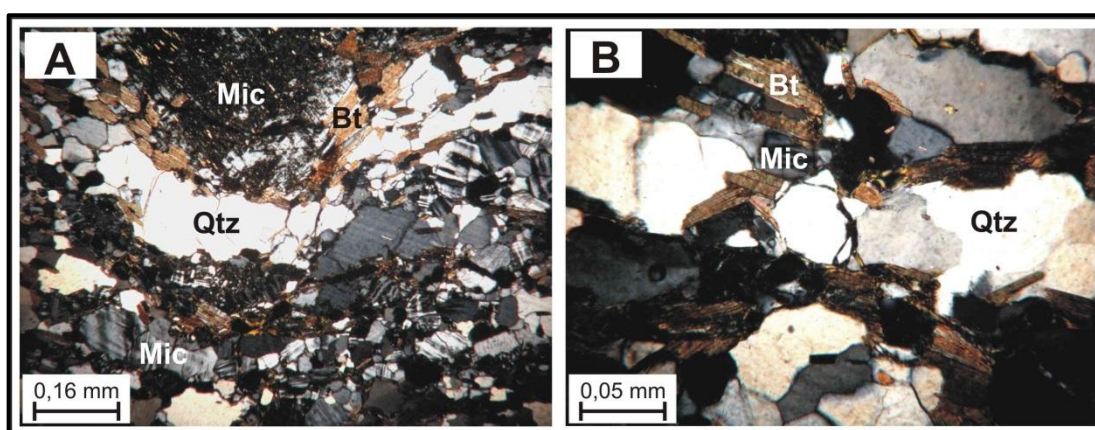


Legenda: A - Afloramento do biotita gnaiss; B - Detalhe da intercalação do gnaiss com níveis de quartzito; C - Porfiroclastos de feldspato (fdp) se destacando na foliação milonítica do biotita gnaiss; D - Detalhe dos porfiroblastos sigmoidais de feldspato; E - Boudin de calcissilicática (calc) inserido no biotita gnaiss alterado; F - Veios de quartzo (qtz) com turmalina cortando o biotita gnaiss.

Fonte: O autor, 2015.

Microscopicamente, a foliação milonítica da MSA exibe porfiroclastos de microclina (1 cm) contornados por cristais de biotita. O bandamento milonítico é devido à alternância entre o domínio granular com cristais de quartzo e de microclina maiores (0,15 mm; Figura 3.12-A) e o domínio com biotita e quartzo de dimensões menores (0,05 mm; Figura 3.12-B). O quartzo está recristalizado e fraturado.

Figura 3.12: Fotomicrografias do biotita gnaíse da Megassequência Andrelândia (Estação de pesquisa GL-06).



Legenda: A - Fitas de quartzo recristalizado e cristais de biotita contornando porfiroclasto de microclina; B - Detalhe do bandamento milonítico composto por cristais de quartzo e de biotita com dimensões menores. Mic: microclina; Qtz: quartzo; Bt: biotita. Nicóis cruzados.

Fonte: O autor, 2015.

A estimativa visual dos minerais presentes nas amostras é exibida na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Estimativa visual (em porcentagem) dos minerais presentes nas amostras analisadas quimicamente da Megassequência Andrelândia.

Amostra	Litotipo	Qz	Kfs	Pl	Bt	Op
CN-LG-10-B	Biotita gnaíse	30	50	2	12	1
CN-AL-07-B	Biotita gnaíse/xisto	40	40	1	18	1

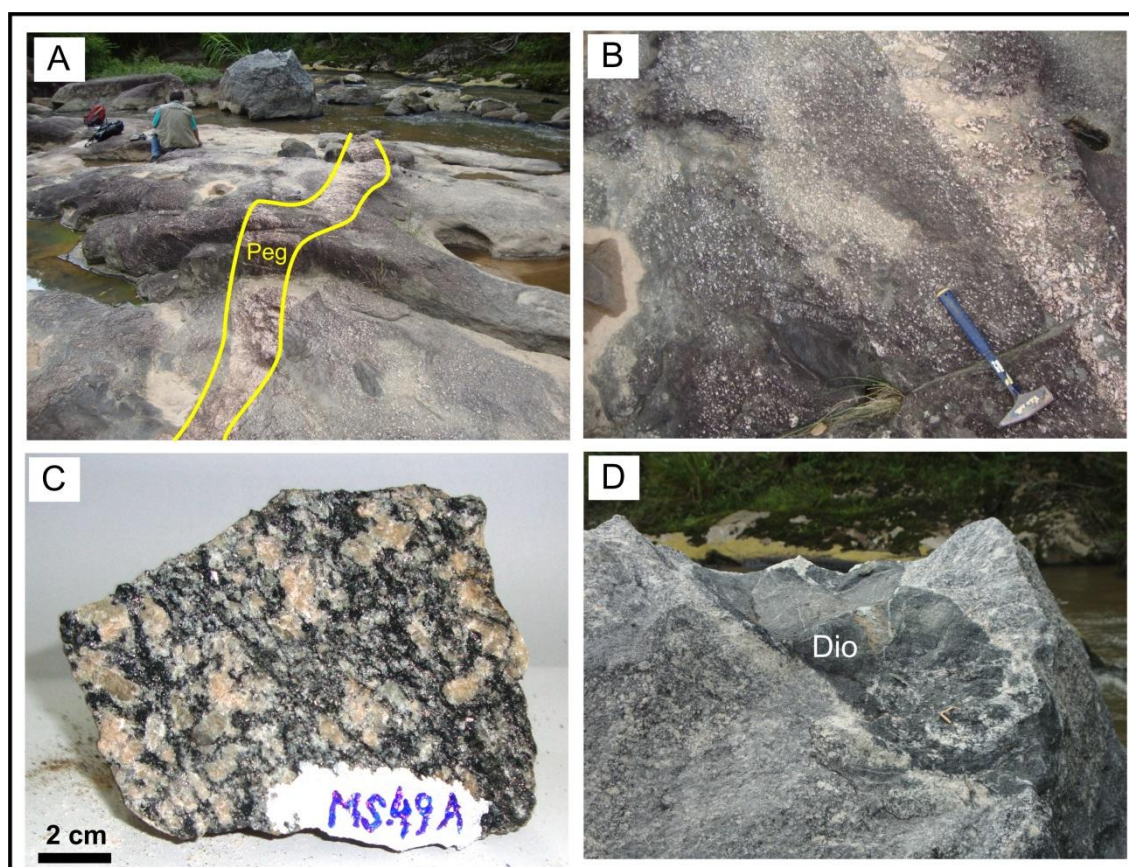
Legenda: .Qz: Quartzo; Kfs: K-feldspato; Pl: Plagioclásio; Bt: Biotita; Op: opacos.

