

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E GEOQUÍMICA DAS ROCHAS DO
COMPLEXO RIO CAPIVARI – EMBASAMENTO DO COMPLEXO EMBU, NA
REGIÃO DOS MUNICÍPIOS DE JAMBEIRO E PARAIBUNA (SP).

Marcos Hortencio Junior

Orientadora: Prof. Dr. Adriana Alves

MONOGRAFIA DO TRABALHO DE FORMATURA

TF – 14/21

São Paulo
2014

TF
H822
M.c

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

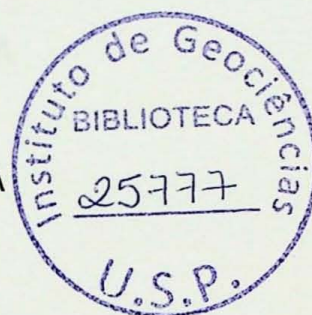
DEDALUS - Acervo - IGC



30900032372

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E GEOQUÍMICA DAS ROCHAS DO
COMPLEXO RIO CAPIVARI – EMBASAMENTO DO COMPLEXO EMBU, NA
REGIÃO DOS MUNICÍPIOS DE JAMBEIRO E PARAIBUNA (SP).

MONOGRAFIA DO TRABALHO DE FORMATURA



TF – 14/21

Aluno: Marcos Hortencio Junior
Orientadora: Prof. Dr. Adriana Alves

São Paulo
2014

TF
H 822
M.C

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E GEOQUÍMICA DAS ROCHAS DO
COMPLEXO RIO CAVARI - EMBAZAMENTO DO COMPLEXO EMILIA
RELAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE JARDIM E PARANÁ (SP)



MONOGRAFIA DO TRABALHO DE FOMATIZAÇÃO

1977 - 1978

Autores: Roberto José
Orientador: Prof. Dr. Roberto José

1977
1978

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E GEOQUÍMICA DAS ROCHAS DO
COMPLEXO RIO CAPIVARI – EMBASAMENTO DO COMPLEXO EMBU, NA
REGIÃO DOS MUNICÍPIOS DE JAMBEIRO E PARAIBUNA (SP).

MONOGRAFIA DO TRABALHO DE FORMATURA

TF – 14/21

Aluno: Marcos Hortencio Junior

De acordo: Orientadora Prof. Dr. Adriana Alves

São Paulo

2014

"Em vez de amor, de dinheiro, de fama, equidade, me dê a verdade"

Henry David Thoreau, *Walden: or, Life on the Woods*, 1854

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de expressar o profundo agradecimento, e de certa forma dedicar uma pequena parte desta monografia, que para mim significa, mais do que um Trabalho de Formatura, e sim uma conquista de quase uma década, de trabalho, muito estudo, noites não dormidas, muitas noites trabalhadas, e outras dificuldades que passei e que hoje se foram, a alguns familiares que foram importantes na minha infância e adolescência.

Ao meu tio Pedrão, pai, amigão, companheiro fiel presente numa das inúmeras fases difíceis em que passei. Tia Kika mãe e amiga e aos meus avós paternos e maternos, que cuidaram de mim com carinho e amor, grande parte da minha existência o Sr. Orlando e dona Benvinda e o Sr. Gilberto (*R.I.P*) e Dona Ondina (*R.I.P*), respectivamente.

Aos irmãos do Cativeiro, caramba! Mas que saudade que deixam! Quase cinco de anos de convivência, festas, hospitais, campos, rolês, responsas, churras, copas, aulas, escaladas que tornaram minha vida muito mais feliz e um pouco mais fácil, agradecimentos especiais para o Funga, Maneta, Fyona e Charula, amigos e amigos de verdade! Que sempre ficarão no meu coração, agradeço pela ajuda, correria e amizade verdadeira.

Em especial para o Gorda amigão, irmão e parceiro, pelos vários diálogos geológicos, uma pessoa extremamente competente e dedicada, que eu tenho muito respeito e admiração.

Aos colegas de turma (T49) Caramelo, Gargalo, Broxa, Wally, Sertão, Sem Sal, Flaminga, Vesga e entre outros que participaram desta longa empreitada acadêmica que se finaliza. Perdoe-me caso me esqueci de alguém, depois de anos e anos trabalhando a noite.....minha memória nunca foi muito boa!

As colegas do futsal, Capa, Palestina, Maneta, Gardenal, Xupaki, Lut e Adilsom (treinadores), valeu pela correria! E pelo meu time do coração Avanti Palestra!

Ao pessoal da BTX Bruno (Garçonete), Lucas, André, Elisa, Andréia, Danilo, Lucão, Fábio valeu pela amizade e pelas risadas, por deixar o trabalho agradável e um pouco (rs) prazeroso. Alê paizão e família (*Vai Vaxcão!*).

A Prof.^a Adriana Alves (Bisteca) minha orientadora, que apostou em mim, sempre disposta em me ajudar com muita calma, paciência e cordialidade.

Aos Professores, Ciro Teixeira Corrêa meu primeiro orientador de Iniciação Científica, Paulo Cesar Boggiani pelas oportunidades que me concedeu em suas aulas como monitor e ao Mario Campos, pela enorme paciência em campo e que me deu uma visão do que é paixão pela Geologia.

Ao Xeilah pela grande ajuda na confecção desta monografia (petrografia, mapas e estrutural).

Ao pessoal do Museu de Geociências Ideval, Mirian e Daniel, no qual trabalhamos juntos por anos. Aos funcionários da Biblioteca que sempre com muita dedicação e disposição em orientar, e o pessoal da segurança André, Antônio, Adão e Euquelim.

Aos irmãos de sangue Danilo, César, Gabriel e Jorge amo vocês, e acima de tudo torço por cada um, torço por sucessos pessoais, profissionais e que suas vidas sejam um pouco menos difíceis e mais promissoras.

Por fim, dedico integralmente para duas pessoas que são parte de mim e meus alicerces e que todo meu esforço é no sentido que elas tenham uma vida um pouco melhor, mais digna e mais confortável, minha linda mulher Eliane, trabalhadora, sei e reconheço as dificuldades de sua profissão, que me aguenta, me ajuda e me faz rir! Te amo!

E minha outra paixão, minha linda filha Tarsila, nem imagino minha vida sem ela! Como eu a amo! Aquele sorriso! Com o amor mais profundo comparado ao granulito mais profundo deste pequeno ponto azul no universo! Amo muito você minha filha, tudo que faço é pensando em você! Dedico todo meu trabalho e esforço para você meu *xuxu*!

RESUMO

O Terreno Embu está situado na porção sudeste do estado de São Paulo e pertence ao Orógeno Ribeira e localiza-se na porção central da Província Mantiqueira. É constituído predominantemente por rochas supracrustais metamorfasadas em grau variável. Seus limites são a falha de Cubatão a sul (Complexo Costeiro), a norte/noroeste com a Falha de Taxaquara/Guararema (rochas do Complexo Pilar). A nordeste faz limites com a porção sul do orógeno Araçuá. O metamorfismo tem pico em fácies anfibolito, com algumas porções em fácies xisto verde a anfibolito inferior.

Foram descritas e amostradas ocorrências pertencentes ao Complexo Rio Capivari, tidas como embasamento do Terreno Embu, por Fernandes 1991. Foram realizados dois perfis com orientação NW/SE ao longo das rodovias SP-103 (Caçapava-Jambeiro) e SP-099 (Rod. dos Tamoios). Os litotipos encontrados variam de Bt-granitos, Bt-granito-gnaisses, Hbl-Bt-gnaissse tonalítico, anfibolitos e gnaisses metatexíticos.

Devido a grande complexidade das estruturas observadas em campo como dobramentos, zonas milonitizadas, fases de transposição da foliação, indicadores cinemáticos, estas sugerem que os litotipos são polimetamórficos, gerados por complexas fases de metamorfismo dinâmico e térmico. Foram observados duas gerações de leucossoma félsico, um composto de quartzo e plagioclásio de coloração branca e um composto de K-feldspato e quartzo de coloração rosada.

Microscopicamente confirmam-se as composições granitoides e feições tipicamente magmáticas com cristais zonados de plagioclásio hipidiomórficos/blástico. Observam-se texturas indicativas de processos metamórficos tal como evidenciado bandamento, foliações deformadas (onduladas e anastomosadas), protomiloníticas, texturas minerais como arco poligonal em biotita, quartzo com extinção ondulante e bordas cominuídas, textura poligonizada do quartzo, contatos interlobados, estiramento mineral, recristalização mineral (quartzo, plagioclásio e k-feldspato) e intercrescimento de K-feldspato em quartzo. Indicadores cinemáticos, sigmoides, tipo porfiroclastos manteados e rotacionados tipo ϕ e δ .

As rochas possuem composição tonalítica a monzogranítica sem quaisquer minerais indicativos de origem paraderivada (aluminossilicatos). A hipótese de ortoderivação é confirmada por dados geocronológicos preliminares que indicam idades paleoproterozoicas de 2.14 ± 0.1 Ga Ma obtidas em U-Pb em zircão nos Bt-gnaisses tonalíticos, sugerindo que os litotipos amostrados constituem o embasamento do Terreno Embu.

A presença da grande ocorrência de remobilizações félsicas, sugere que os eventos térmicos associados à deformação originaram expressivos volumes de fusão, que podem ter contribuído para a geração de granitos neoproterozoicos (590 Ma).

Palavras chave: Terreno Embu, Complexo Rio Capivari, embasamento paleoproterozoico.

ABSTRACT

The Embu Terrain is located in the southeastern portion of São Paulo state, Brazil. It belongs to the Ribeira Orogen located in the central portion of the Mantiqueira Province and consists predominantly of supracrustal metamorphic rocks of variable nature. The Terrain is limited to the south by Cubatão Fault, north/northwest with Taxaquara/Guararema Fault (Pillar Rocks Complex).

The present work aims the characterization of the Embu Terrain basement unit, the Rio Capivary Complex, defined and first described by Fernandes (1991). Representative samples of the basement were collected from two parallel profiles oriented NW/SE along the highways SP-103 (Cacapava-Jambeiro) and SP-099 (Tamoios). The main lithotypes are biotite granite, granitic gneisses bearing biotite and hornblende.

The structural complexity such as folding, development of mylonitic foliation, along with abundant kinematic indicators (eg. Sigmoidal porphyroclasts) suggest a polymetamorphic history, more complex than the usually observed for the paraderived units from the same context. Moreover, the observation of multiple leucosome generation, the main one concordant to general bedding composed of quartz and plagioclase with minor amounts of k feldspar, and a second one of sieno-granitic composition, indicates that these rocks undergone variable degrees of partial melting.

An orthoderived origin for such rocks is confirmed by petrographic microscopy, since magmatic features as typically zoned and twinned plagioclase crystals and monzogranite to tonalitic compositions were never reported for the paraderived counterparts. The superimposed metamorphism and deformation observed in the field is also evident from anastomosed foliation, rotation of megacrysts (mainly k feldspar and plagioclase of ϕ and δ types) and, in some cases, by the development of mylonitic structures.

Preliminary geochronology results (LA-M-ICP-MS U-Pb in zircon crystals) confirm a Paleoproterozoic age of around 2.14 ± 0.1 Ga and confirm the status of basement unit for the studied rocks. The above mentioned frequent partial melting structures might suggest that these rocks took part on the widespread granitogenesis that the Embu Terrain experienced during the Neoproterozoic.

Keywords: Embu Terrain, Rio Capivari Complex, paleoproterozoic basement.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	10
1.2 OBJETIVOS	10
1.3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	10
2. GEOLOGIA REGIONAL	12
2.1 PROVÍNCIA MANTIQUEIRA	12
2.1.1 COMPARTIMENTAÇÃO DO SISTEMA MANTIQUEIRA	13
2.1.2 CINTURÃO RIBEIRA	13
2.2 TERRENO EMBU	14
2.3 UNIDADES DO COMPLEXO EMBU	16
2.3.1 UNIDADE REDENÇÃO DA SERRA	16
2.3.2 UNIDADE RIO PARAIBUNA	17
2.3.3 UNIDADE RIO UNA	17
2.4 COMPLEXO RIO CAPIVARI	18
2.5 ROCHAS GRANITOIDES INTRUSIVAS NO COMPLEXO EMBU	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1 ATUALIZAÇÃO DAS BASES CARTOGRÁFICAS	20
3.2 TRABALHO DE CAMPO	20
3.3 SELEÇÃO DAS AMOSTRAS	22
3.4 PETROGRAFIA	22
3.5 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS (LTA)	23
3.5.1 LIMPEZA E AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS COLETADAS	23
3.5.2 BRITAGEM DAS AMOSTRAS	23
3.5.3 QUARTEAMENTO	24
3.5.4 MOAGEM (PRENSA)	24
3.5.5 MOAGEM (MOINHO DE ANÉIS)	25

3.6	ANÁLISES GEOQUÍMICAS (ELEMENTOS MAIORES, MENORES E TRAÇO)	26
4.	RESULTADOS OBTIDOS	27
4.1	GEOLOGIA E PETROGRAFIA	27
4.2	APRECIACÃO DOS DADOS ESTRUTURAIS	49
4.3	GEOCRONOLOGIA U-Pb	52
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO E COMPARTIMENTAÇÃO DA PROVÍNCIA MANTIQUEIRA	15
FIGURA 3 – MAPA GEOLÓGICO REGIONAL	19
FIGURA 4 – MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO	48
FIGURA 5 – ESTEREOGRAMA DA FOLIAÇÃO GERAL DE LINEAÇÕES MINERAIS	49
FIGURA 6 – ESTEREOGRAMA DA FOLIAÇÃO GERAL SN-1	50
FIGURA 7 – ESTEREOGRAMA DA FOLIAÇÃO GERAL SN	50
FIGURA 8 – ESTEREOGRAMA DA LINEAÇÃO DE INTERSECÇÃO (MULLIONS)	50
FIGURA 9 – ESTEREOGRAMA DE FOLIAÇÃO SN DO PONTO EMB-70	50
FIGURA 10 – ESTEREOGRAMA DE FOLIAÇÃO SN E SN-1 DO PONTO EMB-65	50
FIGURA 11 – PERFIL GEOLÓGICO A E INDICAÇÃO DE AFLORAMENTOS CHAVE	51

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O Terreno Embu (Hasui 1975), ou Complexo Embu (Hasui *et al.*, 1981) está situado na porção sudeste do estado de São Paulo e pertence ao Orógeno Ribeira, porção central da Província Mantiqueira. É produto da colisão entre as placas San-franciscana e Rio de La Plata, amalgamados nos ciclos finais de fechamento do paleoceanos Adamastor (630-620 Ma) (Brito Neves, *et. al.* 1999).

O Terreno é limitado a sul pela falha de Cubatão, limítrofe com as Rochas do Complexo Costeiro (Hasui *et. al.* 1982), a noroeste, tem limites com o Grupo São Roque e Complexo Paraíba do Sul. A nordeste faz contato com as rochas da porção sul do Orógeno Arauaí. É constituído por rochas de composição gnáissico-migmatíticas e metamorfitos do Complexo Pilar, que congrega rochas de baixo grau metamórfico do Grupo Açungui (Hasui & Sadowski 1976).

O arcabouço metassedimentar, de idade não claramente definida, agrupa três unidades estratigráficas principais Rio Una, Rio Paraíba e Redenção da Serra, (Fernandes 1991). O metamorfismo tem pico predominantemente em fácies anfibolito, com algumas porções em fácies xisto verde a anfibolito inferior. A idade deste metamorfismo é de *ca.* de 790 Ma (Vlach, 2001) compatíveis com Vieira & Tassinari (1988) e Cordani *et al.*, (2002).

A despeito de seu expressivo volume e claro papel na evolução da Faixa Ribeira, estudos de detalhe são escassos, principalmente para as unidades mais antigas. É nesse cenário que o presente projeto se insere, uma vez que foram re-amostradas ocorrências de embasamento ortoderivado de Fernandes (1991), para realização de análises petrográficas e químicas (elementos maiores, traços e isótopos).

1.2 Objetivos

Como as condições geodinâmicas e evolução geológica do Complexo Embu, sua estratigrafia, relação de contatos e idades e unidade basal são ainda controversas, faz-se necessário um estudo de campo (descrição macroscópica), coleta de amostras para petrografia e preparação para geoquímica (elementos maiores menores e traço) das ocorrências tratadas por Fernandes (1991) como embasamento do complexo Embu.

1.3 Localização da área de estudo

A área de estudo situa-se no trecho recém duplicado da Rodovia SP-099 denominada Rodovia dos Tamoios – entre os quilômetros 30 e 45, e na Rodovia Caçapava-Jambeiro (SP-

103) nos municípios de Jambuí e Paraibuna, ambos no estado de São Paulo. O mapa de localização das áreas pode ser observado na **FIGURA 1**.

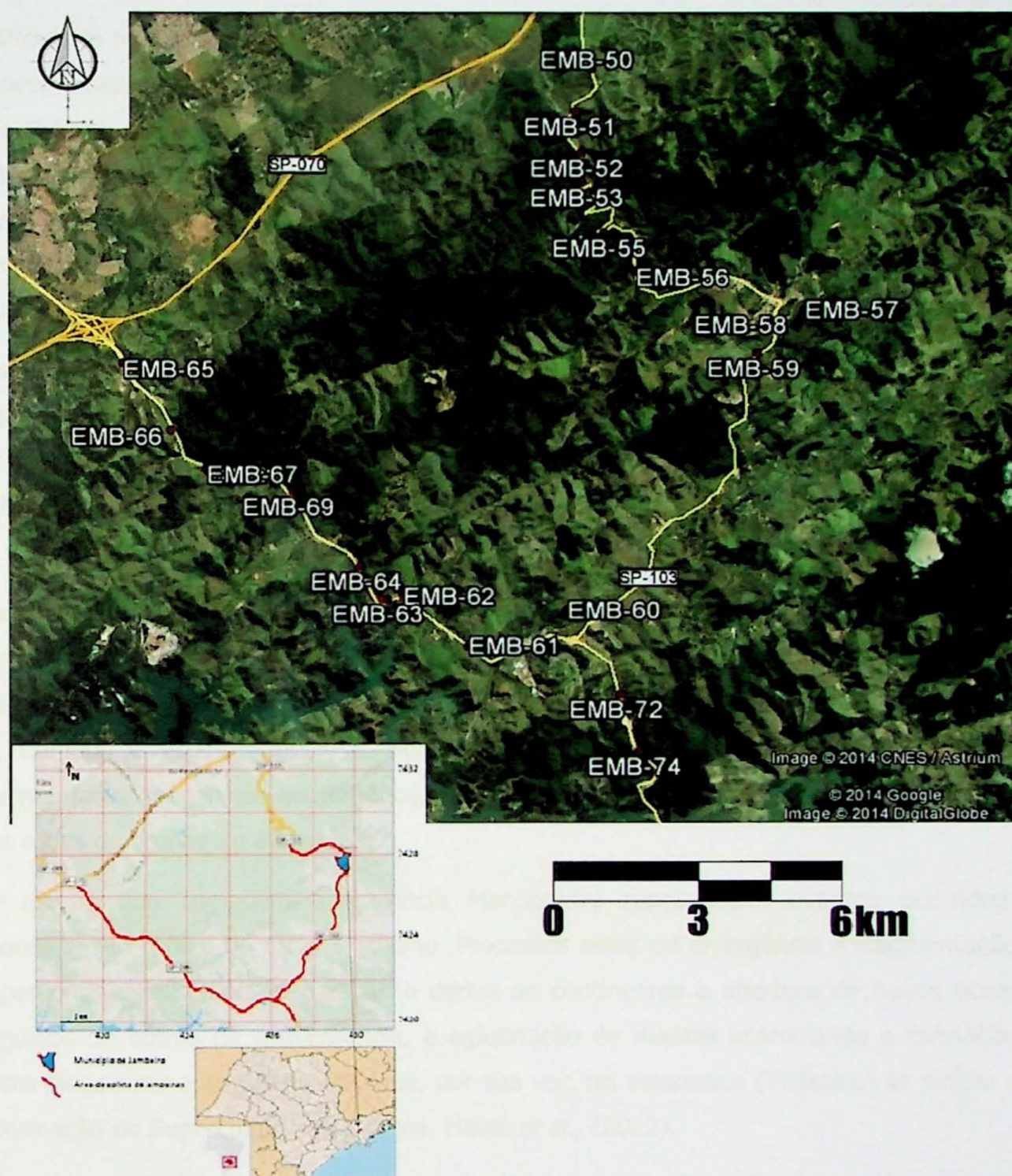


FIGURA 1 – Localização da área de estudo e coleta de amostras, extraído do *Google Earth*. Mapas Topográficos usados como referência e base – Folha Paraibuna (SF-23-Y-D-II-4), Folha Taubaté (SF-23-Y-D-II-2), Folha Jacareí (SF-23-Y-D-II-3) e São José dos Campos (SF-23-Y-D-II-1), todas com escala original 1:50.000.

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1 Província Mantiqueira

A Província Mantiqueira representa um sistema orogênico Neoproterozoico situado no sul e sudeste brasileiros. Agrupa os orógenos Araçuai, Ribeira, Brasília Meridional, Dom Feliciano e São Gabriel, que se distribuem desde o sul do estado da Bahia até o Rio Grande do Sul, com extensão territorial no Uruguai. Tem comprimento aproximado de 3.000 km, com larguras variáveis entre 200 km, em sua porção sul e 600 km na norte (**FIGURA 2**). Apresenta direção NE-SW, paralelo ao Escudo Atlântico e suas bacias costeiras (Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas) Almeida *et al.* (1977, 1981).

Seus Limites a oeste são com o Cráton São Francisco, parte sul da Faixa Brasília, sul do Sistema Orogrênico Tocantins e Bacia do Paraná. Nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sua exposição está encoberta pela Bacia do Paraná. Em sua porção leste está delimitada pela Província Marginal Leste (Província Costeira).

O Sistema Mantiqueira é formado essencialmente por rochas pré-silurianas (>450 Ma) por maior parte de sua extensão, com algumas exposições de rochas de pequena ocorrência como: (A) Diques de diabásio e corpos alcalinos, Cretáceos e Paleógenos (Ilha Bela, Maciço Itatiaia e Poços de Caldas/MG); (B) Sistemas sedimentares Cretáceos, correlatos às Bacias de Campos e Espírito Santo, e alguns eventos vulcânicos localizados; (C) e sistemas sedimentares neogênicos-quadernários, associadas à neotectônica e com o desenvolvimento das redes de drenagem atuais.

As rochas que compõem a Província Mantiqueira representam eventos ocorridos do Arqueano até o final do Ciclo Brasileiro. Processos estes de divergência e fragmentação do supercontinente Rodínia, separação e deriva de continentes e abertura de novos oceanos, seguidos de outros de convergência, e aglutinação de massas acarretando a formação de outro Megacontinente Gondwana, que, por sua vez, no mesozoico (Triássico) se juntou para a formação do Supercontinente Pangea, Hasui *et al.*, (2012).

Um das etapas de cessamento das atividades do Ciclo Brasileiro foi o colapso gravitacional, exumação ou extrusão de vários orógenos, marcando a passagem a elevada atividade compressional com fechamento de oceanos e aglutinação de massas continentais, para uma longa estabilização intraplaca Hasui *et al.*, (2012). Esta fase importante perdurou até ao Ordoviciano Superior, *ca* de 450 Ma, sincronicamente ao início da sedimentação da Bacia do Paraná.

2.1.1 Compartimentação do Sistema Mantiqueira

Inicialmente o Sistema Mantiqueira foi compartimentado por Almeida e Hasui (1984) em três setores denominados como setentrional, central e meridional.

Tal denominação foi alterada e correlacionada a três cinturões orogênicos distintos: Araçuaí, setentrional, Ribeira, central e Tijuca meridional. Segundo Hasui (2010), esses compartimentos são complexos produtos de cenários evolutivos heterogêneos, diacrônicos e com superposição.

Os limites entre os Orógenos Araçuaí e Ribeira são difusos e o conhecimento dessas regiões é ainda precário. Com o avanço das pesquisas, o limite entre os dois cinturões tem sido discutido e a zona de conexão entre eles, é deslocada cada vez mais para sul em direção ao sudeste de Minas Gerais, noroeste de São Paulo e extremo sul do Rio de Janeiro, isso baseado em correlação e continuidade de unidades litoestratigráficas, padrões estruturais e dados geofísicos Hasui *et al.*, (2012).

2.1.2 Cinturão Ribeira

O Cinturão Ribeira é limitado na tríplice fronteira entre os estados de Minas Gerais-São Paulo-Rio de Janeiro e estende-se para sudoeste até o estado do Paraná, e a leste até Santa Catarina. O oeste do cinturão está sob a cobertura fanerozoica da Bacia do Paraná e a leste faz seu limite com o Complexo Costeiro. Em sua porção centro-sul faz limite importante com a porção sul/sudeste do Orógeno Brasília e a sul com o Orógeno Tijuca.

A maior parte das associações litológicas que compõe o Orógeno Ribeira são de rochas metassedimentares neoproterozoicas, e estas representam depósitos sedimentares de margem passiva em sua maioria Hasui (2012). Entretanto, em sua porção interna há registros de rochas que parecem ter sido depositadas durante a Orogênese Brasileira, em bacias de ante-arco e retro-arco Hasui (2010).

As orogenias das porções internas deste cinturão demonstram claramente o diacronismo das diversas etapas da Orogênese Brasileira, quanto no Orógeno Ribeira e parte sul da Faixa Brasília, isto é resultante de diversas interações de, em épocas diferentes, de outro(s) continente(s), o/ou microcontinente(s), (Paranapanema e/ou Paraná, Oriental ou Serra do Mar, Cabo Frio), e/ou arcos de ilhas com a placa São Francisco-Congo. Em ambos os orógenos, a subducção da litosfera oceânica favoreceu e resultou na formação de arcos magmáticos cordilheranos, com este evento (Orogênese Brasileira) de compressão, deformação e metamorfismo, proporcionando a geração de granitoides crustais, evidentemente diacrônicos.