Fonte: O autor, 2015.

3.2.2 Batólito Natividade da Serra

Um importante registro magmático presente no Terreno Ocidental é o Batólito Natividade da Serra (NAS). Possui natureza calci-alcalina e idade de 587 Ma (JANASI *et al.*, 2003), relacionado ao pico do magmatismo granítico da Orogênese Brasileira, na Faixa Ribeira. Em mapa exhibe um formato alongado na direção E-NE e sua presença impõe o relevo mais elevado da região, com até 1700 metros de altitude. O NAS ocorre sob a forma de granito porfirítico (feldspatos), com concentrados máficos indicativos de mistura magmática ou com matriz quartzo-feldspática e textura de fluxo (fenocristais eudrais de K-feldspato com até 2 cm de comprimento), ambos com magnetismo fraco; ou como granito cinza, com textura sacaroidal (quartzo e feldspato), fraturado, grão fino. Algumas ocorrências possuem restitos de biotita, xenólitos de rochas calcissilicáticas e são cortadas por pegmatitos com granulometria maior e por veios com turmalina (Figura 3.13).

Figura 3.13: Batólito Natividade da Serra (Estação de pesquisa MS-49).



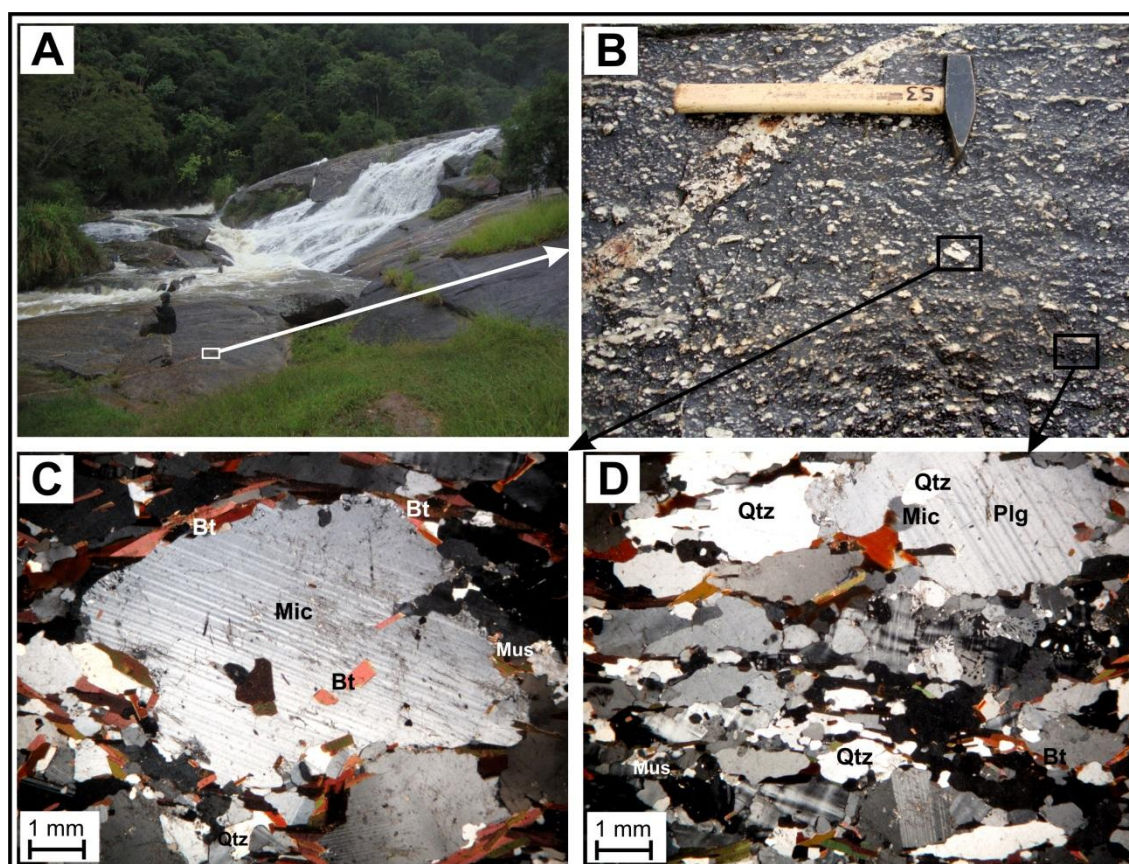
Legenda: A - Ortognaisse cortado por pegmatito (em amarelo); B - Detalhe da textura de fluxo e do pegmatito; C - Fenocristal de K-feldspato se destacando na matriz com biotita fina; D - Xenólito de diorito (Dio).