O estágio de colisão do Orógeno Ribeira situa-se entre 580 e 560 Ma (Colisão II), com efeitos no recém-estruturado Orógeno Brasília, resultando na Complexa zona de sutura (interferência) entre estes dois orógenos, localizada na porção sul/sudeste de Minas Gerais. O Orógeno Ribeira apresentou outra colisão tardia (Colisão III), com o Terreno Cabo Frio 520 e 510 Ma Hasui (2013).

2.2 Terreno Embu

O Complexo Embu de Hasui (1975) ou Terreno Embu (Passarelli, *et. al.*, 2004) se originou a partir da colisão entre as placas San-franciscana e Rio de La Plata, amalgamadas nos ciclos finais de fechamento do paleoceanos Adamastor (630-620 Ma) (Brito Neves, *et. al.* 1999).

Está limitado, a norte e a sul, por espessas zonas de cisalhamentos destrais e longitudinais, Caucaia-Rio Jaguari e Cubatão, respectivamente. Tectonicamente, a norte faz contato com Terreno Apiaí-Guaxupé e a sul contatos tectônicos não tão definidos com o Complexo Costeiro. Difere-se dos outros terrenos regionais pela idade dos magmatismos graníticos encontrados em sua infraestrutura e dos episódios metamórficos neoproterozoicos. A unidade é classificada como uma supraestrutura metassedimentar, com idade não definida, contendo três unidades estratigráficas principais (Fernandes, 1991), Rio Una, Rio Paraibuna e Redenção da Serra.

O metamorfismo principal é caracterizado no pico em fácies anfibolito, zona da Sillimanita-muscovita, com gradações longitudinais à zona da sillimanita feldspato potássico, com anatexia (605-760°C), com 5-6 kbar; Vieira, (1996) com algumas porções dentro do domínio e nas zonas de cisalhamento adjacentes (Cubatão) com metamorfismo na fácies visto verde a fácies anfibolito, com presença de granada, cianita e sillimanita. A idade deste metamorfismo é de *ca.* de 790 Ma (Vlach, 2001) compatível com Vieira & Tassinari (1988) e Cordani *et. al.*, (2002).

Nas rochas descritas do Complexo Embu são observadas xistosidades S_2 , com mergulho fraco a médio para SE, com dobras intrafoliais a pequenas dobras recumbentes associadas à intensa lineação mineral de estiramento, notadamente orientada para NE com transporte de topo para SW. Nota-se que um dos eventos termais responsáveis pelas estruturas descritas de em relação à orientação e xistosidade S_2 observadas, é o batólito Quebra-Cangalha de caráter peraluminoso com foliação incipiente de estado sólido que, segundo Janasi *et al.*, (2003), possui *ca.* de 655 Ma.

Observa-se que as zonas de cisalhamento transcorrentes que limitam o Complexo Embu, e o cortam com padrão anastomosado, são miloníticas destrais, espessas e praticamente verticais, que controlam e orientam a colocação de granitos mais tardios, *ca.* de 590 Ma

(Filipov & Janasi, 2001; Janasi *et al.*, 2003). Alguns termos mais diferenciados em forma de pequenos corpos isolados, ou intrusões tardias (muscovita-granada-turmalina granitos, aplitos e pegmatitos), são descritos em literatura.

As idades obtidas para os granitos intrusivos no Complexo Embu, segundo Alves A. *et al.*, (2013) estão em um intervalo de 664 Ma (Granito Serra Quebra Cangalha) até 577 Ma (Granito Sabaúna), com predominância de idades de 590 Ma.

A **FIGURA 2** apresenta a localização do Sistema Orogênico Mantiqueira e sua compartimentação, incluindo o Orógeno Ribeira e o Complexo Embu.

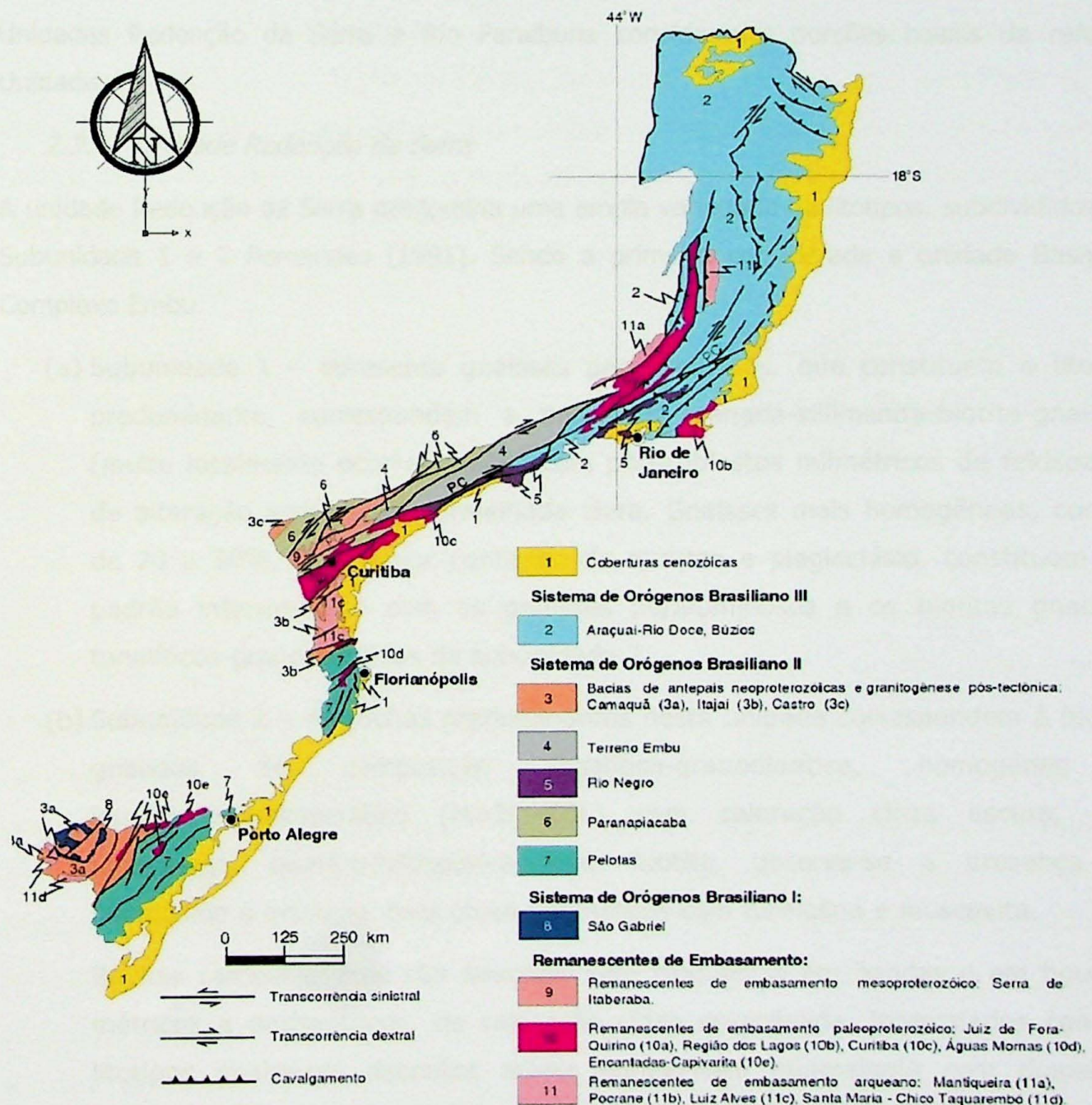


FIGURA 2 – Mapa Geológico dos domínios tectônicos e principais estruturas da Província Mantiqueira. Extraído de Geologia Tectônica, Recursos Minerais do Brasil. Capítulo V. Geotectônica do Escudo Atlântico CPRM/Bizzi *et al.*, (2003).

2.3 Unidades do Complexo Embu

Foram definidas para o Complexo Embu três unidades metasedimentares denominadas Redenção da Serra, Rio Paraibuna e Rio Una. Nas unidades Redenção da Serra são mais comuns litotipos gnaissicos peraluminosos com granada-biotita-plagioclásio, que correspondem a sequências psamo-pelítica-rítmicas, enquanto na Unidade Rio Paraibuna predominam quartzitos e rochas calcio-silicáticas, ao passo que a Unidade Rio Una é composta por xistos, quartzo-xistos e quartzitos intercalados ritmicamente (Fernandes, 1991).

Os contatos entre o Complexo Embu e a Unidade Rio Capivari, são tectônicos, sendo as Unidades Redenção da Serra e Rio Paraibuna consideradas porções basais da referida Unidade.

2.3.1 Unidade Redenção da Serra

A unidade Redenção da Serra predomina uma ampla variedade de litotipos, subdivididos em Subunidade 1 e 2 Fernandes (1991). Sendo a primeira considerada a unidade Basal do Complexo Embu.

(a) Subunidade 1 – apresenta gnaisses peraluminosos, que constituem o litotipo predominante, correspondem a muscovita-granada-sillimanita-biotita-gnaisses (muito localmente ocorrem xistos com porfiroblastos milimétricos de feldspato), de alteração arroxeadada/avermelhada clara. Gnaisses mais homogêneos, com M de 20 a 30%, com maior conteúdo de quartzo e plagioclásio, constituem um padrão intermediário com os gnaisses peraluminosos e os biotitas gnaisses tonalíticos-granodioríticos da subunidade 2 .

(b) Subunidade 2 – As rochas predominantes nesta unidade correspondem à biotita gnaisses de composição tonalítica-granodiorítica, homogêneo e leucocrático/mesocrático (M=20-40%) com coloração cinza escura, tem mineralogia quartzo-feldspática, com biotita, observa-se a presença de microclínio e granada, bem como pegmatitos com turmalina e muscovita.

Rochas calciosilicáticas são descritas com frequência em bandas e em boudins métricos a decimétricos, de coloração cinza esverdeada, intercalados com os litotipos gnaissicos descritos acima Apresentam mineralogia com diopsídio, tremolita/actinolita,plagioclásio e quartzo. Algumas porção destacam-se granada, escapolita e cummingtonita, acessórios comuns como titanita, opacos e calcita; e apatita, zircão, rutilo e biotita são raros. Anfibolitos ocorrem de forma

abundante em corpos de até 10 metros de espessura, contém estrutura fina, foliados com plagioclásio e quartzo.

Rochas calciosilicáticas são descritas com frequência em bandas e em *boudins* métricos a decimétricos, de coloração cinza esverdeada, intercaladas com os litotipos gnáissicos descritos acima. Apresentam mineralogia com diopsídio, tremolita/actinolita, plagioclásio e quartzo. Algumas porções destacam-se granada, escapolita e cummingtonita, acessórios comuns como titanita, opacos e calcita; e apatita, zircão, rutilo e biotita são raros. Anfibolitos ocorrem de forma abundante em corpos de até 10 metros de espessura e contém estrutura fina, foliadas com plagioclásio e quartzo.

Fato importante é que a intercalação de litotipos tonalíticos-granodioríticos (biotita gnaisses), rochas calciosilicáticas e rochas gnáissicas peraluminosas indicam que os primeiros, são associados originalmente a sedimentos de composição intermediária entre pelitos e margas. Isto apoiado pela presença de rochas de composição intermediárias entre frações gnáissicas tonalíticas-granodioríticas e peraluminosas.

2.3.2 Unidade Rio Paraibuna

Esta unidade aflora com abundância a sul da zona de cisalhamento de Cubatão, também próximo a cidade de São Luís do Paraitinga, com extensão para NE para norte da referida faixa. (Fernandes, 1991). Com forte controle estrutural, o Rio Paraibuna corta esta unidade em quase toda sua extensão.

2.3.3 Unidade Rio Una

Esta unidade metassedimentar constitui-se de xistos, formando estratos métricos a centimétricos, com intercalações de matriz ora mais micáceas, ora mais quartzosas, e intercaladas entre si com quartzitos mais impuros de ocorrência menos abundante.

Os xistos presentes nesta unidade apresentam textura com granulação fina a média. Tem composição de quartzo, muscovita e biotita, mais escassa, ocorrendo ainda sillimanita. Ressalta-se que, em perfis na região a sudeste de Taubaté, são tão comuns quanto à muscovita. Granadas são observadas com granulação fina (pequena) e rara, principalmente na foliação principal S_{n+1} (S_2).

A localização desta unidade é distribuída em duas faixas principais, uma encontra-se mais setentrional, e outra mais para sul entre as falhas de Cubatão e Guararema.

2.4 Complexo Rio Capivari

Definido inicialmente como Complexo Jambeiro (Fernandes *et. al.* 1990), essa unidade aflora em núcleos a sul do município de São José dos Campos, norte de São Luís do Paratinga e a norte de Cunha.

Os dados geocronológicos obtidos por Tassinari (1988), Babinski (1988) e Tassinari *et. al.* (1989) em dois afloramentos deste complexo (sul de São José dos Campos), indicaram idades neoarqueanas e uma paleoproterozoica, bem como um evento metamórfico no neoproterozoico.

Não foram observadas relações intrusivas com os litotipos do Complexo Embu, e as rochas do Complexo Rio Capivari apresentam indícios de metamorfismo mais complexo e de grau mais elevado, além de mais fases de deformação.