Fonte: O autor, 2015.

Microscopicamente observam-se porfiroclastos de microclina parcialmente sericitizados, com inclusões de biotita e muscovita (Figura 3.14-A). O feldspato exibe extinção ondulante. A biotita, cloritizada, contorna os fenocristais de feldspato e constitui a matriz junto a cristais subeudrais de quartzo. Plagioclásio, fraturado, exibe inclusões de microclina e de quartzo, com bordas de reação (Figura 3.14-B).

O anfibolito, raramente encontrado, possui granulação fina a média e ocorre sob a forma de boudin imerso em biotita gnaisse ultramilonítico.

Figura 3.14: Batólito Natividade da Serra (Estação de pesquisa CN-LG-12).



Legenda: A - Afloramento na Cachoeira do Pimenta, próximo à cidade de Cunha (SP); B - Detalhe da textura porfirítica. Fotomicrografias C e D: Fenocristal de microclina parcialmente sericitizado com inclusões de biotita (Bt) e muscovita (Mus); D – Cristal de plagioclásio fraturado, com inclusões de microclina (Mic) e quartzo (Qtz). Figuras C e D: Nicóis cruzados.

Fonte: O autor, 2015.

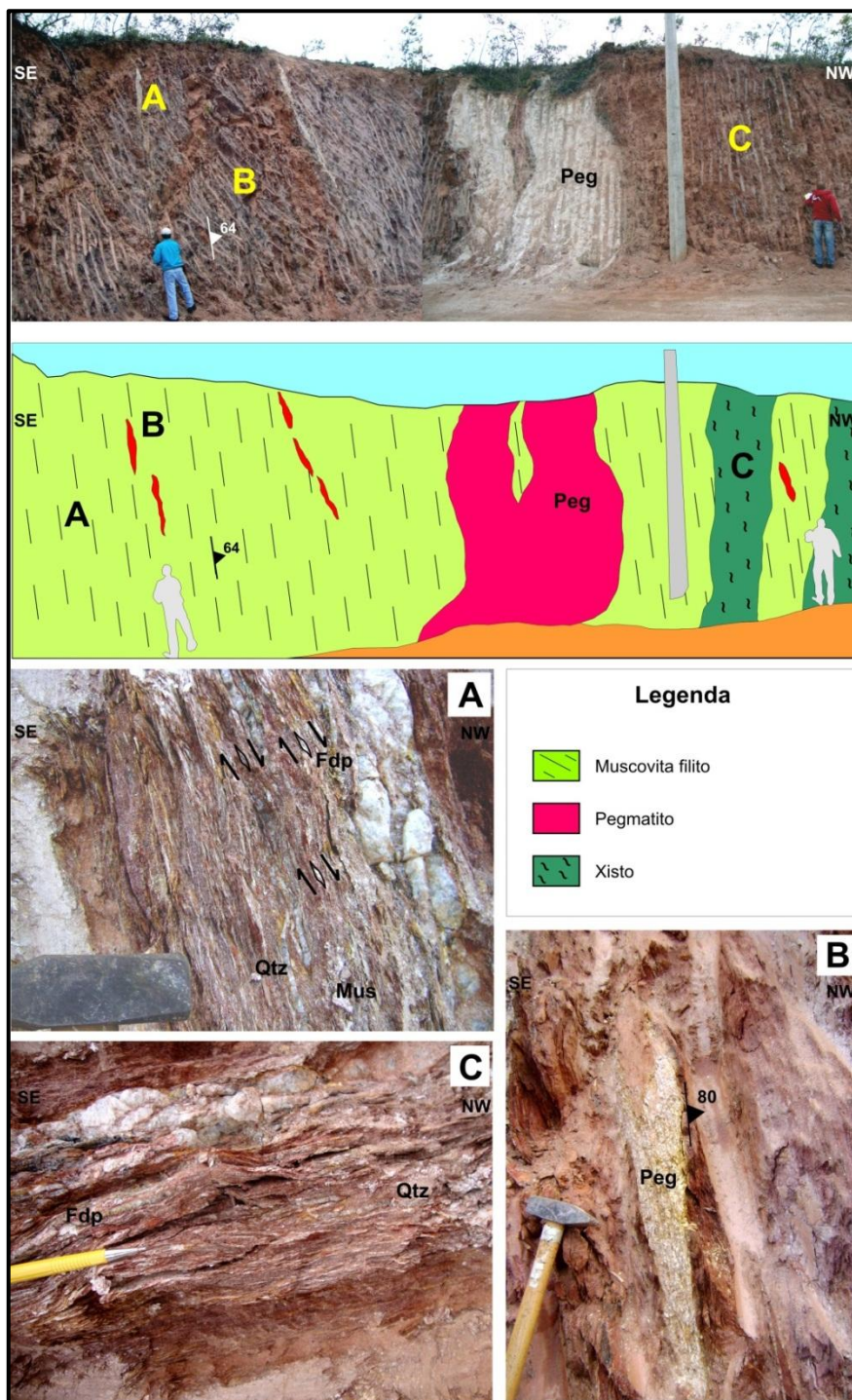
3.3 A Zona de Cisalhamento de Cubatão (ZCC) entre as cidades de São Luis do Paraitinga e Cunha: aspectos litológicos, estruturais e cinemáticos

Em mapa, a ZCC exibe uma espessura aparente entre 500 metros e 3 km na região entre as cidades de São Luis do Paraitinga e Cunha (Anexo B). Seus litotipos são macroscopicamente caracterizados por intercalações de níveis filíticos e xistosos, com veios e vênulas de quartzo e pegmatitos

deformados, ambos concordantes à foliação (Figura 3.15-B). O nível filítico exhibe cristais de muscovita maiores (10mm), turmalina e pequenos sigmóides de feldspato (Figura 3.15-A). O quartzo ocorre em fitas, acompanhando a foliação.

A fácies xistosa é definida por filosilicatos (biotita/muscovita) e pela deformação de minerais granulares (quartzo, feldspato). A clivagem de crenulação é bem marcante, com dobras apertadas (Figura 3.15-C). Em geral, os afloramentos estão intemperizados, gerando solos argilosos de coloração avermelhada a alaranjada. Na região, a zona de cisalhamento tem orientação geral NE, espessura aparente de 3 km e separa os terrenos tectono-estratigráficos Embu, a norte, e Ocidental, a sul.

Figura 3.15: Filito/xisto da zona de cisalhamento de Cubatão (Estação de pesquisa GL-12).



Legenda: No topo da figura, fotografia e desenho do afloramento, localizado próximo à cidade de Cunha (SP). A – Sigmóides de feldspato no filito, com indicativo cinemático dextral; B - Veio pegmatítico deformado, paralelo à foliação milonítica; C – Foliação do nível xistoso; D – Afloramento alterado de filito, gerando solo de cor laranja. Mus - Muscovita; Qtz – Quartzo; Fdp – Feldspato; Peg - Pegmatito.

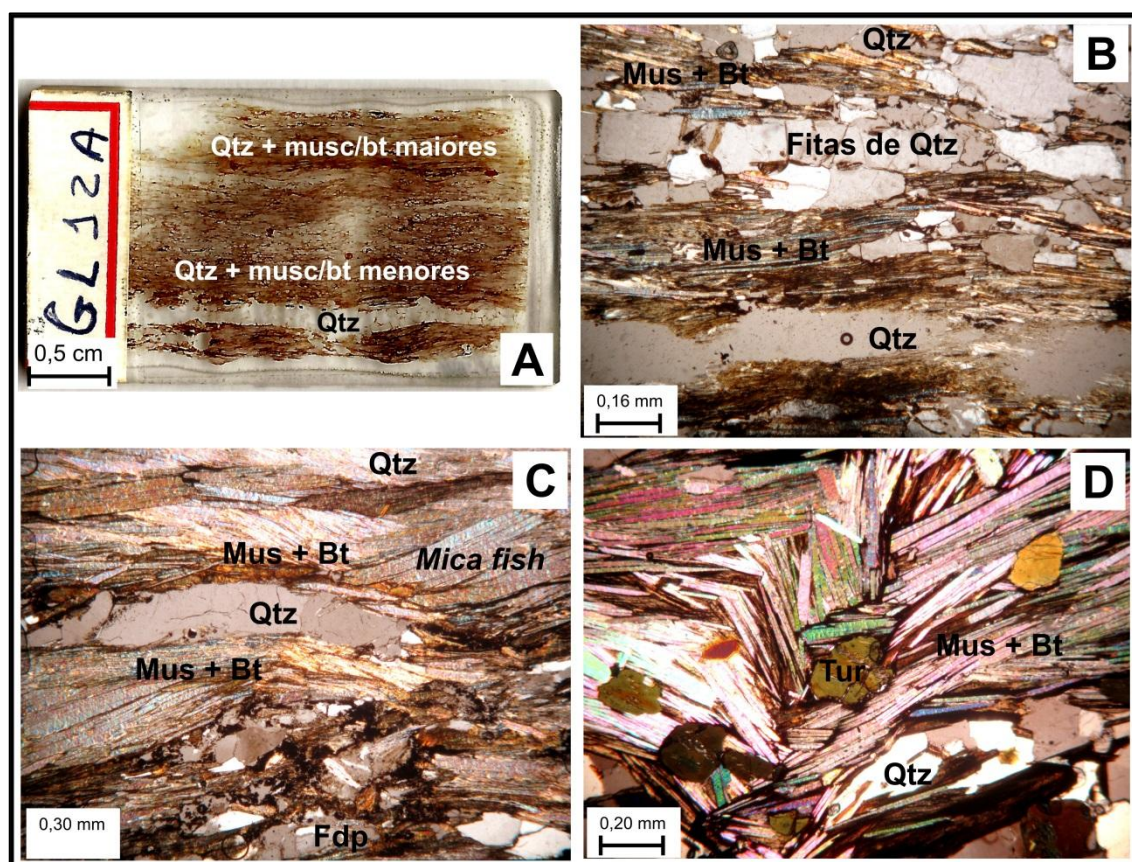
Fonte: O autor, 2015.