As rochas que compõem correspondem a migmatitos com mesossoma de biotita-(+hornblenda)-gnaisses tonalíticos, apresentando pelo menos duas gerações de leucossomas, uma mais antiga de composição trondhjemitica e o mais jovem menos abundante, francamente granítico. Observa-se ocorrência menor de anfibolitos e calciossilicáticas intercaladas a estas rochas. Os litotipos mais abundantes são o ortognaisses, localmente migmatizados de composição desde granítica, monzogranítica a tonalítica, estes associados aos migmatitos (Fernandes 1991).

A **FIGURA 3** apresenta o mapa geológico das cercanias da cidade de São Paulo. As rochas da referida unidade afloram a norte da Falha de Taxaquara, sul da bacia sedimentar de Taubaté. Constituem lentes alongadas de orientação compatível com a estruturação regional.

2.5 Rochas Granitoides intrusivas no Complexo Embu

O Complexo Embu é intrudido por três grupos de granitoides que se diferenciam, quanto às características composicionais e deformacionais. O grupo mais antigo é caracterizado por granitos pré-metamórficos de composição granítica a tonalítica (afinidade cálcio alcalina) formando corpos alongados e concordantes com a estrutura regional NE-SW. Os outros dois grupos são mais jovens e encaixados na zona de cisalhamento Cubatão. A correlação entre esses litotipos (granitos e granitoides gnáissicos) é de difícil entendimento geocronológico.

Essas ocorrências dos grupos mais jovens são representadas por quatro corpos de dimensão batolíticas denominados maciços Serra do Jambeiro, Quebra Cangalha, Lagoinha e Natividade da Serra. São caracterizados por ter estruturas alongadas concordantes com a estruturação regional, e por seccionarem o bandamento paralelo à foliação principal S_{n+1} (S_2) das unidades encaixantes.

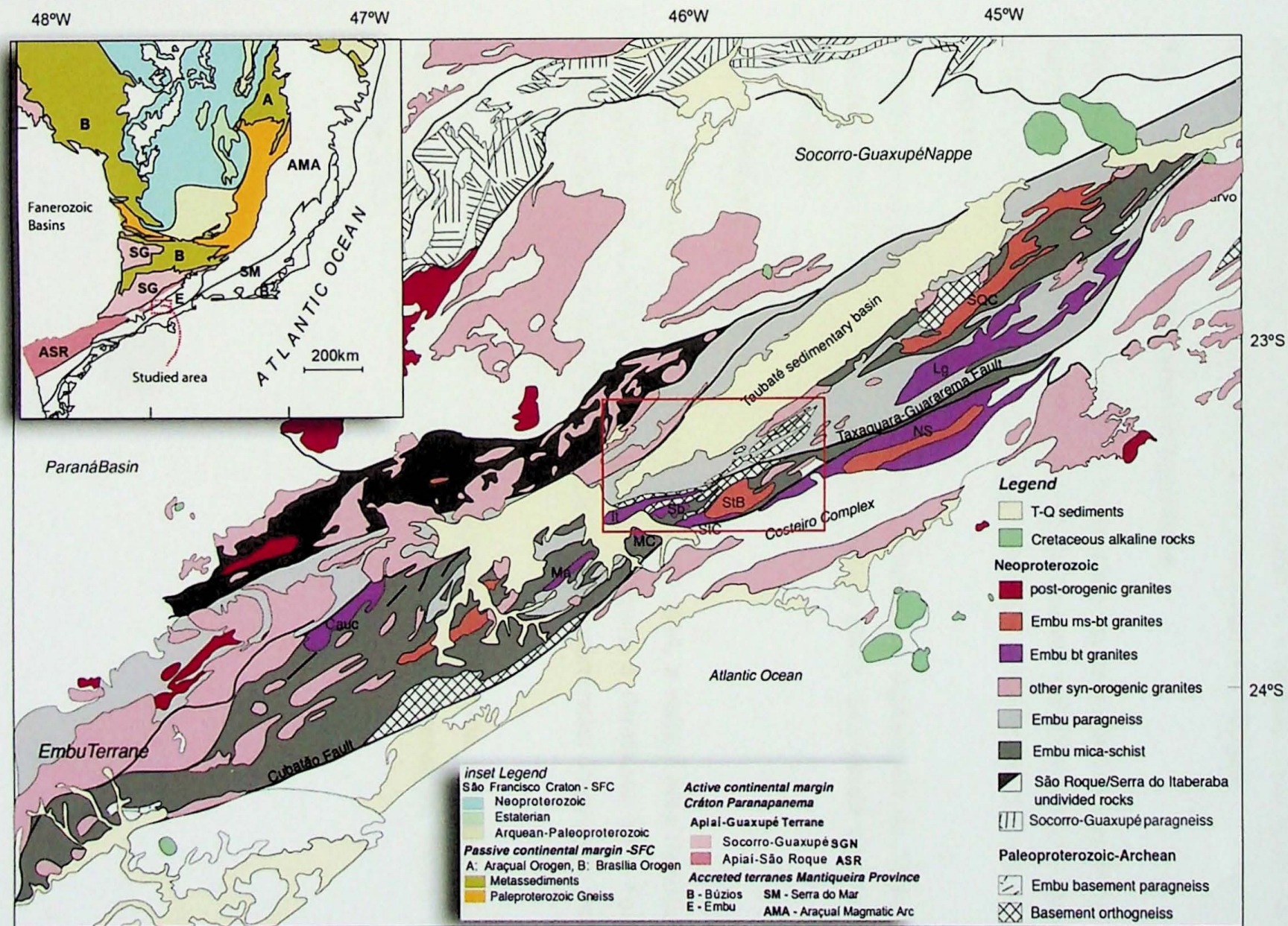


FIGURA 3 – Mapa Geológico Regional, com a localização aproximada da área de estudo (retângulo vermelho). Extraído e modificado de Alves *et. al.*, (2013).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho de formatura, foram realizados trabalhos de campo para coleta de amostras de rocha das unidades de interesse. Para tanto foram utilizados bússola *Clar* e aparelho de GPS (Sistema de Posicionamento Global).

3.1 Atualização das Bases Cartográficas

Para atualização da base cartográfica, foram utilizados os mapas topográficos das seguintes folhas: São José dos Campos (SF-23-Y-D-II-1), Taubaté (SF-23-Y-D-II-2), Jacareí (SF-23-Y-D-II-3) e Paraibuna (SF-23-Y-D-II-4) para localização e confecção dos mapas de pontos de afloramentos.

O Mapa Geológico local (**FIGURA 4**) foi compilado e digitalizado do Mapa Geológico do Estado de São Paulo – Versão digital para *Google Earth*, com escala original 1:500.000 da CPRM (2006).

3.2 Trabalho de campo

Foi realizado, entre os dias 17 e 19 de março de 2014, a visita à área de estudo, localizada na região a sul de São José dos Campos, Jambeiro e Paraibuna (SP). Foram coletadas amostras das rochas das unidades de interesse, nas ocorrências citadas por Fernandes 1991, como embasamento do Terreno Embu.

Uma síntese do trabalho de campo, localização aproximada (coordenadas UTM), breve descrição dos litotipos descritos, estruturas e texturas observadas, foram transcritas na **TABELA 3.2.1.**

TABELA 3.2.1 – Tabela geral dos pontos e descrição dos afloramentos visitados

PONTO	COORDENADAS		DADOS DO AFLORAMENTO					OBSERVAÇÕES GERAIS
	E	N	Localização aproximada	Descrição (estrutura maiores)	Composição e textura*	Minerais	Medidas estruturais	
EMB 50	425.398	7.432.790	Rodovia Caçapava-Jambeiro (SP-103) - km 12,0	Foliação Sn	Granítica - equigranular média	Qtz, Plg, Bt	Sn: 00/80, 340/75 - Le: 80/27, 63/18 - Lb: 69/45	Rocha ortoderivada
EMB 51	425.152	7.431.604	Rodovia Caçapava-Jambeiro (SP-103) - km 13,5	Foliação Sn	Granítica - equigranular média a grossa porfírica c/ megacristais (7mm)	Qtz, Plg, Bt	Sn: 04/85	Rocha ortoderivada
EMB 52	425.339	7.430.770	Rodovia Caçapava-Jambeiro (SP-103) - km 13,5	Presença de leucossoma (granítico), porção mais fundidas	Granítica - equigranular média a grossa porfírica c/ megacristais (7mm)	Qtz, Plg, Bt	Sn: 155/80, 145/75	Rocha ortoderivada
EMB 53	425.402	7.430.169	Rodovia Caçapava-Jambeiro (SP-103) - km 14,2	Rocha alterada, foliação Sn pouco preservada	Granítica - equigranular média a grossa	Qtz, Plg, Bt, Grt, Sil	-	Sillimanita fibrorradiada / rocha paraderivada
EMB 54	425.669	7.430.020	Rodovia Caçapava-Jambeiro (SP-103) - km 15,7	Rocha alterada, foliação Sn pouco preservada; Paleossoma Bt Gnaiss	Granítica - equigranular fina	Qtz, Plg, Bt, Grt	Sn: 175/75	-
EMB 55	425.896	7.429.192	Rodovia Caçapava-Jambeiro (SP-103) - km 18,0	Estrutura schlieren, Metatexítica	Granítica - equigranular fina	Qtz, Plg, Bt, Grt e Sil (?)	Sn: 340/45	Rocha paraderivada (?)
EMB 56	426.529	7.428.492	Rodovia Caçapava-Jambeiro (SP-103) - km 19,0	Diatexito + melanossoma de rocha granodiorítica	Granítica/Granodiorítica - texturas nebulítica + schlieren / porção granoblásticas grossas	Qtz, Plg, Bt	Sn: 340/50, 325/75 - Le: 55/25	Rocha ortoderivada / polimetamórfica (?)
EMB 57	429.776	7.427.936	Topo do morro do Cruzeiro e torre de telefonia (centro da cidade)	Cristais idiomórficos de Plg / pontos com textura schlieren + Neossoma granítico	Granítica/granodiorítica - equigranular média a grossa	Qtz, Plg, Bt, Grt (?)	-	Neossoma granítico / ortoderivada
EMB 58	429.633	7.427.626	Pedreira na base do mesmo morro (a sul da torre)	Leocossoma Granítico, alta taxa de fusão; [] de porções fundidas	Granítica/granodiorítica - equigranular, granoblástica média a grossa	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt (?)	Sn: 325/68 - Le: 55/00	Ortoderivada (?)
EMB 59	428.934	7.427.012	Rodovia Caçapava-Jambeiro (SP-103) x Ponte do Rio Capivari	Boudins decimétricos, zona surreica preenchida por Qtz + Plg	Granítica, bandamento estromático - equigranular média	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt e Anf	Sn: 315/70 - Le: 35/20	Anf peritético reação com fluido de fusão
EMB 60	425.679	7.421.659	Pedreira identificada na Folha Paraibuna, saída da SP-103 com Rod.SP-099 e fazenda São Francisco	Bandamento pronunciado e estruturas migmatíticas difusas	Granítica/granodiorítica - texturas difusas e estromáticas nas porções metatexíticas; porções granoblásticas grossas	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt e Anf	Sn: 330/20, 325/75, 345/40, 335/60, 333/44 - Le: 55/05, 53/10	Rocha ortoderivada / polimetamórfica (?)
EMB 61	423.774	7.420.827	Rodovia dos Tamoios (SP-099), km 17,0	Foliação Sn dobrada (isoclinal), truncamento de zona de cisalhamento	granítica (Bt-gaísse) e anfibolítica - inequigranular média, estromática, porções milonitizadas na ZC	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt e Anf	Sn: 345/40, 335/40, 345/30 - Le: 47/17, 37/15 - Lzc: 315/50	Porfiroblastos de Grt rotacionados (dextral)
EMB 62	422.459	7.421.736	Rodovia dos Tamoios (SP-099), km 15,0	Dobras intrafoliares rompidas no plano axial	Bt gnaiss milonítico - textura milonítica com porfiroblastos rotacionados de Grt (6 mm)	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt	Sn: 340/60, 342/50 - Le: 69/20, 57/12	Porfiroblastos de Grt rotacionados (dextral) - Unidade ortognaissica Contato (?) c/ paraderivada
EMB 63	422.044	7.421.661	Rodovia dos Tamoios (SP-099), km 12,8	Foliação pronunciada - rocha anfibolítica	Bt-gnaiss mais máfica anfibolítica - equigranular fina a média	Qtz, Plg, K-Feld, Bt e Anf	-	Ortoderivada (?)
EMB 64	421.583	7.422.271	Rodovia dos Tamoios (SP-099), km 14,0	Foliação verticalizada bandas alternadas granoblásticas (Qtz) e lepidoblásticas (Bt)	Bt-granito - bandado estrutura milonítica média equigranular	Qtz, Plg, Bt	Sn: 328/65, 336/57	Ortoderivada, contato(?)
EMB 65	416.747	7.426.040	Rodovia dos Tamoios - Avenida Mario Covas (??)	Afloramento decamétrico estruturas métricas dobradas com vergência para sul (??)	Porções metassedimentares (??) níveis mais incompetentes - porções otognaissicas mas competentes - porções diatexíticas	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt e Anf	Sn: 328/65, 336/57	Rocha ortoderivada / polimetamórfica (?) contato com unidades paraderivadas
EMB 66	417.784	7.424.818	Rodovia dos Tamoios (SP-099), posto Shell e Parada Vaca Preta	Afloramento muito alterado algumas porções com estruturas pouco preservadas	Bandas graníticas - textura média equigranular (??) - matacão de rocha Anfibolito	Plg, Bt (??)	Estruturas de pares SC	-
EMB 67	418.512	7.424.050	Rodovia dos Tamoios (SP-099) + ou - 100 metros do retorno da Avibras	Foliação principal Sn pronunciada	Granítica/tonalítica - equigranular média a grossa granoblástica - Bt-ortognaiss	Qtz, Plg, Bt (??)	-	Ortoderivada (??)
EMB 69	420.251	7.423.696	Rodovia dos Tamoios (SP-099) próximo a saída para aterro sanitário de Jambeiro	Estrutura migmatítica	Bt -gnaiss e porções graníticas/ equigranular média a grossa com porfiroblastos de Plg rotacionados	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt e Anf (Hbl ??)	-	Paraderivada (??)
EMB 70	420.400	7.423.441	Rodovia dos Tamoios (SP-099) próximo ao retorno da Avibras	Boudins métricos a sub métricos, dobramentos isoclinais, dobras intrafoliares e dobras rompidas no PA	granítica/granodiorítica/anfibolítica - equigranulares médias a grossas, textura granoblástica com texturas estromáticas e schlieren.	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt, Pir, Anf	Preenchimento de leucossoma na zona surreica	Rocha ortoderivada / polimetamórfica (?)
EMB 71	422.154	7.421.648	Rodovia dos Tamoios (SP-099) , km 14,7	Foliação Sn preservada ZC (??) milonitização	Granítica / equigranular média, granoblástica, textura estromática	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt, Anf	Sn: 335/65, 345/70	Unidade ortognaissica Contato (?) c/ unidade paraderivada
EMB 72	426.748	7.420.061	Rodovia dos Tamoios (SP-099) , km 19,0	Unidade metaparaderivada (?) foliação evidente, afloramento bem alterado	granítica - textura equigranular muito fina a fina, com cristais de Grt de 1mm, com boa ocorrência; textura flebitica com leucossoma de Qtz e Plg	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt, Sil	Sn: 345/66	Unidade paraderivada
EMB 73	426.831	7.419.838	Rodovia dos Tamoios (SP-099) , pontos no restaurante Aldeia	Não observado foliação, maciça estrutura (??)	Bt-gnaiss c/ Grt - textura equigranular fina	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Grt, Sil	-	Unidade paraderivada
EMB 74	427.192	7.418.983	Rodovia dos Tamoios (SP-099) , km 19,0	Estrutura geral bem xistosa/quartzítica	quartzítica/xistosa - porção quartzítica (Ms-quartzito) granoblástica média e na xistosa lepidoblástica (Ms-xistoc/ Grt)	Qtz, Plg, K-Feld, Bt, Ms Grt, Sil	Sn: 330/60	Unidade paraderivada