Os milonitos da Zona de Cisalhamento de Cubatão, produtos de um metamorfismo dinâmico, são estrutural e mineralogicamente semelhantes a filitos. A presença de mica nos milonitos pode ser um indicador de zonas de cisalhamento dúcteis hidratadas, cujo produto pode ser o filonito. Sibson (1977) classificou os filonitos como rochas foliadas ou xistosas, geradas sob estas condições, com predomínio de mecanismos por solução de pressão, metassomatismo e hidrotermalismo.

Nestas condições, a zona de cisalhamento atua como uma via para a circulação dos fluidos. As características hidrotermais dos fluidos acarretam alterações mineralógicas nas rochas, criando paragênese mineral ricas em sílica (explicitadas pela formação de veios de quartzo deformados) e o consumo do feldspato para geração de mica, em reações desequilibradas.

Ao microscópio petrográfico, os filonitos exibem domínios de foliação contendo muscovita/biotita, com quartzo recristalizado e fraturado. Os porfiroclastos de feldspato, fraturados, são contornados por cristais de muscovita/biotita. A foliação milonítica é determinada pela alternância entre dois níveis (Figura 3.16-A): um filítico, com quartzo em fita associado a cristais de muscovita e biotita, ambos com dimensões aproximadas de 0,16mm (Figura 3.16-B); e outro nível, xistoso, com fita de quartzo intercalado com muscovita e biotita, ambos em maiores quantidades e tamanhos (0,60mm; Figura 3.16-C). Cristais de turmalina em seção basal acompanham o dobramento ao longo da zona de cisalhamento, porém não são controlados nem orientados pela foliação, indicando que a turmalinização foi posterior à primeira fase deformacional e anterior ao dobramento (Figura 3.16-D).

Figura 3.16: Filito/xisto da ZCC (Estação de pesquisa GL-12).



Legenda: A - Bandamento observado na lâmina delgada; Fotomicrografias: B – Nível filítico com fitas de quartzo e muscovita/biotita menores, ambos com dimensões de 0,16mm; C – Nível xistoso com quartzo e muscovita/biotita maiores, com dimensões de 0,60mm e “mica fish”; D – Turmalina em seção basal, não deformada, acompanhando a xistosidade. Mus - Muscovita; Bt – Biotita; Qtz – Quartzo; Fpd – Feldspato; Tur – Turmalina. Figuras B, C e D: Nicóis cruzados.

Fonte: O autor, 2015.

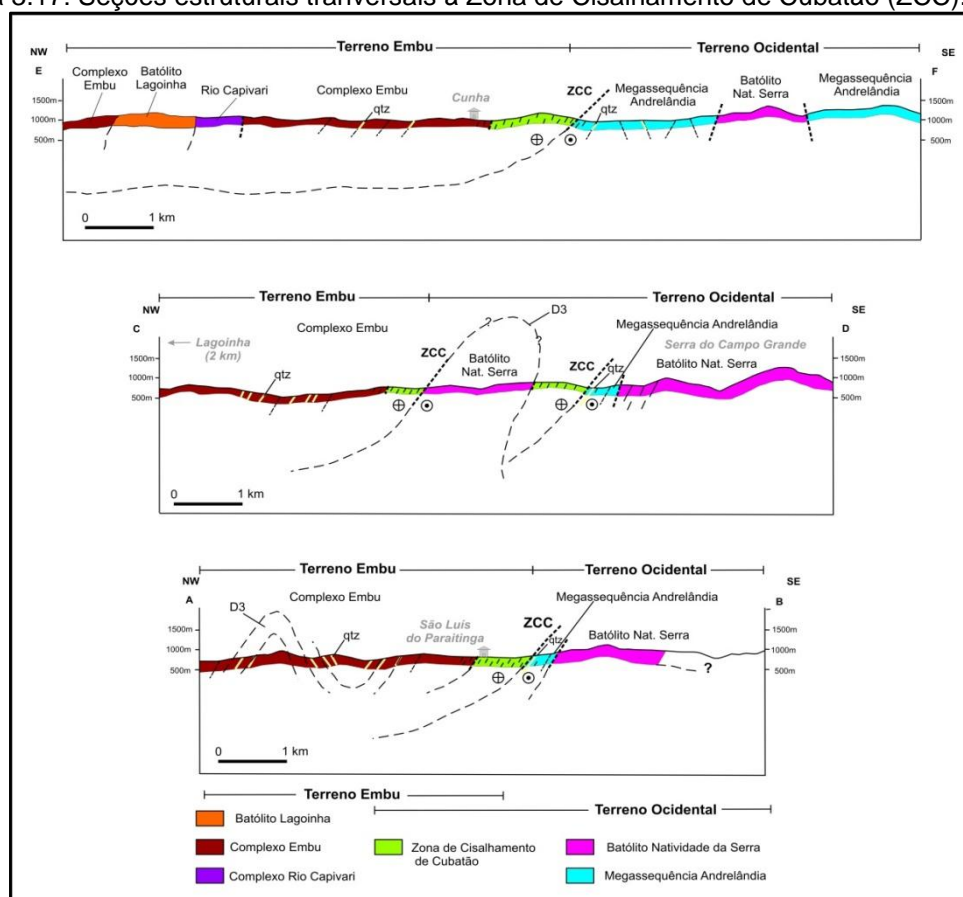
A foliação milonítica (S2) exhibe mergulho variando de 40° a subvertical para NW. Alguns afloramentos exibem mergulhos para SE e correspondem aos flancos de dobras com plano axial paralelo à foliação e eixo com mergulho para NE (Figura 3.17). Estas dobras, de caráter D2, em geral possuem dimensões centimétricas a poucas dezenas de metros, com eixos apresentando mergulhos baixos. Lineações minerais e de estiramento L2 (feldspato) possuem mergulhos entre 15 e 40° para SW e para NW (Anexo C). Dobramentos de

caráter regional estão associados a um evento D3 e afetam os terrenos Embu e Ocidental.