3.3 Seleção das amostras

Das 39 amostras coletadas, foram selecionadas dezessete (17) para laminação e quatorze (14) para análises geoquímicas. A **TABELA 3.3.1** apresenta as amostras enviadas aos respectivos processos.

TABELA 3.3.1 – Amostras enviadas para laminação e análises geoquímicas

Ponto	Unidade	Rocha	Amostras Geradas			
EMB-50	Rochas ígneas	Gnaiss Metatexítico	EMB-50A	EMB-50B	-	-
EMB-51		Bt-granito cinza	EMB-51	-	-	-
EMB-52		Bt-granito cinza	EMB-52	-	-	-
EMB-53		Bt-granito cinza	EMB-53	-	-	-
EMB-54		Bt-granito cinza	EMB-54	-	-	-
EMB-55	Paraderivada	Bt-metatexito-gnaiss	EMB-55	-	-	-
EMB-56	Ortoderivada	Bt-Metatexito-gnaiss	EMB-56	-	-	-
EMB-57		Bt-gnaiss granítico	EMB-57	-	-	-
EMB-58		Kfeld-Bt-gnaiss	EMB-58	-	-	-
EMB-59		Bt-ortognaiss c/ Hbl	EMB-59	-	-	-
EMB-60		Hbl-gnaisses tonalíticos	EMB-60A	EMB-60B	EMB-60C	-
EMB-61		Ortognaisses e Anfibolito	EMB-61A	EMB-61B	-	-
EMB-62		Bt-gnaiss	EMB-62	-	-	-
EMB-63		Bt-Ortognaiss e Anfibolito	EMB-63A	EMB-63B	-	-
EMB-64		Bt-ortognaiss (metatexítico)	EMB-64	-	-	-
EMB-65	Paraderivada	Metawalke (fino e grosso), Sil-Grt-Bt-gnaiss, veio de Qtz	EMB-65A	EMB-65B	EMB-65C	EMB-65D
EMB-66		Sil-Grt-gnaiss e Anfobolito	EMB-66	-	-	-
EMB-67		Metatexito	EMB-67	-	-	-
EMB-69	Ortoderivada	Granodiorito gnaiss, Anfibolito, Hbl-Bt-gnaiss e metatexito	EMB-69A	EMB-69B	EMB-69C	EMB-69D
EMB-70		Metatexito, Hbl-Bt-gnaiss e Anfibolito	EMB-70A	EMB-70B	EMB-70C	-
EMB-71		Bt-Gnaiss	EMB-71	-	-	-
EMB-72	Paraderivada	Ms-Gnaiss e leucossoma	EMB-72A	EMB-72B	-	-
EMB-73		Bt-granito gnaiss cinza	EMB-73	-	-	-
EMB-74		Ms-granito gnaiss cinza	EMB-74	-	-	-
EMB-75		Calciosilicática	EMB-75	-	-	-

	Laminação e Geoquímica
	Laminação
	Geoquímica

3.4 Petrografia

Foram selecionadas e serradas dezessete amostras para confecção de seções delgadas com 30 µm de espessura. As seções foram descritas utilizando-se os microscópios, modelo BXP-40 da sala 108 do Instituto de Geociências da USP – Laboratório de Microscopia Petrográfica do IGc – USP.

As texturas e estruturas, bem como a ordem de cristalização mineralógica, foram registradas por meio de fotomicrografias obtidas com câmera digital modelo Olympus E-330 integradas ao microscópio Olympus BX-50, no Laboratório de Microscopia Óptica do IGc – USP.

3.5 Tratamento das amostras (LTA)

Neste item serão descritos os processos em que as amostras selecionadas foram submetidas para a geoquímica elementar fosse realizada.

3.5.1 Limpeza e avaliação das amostras coletadas

As amostras coletadas passaram por uma avaliação em relação ao estado de alteração, para os procedimentos de análise química e para confecção de lâminas petrográficas. Quaisquer fontes de eventuais contaminações foram retiradas (restos de fita, cola, tintas etc) e as porções alteradas foram retiradas com auxílio de martelo ou serra.

Nesta etapa as frações com tamanho máximo de 5 cm foram obtidas a partir de serra e martelo, a fim de otimizar e diminuir o potencial de contaminação na etapa de britagem (**FOTO 1**).

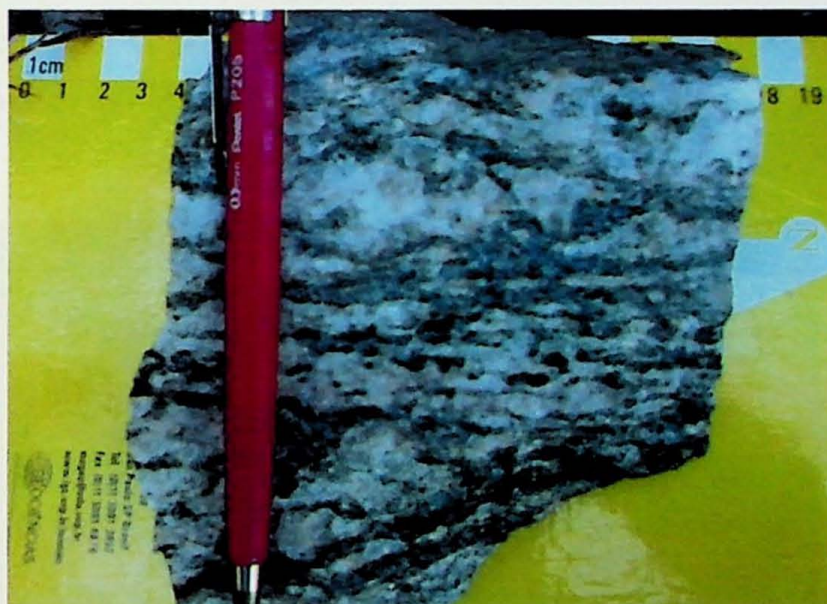


FOTO 1 – Amostra de afloramento do ponto EMB-67A padrão, fresca e limpa. Observa-se o litotipo Bt-gnaiss.

3.5.2 Britagem das amostras

Nesta etapa as amostras foram inseridas no Britador para obtenção de fragmentos menores que 1,0 cm. Sucessivas passagens foram necessárias para redução do tamanho no nível desejado. O refinamento das amostras foi alcançado a partir da utilização de mandíbulas primárias e secundárias, que diferem quanto a dimensão das ranhuras, maiores e mais profundas no segundo caso. O esquema é ilustrado na **FOTO 2**.

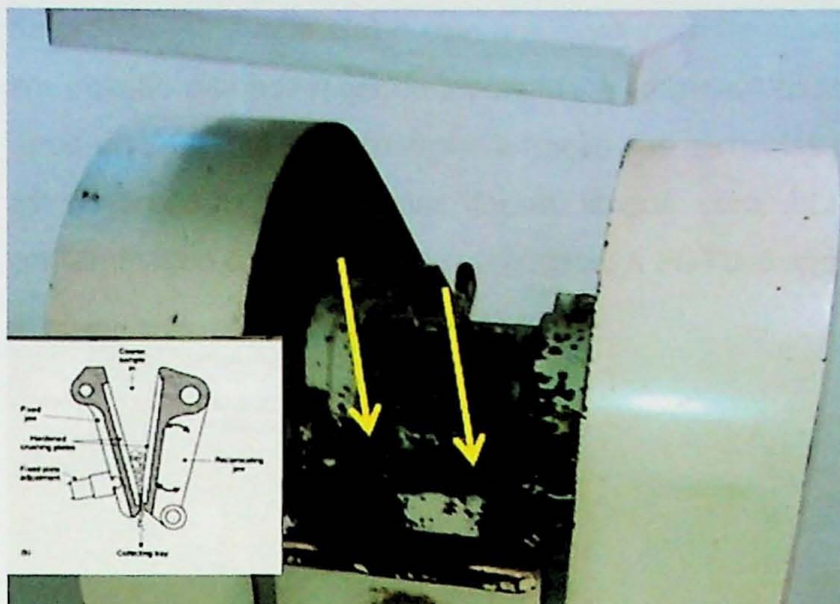


FOTO 2 – Britador de mandíbulas, com destaque a seta amarela indicando a entrada das amostras. Ao lado esquerdo da foto é apresentado o sistema de mandíbulas.

3.5.3 Quarteamento

Esse procedimento é realizado para obtenção de uniformização e homogeneização das amostras britadas, a fim de garantir a representatividade das alíquotas enviadas a análises químicas. Utilizou-se Quarteador tipo *Johnes* (**FOTO 3**), que consiste num aparelho que separa uma quantidade inicial em duas alíquotas homogeneizadas a partir de canaletas que dirigem o material para direções opostas. O processo é repetido sucessivamente, até a obtenção do volume desejado, cerca de 60 ml de amostras, para posterior moagem via prensa e moinho de anéis.

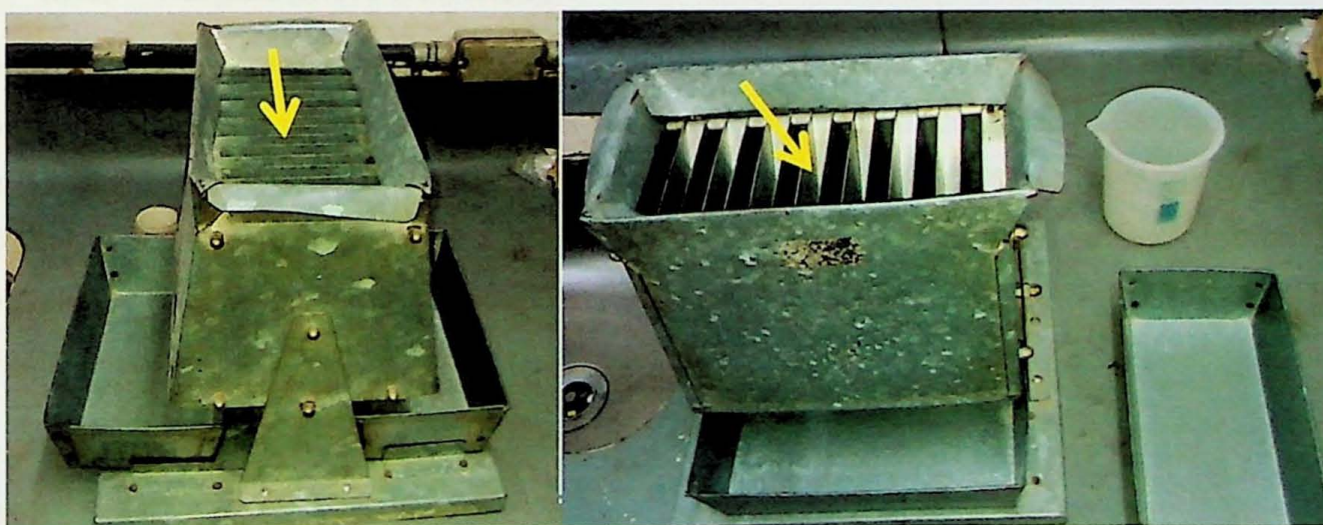


FOTO 3 – Quarteador tipo Johnes, e seus acessórios. Seta amarela indica a entrada da amostra.