Fraturas perpendiculares à foliação e preenchidas por veios com turmalina ou turmalinitos ocorrem neste trecho da zona de cisalhamento de Cubatão. Falhas dextrais NW interceptam a ZCC e as rochas adjacentes.

A Zona de Cisalhamento de Cubatão possui duas fases de deformação: a primeira está relacionada ao contato entre os terrenos Embu e Ocidental, sendo constituída por filitos/xistos com espessura aparente máxima de 500 metros. A segunda fase corresponde a uma reativação dúctil/rúptil da ZCC que, com contribuição hidrotermal, afetou as rochas dos dois terrenos (gerando milonitos) e aumentou a espessura aparente da camada com filitos/xistos (até 2,5 km). Esta reativação propiciou também a injeção de veios graníticos e pode estar associada ao falhamento NW que corta a zona de cisalhamento.

Figura 3.17: Seções estruturais transversais à Zona de Cisalhamento de Cubatão (ZCC).

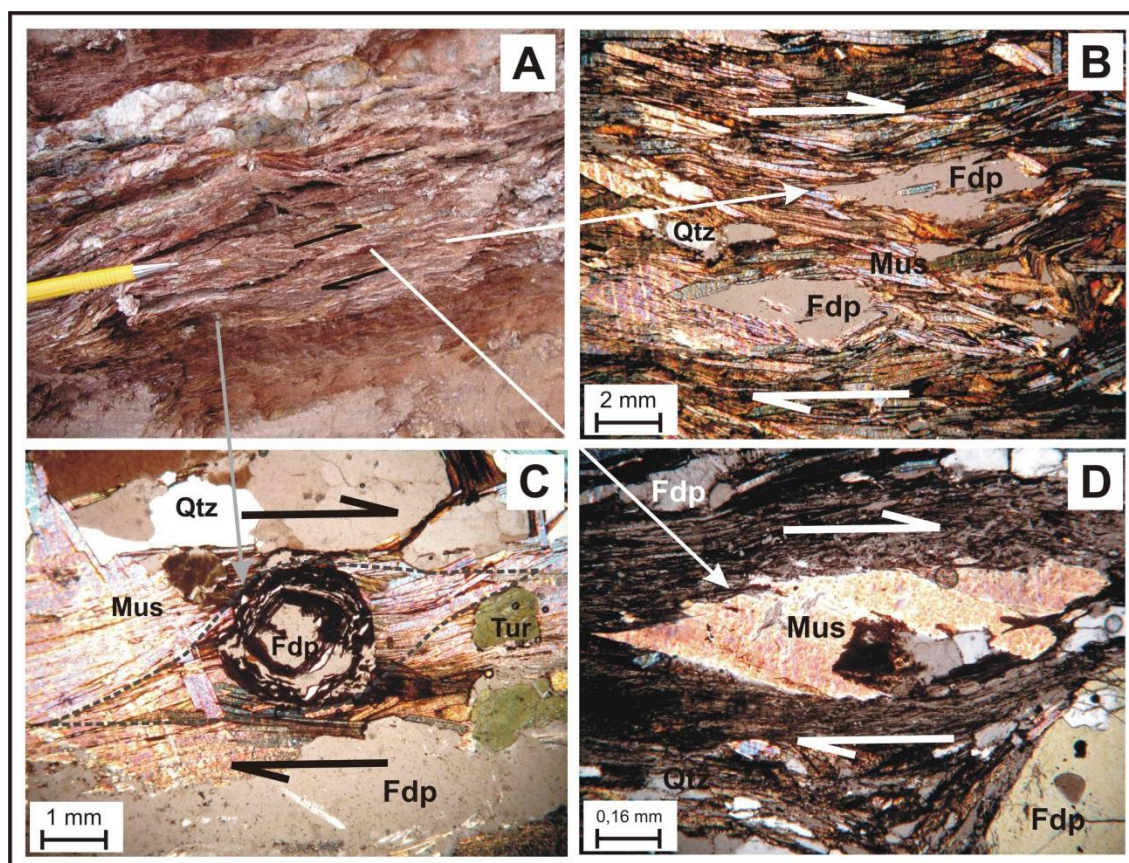


Legenda: Localização das seções no Anexo B.

Fonte: O autor, 2015.

Nos afloramentos filoníticos (Figuras 3.18-A e 3.18-B), destacam-se pequenos sigmóides (5 mm) de feldspato como indicadores cinemáticos dextrais. Em lâmina, observam-se porfiroblastos de granada, agregados quartzo-feldspáticos e porfiroclastos de feldspato fraturados e rotacionados (Figura 3.18-C) e mica fish (Figura 3.18-D). Quando examinados em afloramento ou ao microscópio em cortes paralelos à lineação de estiramento, as rochas filoníticas exibem movimento dextral, com topo para NE.

Figura 3.18: Indicadores cinemáticos dextrais no filito/xisto da ZCC (Estação de pesquisa GL-12).



Legenda: A – Afloramento do filito/xisto. Fotomicrografias: B – Sigmóides de feldspato; C – Porfiroclasto de feldspato fraturado e rotacionado, circundado por muscovita e turmalina em seção basal; D – Mica fish (muscovita) contornada por sericita. Mus – Muscovita; Fdp - Feldspato; Qtz – Quartzo; Tur – Turmalina. Nicóis cruzados nas figuras B, C e D.

Fonte: O autor, 2015.

Os sigmóides de feldspato são ressaltados em afloramentos com foliação milonítica, onde a direção do movimento é percebida mais facilmente.

Em lâmina delgada, são contornados por feixes de muscovita, ressaltando a direção do movimento. Os porfiroblastos de granada estão rotacionados, fraturados e contornados por muscovita e turmalina. Em suas sombras de pressão, concentram-se turmalina e quartzo.

A muscovita exhibe grãos sigmoidas (mica fish) e está contornada por sericita, com indicativo de movimento dextral. O quartzo ocorre em fitas em ambos os níveis. Cristais de turmalina em seção basal acompanham o dobramento ao longo da zona de cisalhamento, porém não são controlados nem orientados pela foliação, indicando que a turmalinização foi posterior à primeira fase deformacional e anterior ao dobramento. Lineações minerais e de estiramento, em mapa, exibem uma direção de caimento predominante para SW, de baixo ângulo e paralela à foliação.

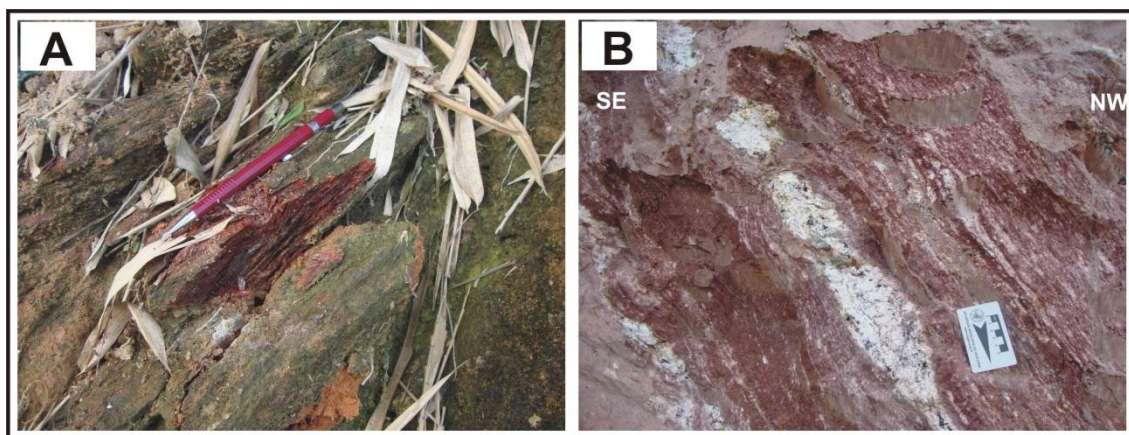
Veios de quartzo com alguns centímetros de espessura, deformados e boudinados, acompanham a foliação milonítica. Por vezes estão falhados com predomínio de deslocamento dextral. Falhas NW atravessam a zona de cisalhamento, com movimento predominantemente dextral.

3.4 Aspectos estruturais nos blocos adjacentes à ZCC

Nos terrenos adjacentes à ZCC são observados comportamentos distintos de deformação. O núcleo da zona de cisalhamento, constituída por muscovita filito/xisto e espessura aparente variando de 500 metros a 3 km (Anexo C), exhibe uma deformação mais intensa, com características hidrotermais que acarretaram alterações mineralógicas nas rochas e contribuíram para o metamorfismo dinâmico. Onde este nível de muscovita biotita filito/xisto é menos espesso (como observado nos arredores da cidade de São Luis do Paraitinga), a deformação milonítica se estende para o gnaisse/xisto do Complexo Embu, porém sem contribuição hidrotermal ao processo deformacional e mantendo sua espessura total aparente de três quilômetros.

O gnaiss/xisto milonítico do Complexo Embu contém boudins de rochas calcissilicáticas e intercalações de quartzitos com espessuras centimétricas a decamétricas. O bandamento é definido pela alternância de cristais de quartzo e poucos remanescentes de feldspato, com concentrados orientados de muscovita (Figura 3.19-A), com granulometria fina. Veios de quartzo e pegmatitos centimétricos a métricos, quando deformados, possuem cristais de turmalina preta e estão concordantes com a foliação milonítica (Figura 3.19-B). Os aplitos e os corpos isolados de pegmatitos não deformados, com granada e turmalina, não exibem uma orientação preferencial.

Figura 3.19: Gnaiss/xisto do Complexo Embu próximo à ZCC (Estação de pesquisa MS-35).