3.5.4 Moagem (prensa)

Com as amostras em fração próxima a 20 mm, o próximo passo é a obtenção de um pó com frações menores que 2,0 mm para posterior moagem no moinho de anéis. Para tanto utilizou-se a Prensa Hidráulica. Introduz-se um volume de aproximadamente 100 ml na base

da prensa (seta amarela) e com o acionamento da alavanca, o pistão (seta vermelha) desce em direção da base moendo a porção introduzida. Utiliza-se uma peneira com tamanhos dos furos de 2,00 mm para controlar a fração das partículas produzidas com a prensagem. Todas as ferramentas e utensílios foram limpos com álcool e ar comprimido, para evitar contaminação cruzada entre as amostras. A **FOTO 4** apresenta a Prensa Hidráulica.



FOTO 4 – Visão da Prensa Hidráulica das dependências do LTA. A seta amarela indica a posição onde a amostras é colocada e em seguida é prensada pelo pistão até que se obtenha a fração desejada.

3.5.5 Moagem (moinho de anéis)

A alíquota com granulação inferior a 2 mm foi à moagem no Moinho de Anéis (**FOTO 5**), para a obtenção de pó para análise química. O processo consiste na introdução da quantidade obtida com o quarteamento dentro do recipiente (**FOTO 6**) metálico revestido com as paredes de ágata. Com a rotação gerada pela máquina, os anéis internos do recipiente moerão a fração introduzida. Ressalta-se que o procedimento é realizado duas vezes para cada amostra.



FOTO 5 – Moinho de anéis e a posição de funcionamento da panela.



FOTO 6 – Panela revestida de ágata, e seus anéis, acessório do moinho.

3.6 Análises Geoquímicas (elementos maiores, menores e traço)

As amostras preparadas foram enviadas para realização de análises de rocha total, via FRX e ICP-MS, no laboratório ACME LABS no Canadá, para determinação de elementos maiores, menores e traço.

Infelizmente, os resultados não chegaram em tempo de compor a presente monografia e, portanto, apenas as etapas de preparação foram aqui detalhadas.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Geologia e Petrografia

Neste item será realizada uma abordagem comparativa entre as descrições obtidas na etapa de campo, aliada a petrografia macro e microscópica realizada nas amostras selecionadas tidas como embasamento do Complexo Embu. O mapa geológico local é apresentado na **FIGURA 4**.

Foram visitados vinte e quatro afloramentos ao longo de dois perfis paralelos (**FIGURA 1**) com orientação NW/SE nas rodovias SP-103 (Caçapava-Jambeiro) e SP-099 (Rod. dos Tamoios). Os litotipos encontrados variam de Bt-granitos, Bt-granito-gnaisses, Hbl-Bt-gnaiss tonalítico, anfibolitos e gnaisses metatexíticos. A seguir são apresentadas as principais feições de campo e petrografia dos litotipos amostrados.

Ponto EMB-58

Afloramento próximo às imediações do município de Jambeiro, antiga pedreira. O litotipo presente neste ponto tem composição granodiorítica/tonalítica, estrutura bandada, foliada em algumas porções. Possui textura granoblástica inequigranular fina a média, com megacristais de Kfeld, contendo os minerais Plg, Kfeld, Qtz e Bt.

Observam-se remobilizações com composição félsicas de Qtz e Plg de coloração branca (seta laranja) e Qtz e Kfeld de coloração rosada (seta amarela) na foliação principal. Estrutura geral do afloramento apresenta aspecto ígneo, embora apresente estrutura bandada/foliada com remobilizações félsicas descritas. A **FOTO 7** apresenta o afloramento descrito.

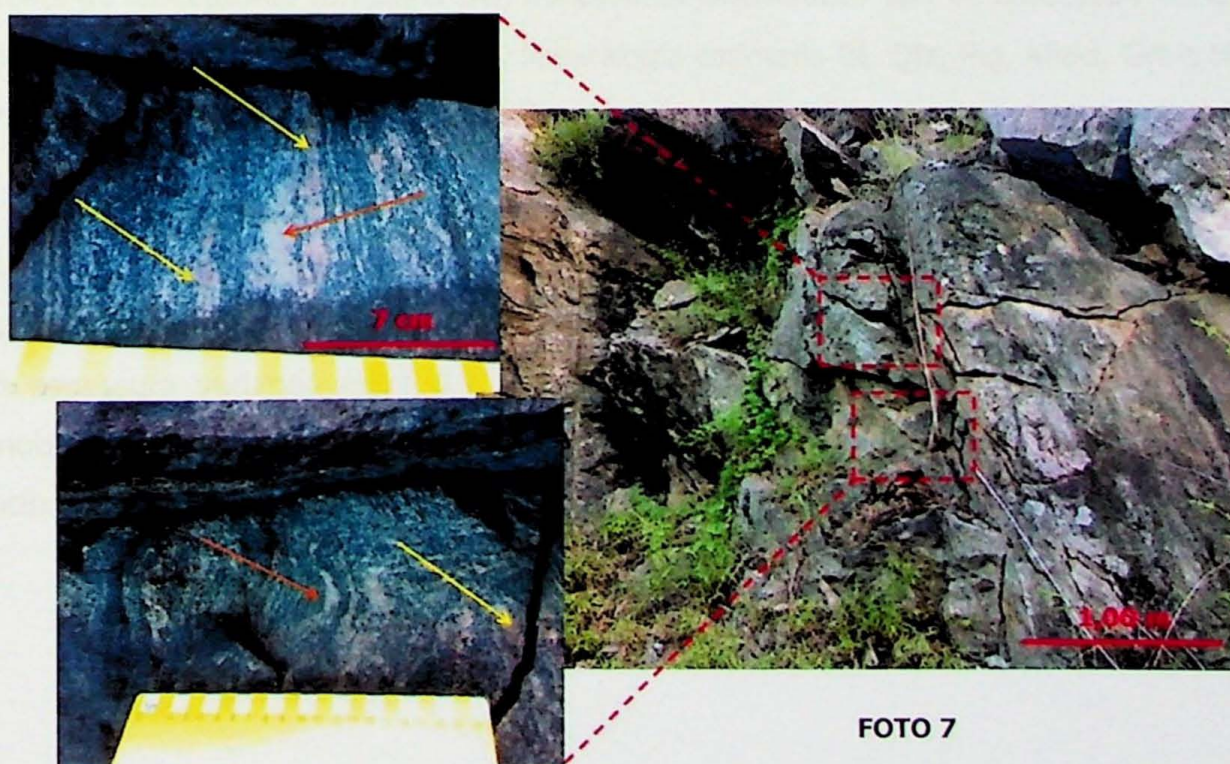


FOTO 7

Microscopicamente, observa-se estrutura foliada, dada pela orientação principal da Bt e Qtz, textura granolepidoblástica anastomosada, inequigranular fina a média, apresentando arcabouço e matriz com Qtz e Plg (hipidioblásticos) de tamanho médio de 1,0 mm e de 0,15 mm, respectivamente. Os cristais de Qtz apresentam contatos poligonizados, extinção ondulante; em alguns casos aparecem estirados (*ribbons*) e contatos irregulares. Megacristais de Kfeld xenoblásticos de até 2,5 mm. Foram observados minerais acessórios Opc, Tit, Ap e Zr. A **FOTO 8** apresenta as fotomicrografias do ponto EMB-60.

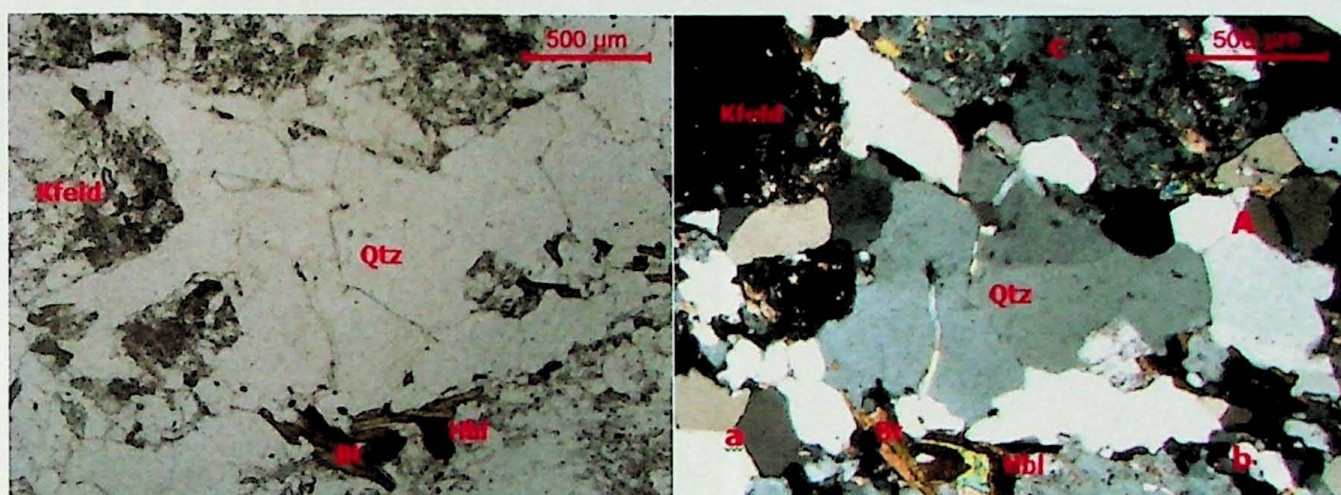


FOTO 8

Ponto EMB-59

Aflora rocha de estrutura bandada com alternância de porções de composição quartzo/feldspáticas e máficas com Bt e Hbl. Contém textura geral granoblástica, inequigranular média com lentes de granulação grossa. Porção com textura estromática e *boudins* de leucossoma rompidos (**A**), indicadores cinemáticos tipo ϕ (tracejado amarelo). Dobras intrafoliais (**B**) e pares SC (**C**). Mineralogia estimada Bt, Qtz, Plg, Kfeld, Grt e Hbl. As estruturas são apresentadas na **FOTO 9**.

Em seção delgada (**FOTO 10**) observa-se discreta alternância entre porções com foliação definida por minerais máficos e bandas félsicas de textura granoblástica, protomilonítica. Nota-se foliação incipiente dada pela Bt, textura lepidoblástica não contínua, anastomosada, com espessura variando entre 0,1 a 0,5 mm e porção bandada félsica com Qtz e Plg, granoblástico, inequigranular fino a médio. Possui bolsões cuja mineralogia compreende principalmente cristais de Qtz de dimensões médias de 0,1 mm.

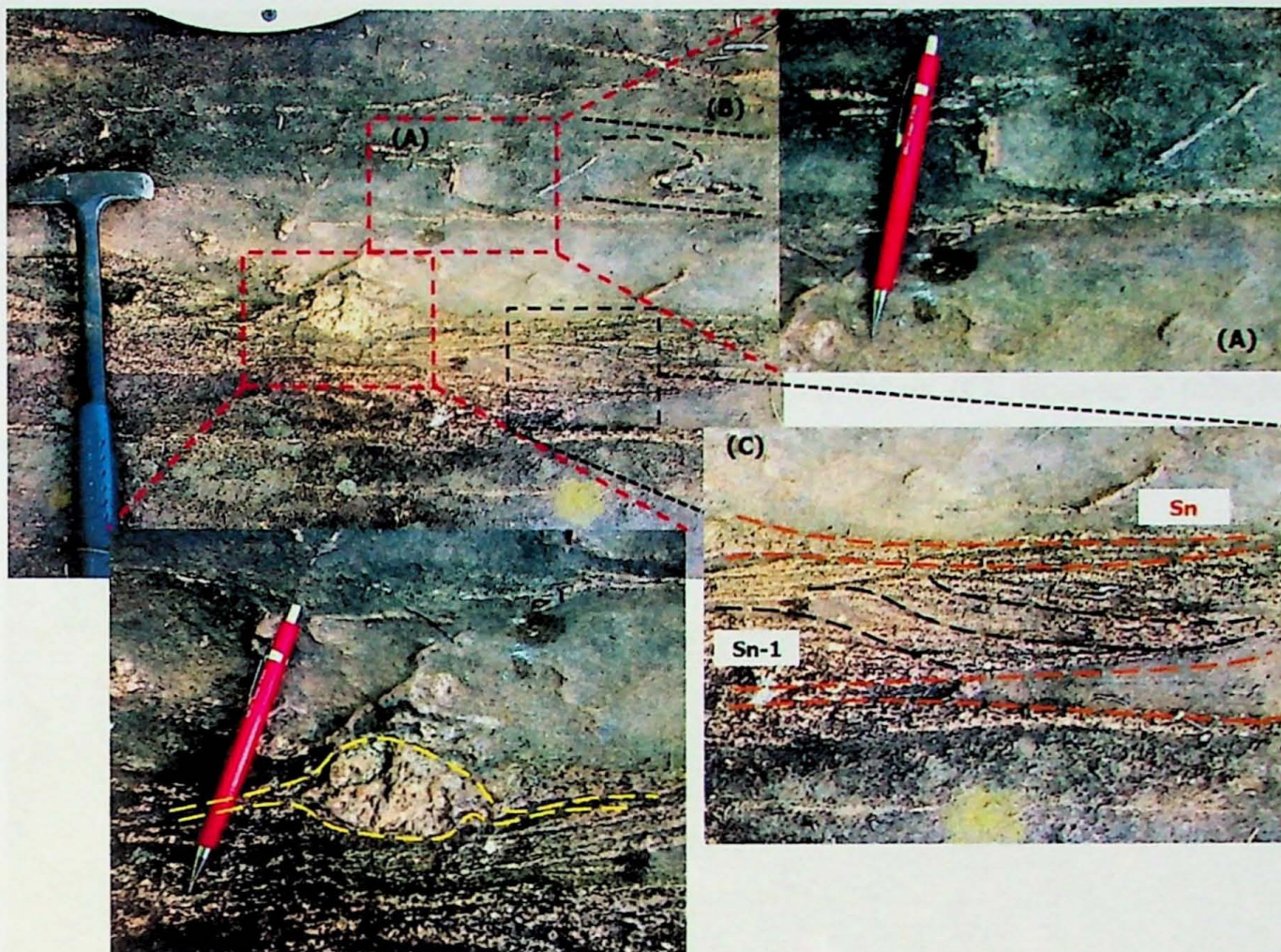


FOTO 9

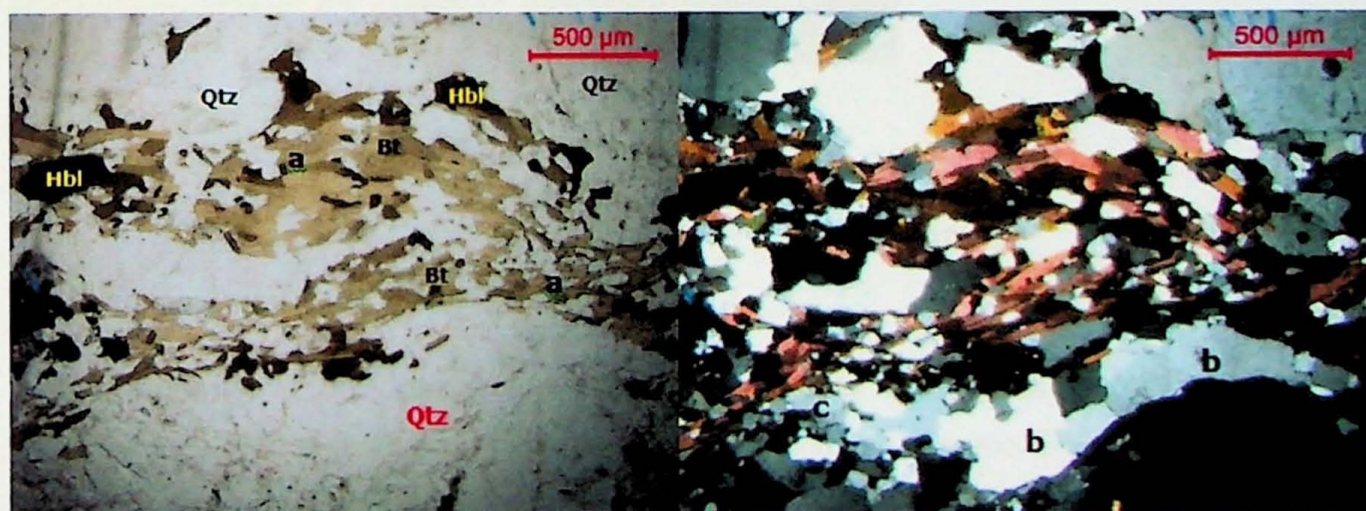


Foto 10 – Fotomicrografia com (Obj. 5x) da seção delgada, da amostra do ponto EMB-59 e sua mineralogia indicada. Em (a) foliação deformada, anastomosada dada pela Bt, (b) *ribbons* de Qtz acompanhando a foliação deformada. (c) porção com matriz fina de Qtz, cominuída.

Ponto EMB-60

Foram observadas diversas estruturas de migmatização e remobilização félsica (A). Rocha apresenta aspecto ígneo cristalino, com minerais comuns a granitos Qtz, Plg e Bt. A composição estimada é granodiorítica, monzogranítica e porções tonalíticas. Partes do afloramento apresentam estrutura bandada migmatítica estromática e *schrielen* (B). Textura granoblástica inequigranular grossa nas porções félsicas e lepidogranoblástica inequigranular média nas porções com Bt e Qtz. Observado dobras intrafoliais (C). Nota-se a foliação principal Sn (tracejado preto) com dobra intrafoliar preservando Sn-1 (tracejado vermelho). A **FOTO 11** apresenta a visão geral do afloramento da pedreira do Ponto EMB-60.

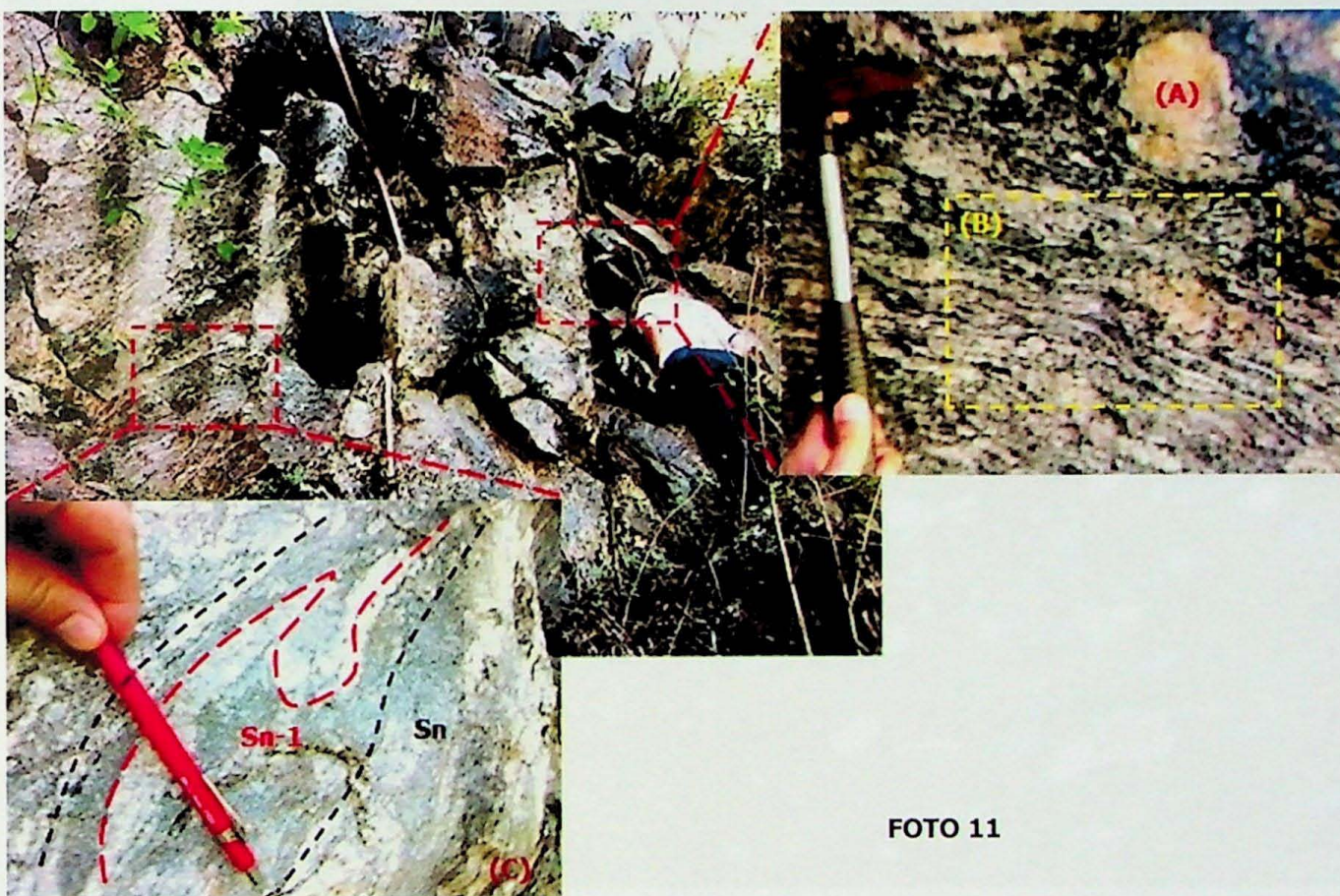


FOTO 11

Neste afloramento devido à diversidade de estruturas e texturas identificadas, foram retiradas três (03) amostras do perfil da pedreira e nomeadas como EMB-60A a EMB-60B e EMB-60C, descritas a seguir.

EMB-60A

Primeiramente nota-se uma estrutura em forma de veio paralelo que corta a lâmina em seu lado maior. Observando a seção, esta textura foi identificada com um grande *ribbon* (tracejado amarelo) de Qtz com contatos lobados (A) e extinção ondulante (B). A estrutura geral é bandada/foliada dada pela Bt, Qtz e Plg, com textura lepidogranoblástica

inequigranular fina a média com porções grossas. Nas lentes com Bt observam-se cristais hipidiomórficos de Hbl com dimensão de até 0,8 mm. Cristais de Qtz xenoblásticos com contatos irregulares e cristais com contatos retos produzindo textura polygonizada (C). Foram identificados porfiroclastos de Qtz (+/- 1,3 mm) manteados com Bt e indicadores cinemáticos tipo delta (δ). Mineralogia observada Plg, Qtz, Bt, Hbl e acessórios (Zr e Opc). As **FOTOS 12 e 13** apresentam a seção delgada da amostras do ponto EMB-60A.