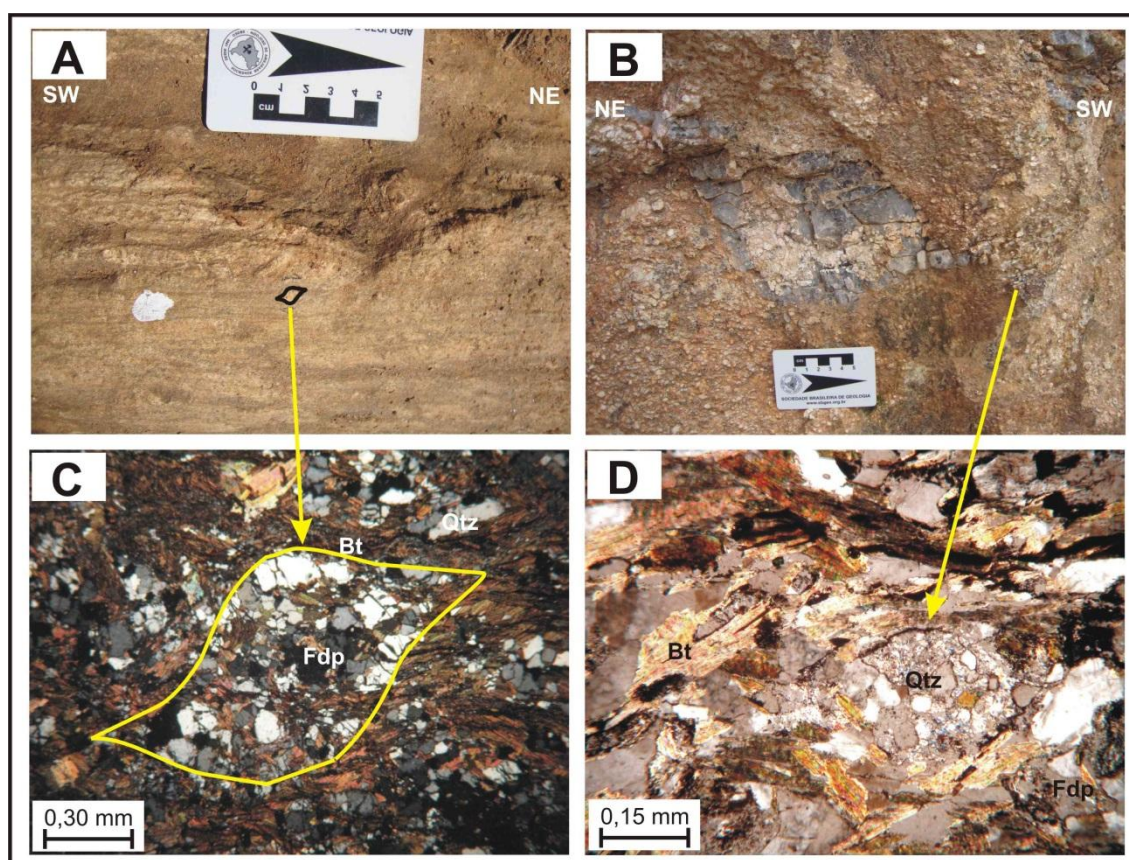


Legenda: A – Afloramento com xistosidade; B – Veio pegmatítico boudinado e paralelo à foliação milonítica.

Fonte: O autor, 2015.

Sigmóides de feldspato e de quartzo indicam movimento cinemático dextral (Figura 3.20-A). Veios pegmatíticos boudinados e sigmóides de quartzo fraturados (Figura 3.20-B) estão associados a uma segunda fase deformacional. Estas feições também são observadas microscopicamente (Figuras 3.20-C e 3.20-D).

Figura 3.20: Rochas do Complexo Embu milonítico adjacente à ZCC (Estação de pesquisa MS-07).



Legenda: A – Porfiroclasto de feldspato com indicativo de movimento dextral; B - Sigmóide de quartzo, fraturado; Fotomicrografias: C - Porfiroclasto de feldspato fraturado, contornado por biotita e quartzo; D - Cristais de biotita ao redor de porfiroclasto de quartzo fraturado. Qtz: quartzo; Bt: biotita; Fdp: feldspato. (Figuras C e D: nicóis cruzados).

Fonte: O autor, 2015.

A xistosidade possui strike N40-75E e mergulho variando de 30° a 60° NW ou para SE. Lineações minerais de estiramento (quartzo e feldspato) são comuns e possuem baixo caimento para SW e NE (Anexo C). Estas características são compatíveis com a fase de deformação F2 identificada por Fernandes (1991) e considerada como a principal, pois produziu as feições deformacionais mais marcantes e em todas as unidades litoestratigráficas do Terreno Embu.

Na Megassequência Andrelândia (MSA), torna-se difícil perceber a deformação, uma vez que esta já possuía características miloníticas pretéritas.

Próxima à Zona de Cisalhamento de Cubatão, a MSA possui foliação milonítica e é constituída por biotita gnaisse fino, com porfiroclastos de feldspato (Figuras 3.21-A, 3.21-C e 3.21-D), às vezes com sillimanita. Níveis quartzíticos centimétricos ocorrem de forma intercalada, além de enclaves de calcissilicáticas e boudins graníticos equigranulares. Em diversos afloramentos observa-se uma gradação para gnaisse quartzoso até formar níveis de quartzito. Veios de quartzo centimétricos cortam aleatoriamente (Figura 3.21-B).

Microscopicamente, observa-se uma matriz quartzo-feldspática, com quartzo recristalizado e fraturado, além de cristais orientados de biotita contornando os porfiroclastos de feldspato (microclina). Estes exibem dimensões de até 2 cm em seu eixo maior (Figura 3.21-E). No bandamento milonítico nota-se uma alternância entre um nível com cristais de quartzo e de microclina maiores (0,15 mm; Figura 3.21-F) e outro com os mesmos minerais em dimensões menores (0,05 mm; Figura 3.21-G).