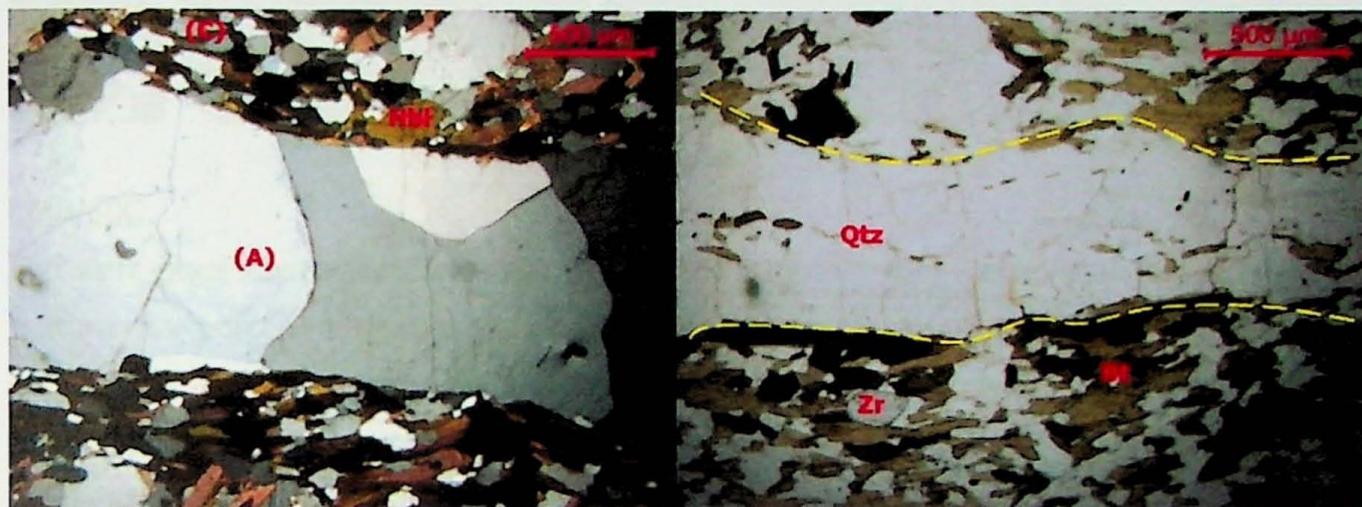


FOTO 12

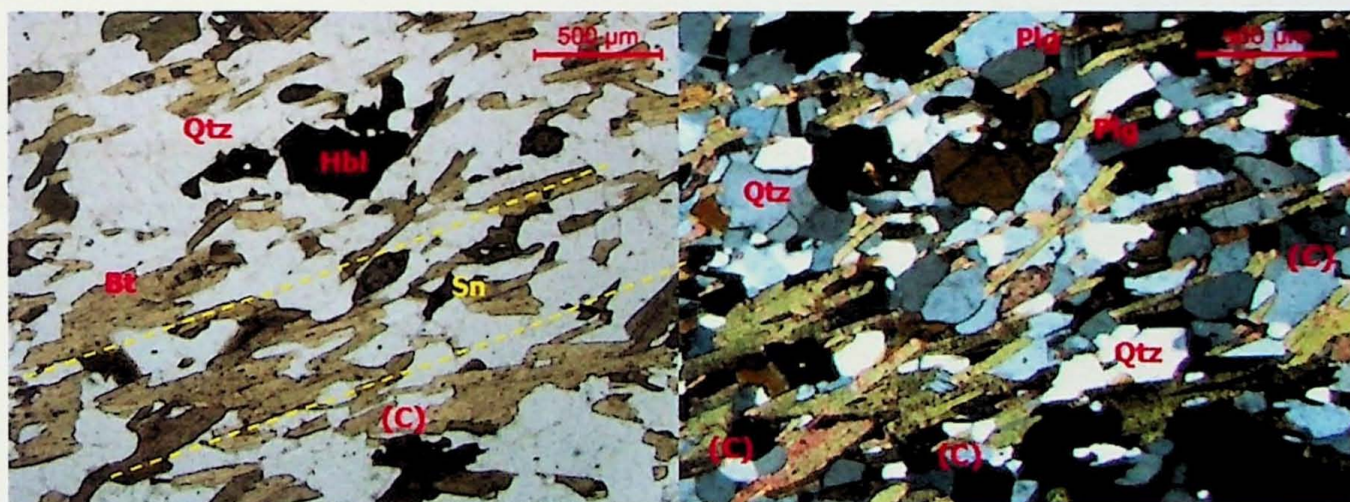


FOTO 13

EMB-60B

Estrutura e texturas muito semelhantes ao da seção delgada anteriormente descrita, com porções com granulação mais grossa (média a grossa) e a foliação dada pela Bt; também apresenta em lâmina aglomerados de cristais de Qtz com hábito irregular (A); maior concentração de cristais hipidiomórficos de Hbl, que podem alcançar até 3,00 mm. Apresenta um megacristal de Plg medindo aproximadamente 3,5 mm com geminação deformada (B). Observando a seção, esta textura foi identificada com um *ribbon* de Qtz com contatos lobados (C) internos e extinção ondulante pouco deformado (tracejado amarelo).

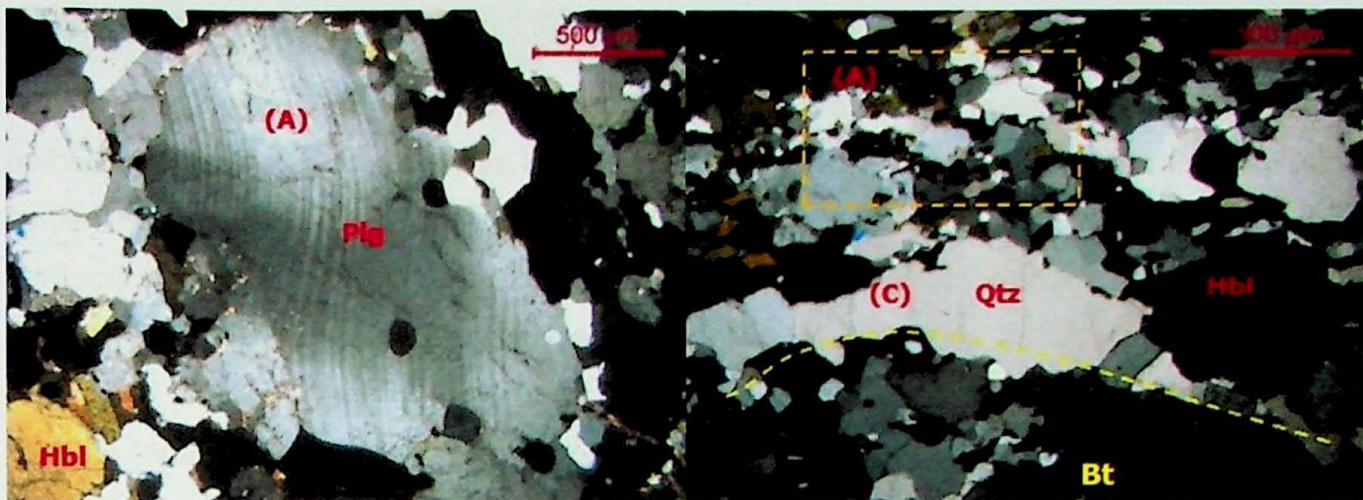


FOTO 14

EMB-60C

Estrutura geral observada em lâmina (**FOTO 15**) é foliada, com megacristais de Hbl e Bt. A textura na porção félsica é granoblástica inequigranular fina a média, aparentemente observa-se um arcabouço de Plg e Qtz com tamanho médio de 1,5 mm com extinção ondulante – Qtz (**A**), porções com contatos irregulares e porção com contatos retos formando textura poligonizada (**B**). Na banda de composição máfica esta apresenta textura nematolepidoblástica com Hbl e Bt ripiforme com cristais tabulares de até 2,0 mm. Cristais de Hbl hipidiomórficos com até 2,00 mm. Mineralogia observada em lâmina Kfeld, Bt, Hbl, Kfeld, Cpx e Qtz.

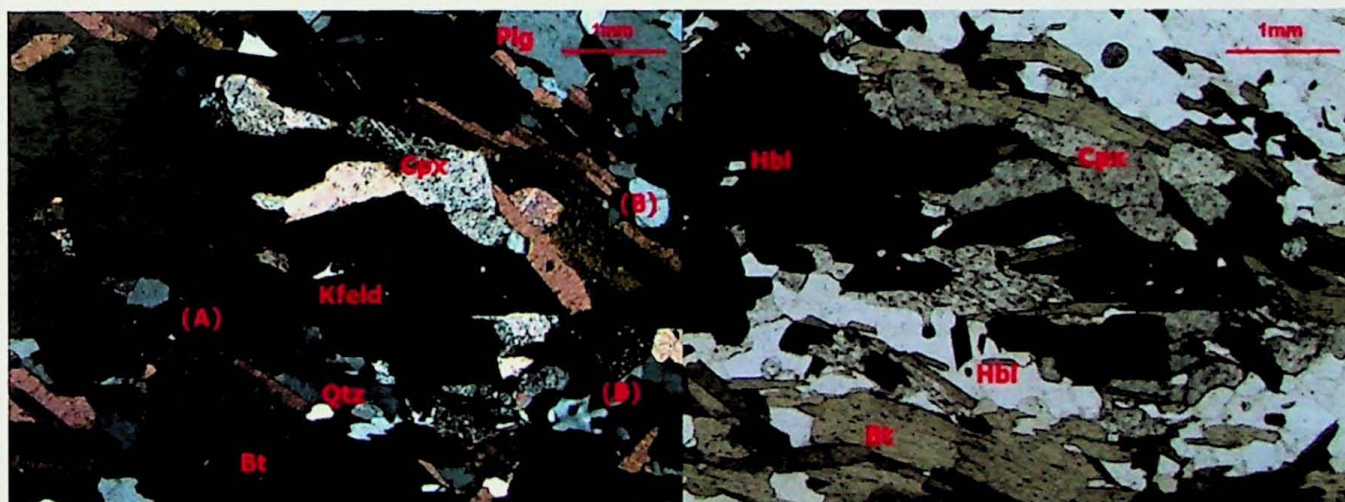
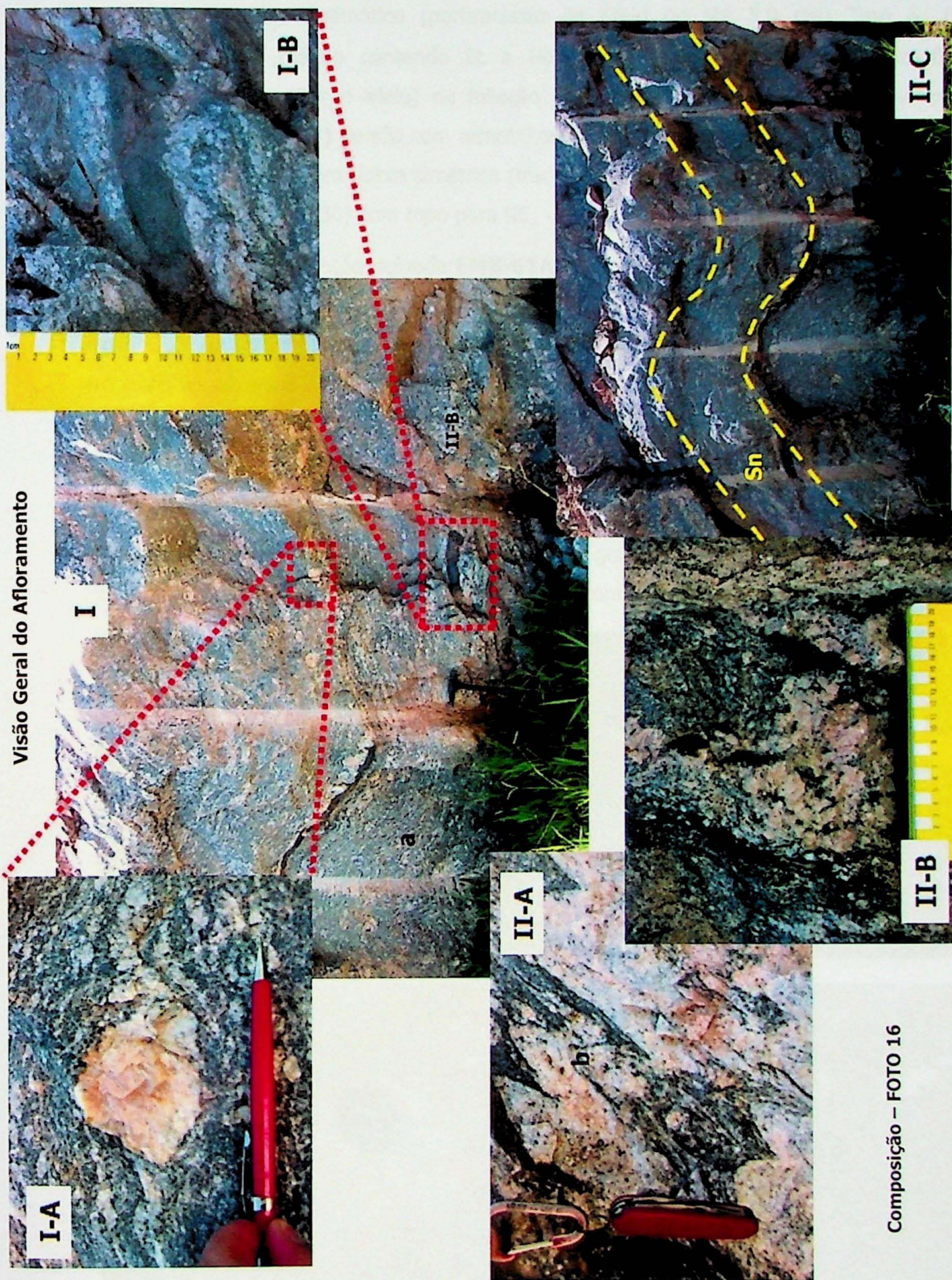


FOTO 15

Ponto EMB-61

Afloramento métrico na Rod. dos Tamoios, sentido Dutra. Hbl-Bt-gnaiss metatexítico, com textura granoblástica fina a média inequigranular, estrutura geral foliada, aspecto milonítico evidente. Remobilizações de leucossoma inequigranular médio a médio a grosso, de composição félsica e coloração rosada. Foram observados abundantes porfiroclastos de Kfeld arredondados de tamanhos variáveis entre 7 – 10 cm com cores de rosa a vermelho. As evidências de deformação são várias, tais como, dobras intrafoliais rompidas, porções máficas (anfibolíticas) em *boudins* rompidos com largura de até 30 cm.



Composição - FOTO 16

A foto composta do ponto **EMB-61** apresenta: **(I)** Visão geral do afloramento do Hbl-Bt-ganisse milonítico. Em **(a)** foliação principal bem evidente dobrada, protomilonítica. **(I-A)** apresenta indicador cinemático (porfiroclasto de Kfeld de até 5,0 cm) Tipo δ . **(I-B)** apresenta bolsão máfico contendo Bt e Hbl (paleossoma). **(II-A)** Remobilização de leucossoma félsico (Qtz e Kfeld) na foliação principal com dobras intrafoliais na porção máfica de Bt **(b)**. **(II-B)** Bolsão com remobilização félsica contendo Qtz e Plg. **(II-C)** visão geral do afloramento com dobra simétrica (tracejado amarelo); apresentando a **Sn** dobrada (medidas: 335/40, 345/30) com topo para NE.

Microscopicamente, a seção delgada **EMB-61A** apresenta estrutura levemente foliada, com lentes finas de composição máfica (Bt e Hbl). A textura bimodal com predominância de arcabouço de granoblástico inequigranular, de granulação muito fina a fina. Ocorrem megacristais diversos em meio à matriz (Qtz, Hbl, Plg e Kfeld). Na seção delgada **EMB-61B** estrutura foliada leve, textura granonematoblástica inequigranular média a média a grossa. Mineralogia geral: Qtz, Kfeld, Plg, Bt, Hbl e Opc; acessórios Tit e Zr.

Nas **FOTOS 17** e **18**, temos: cristais de Qtz com contatos irregulares **(A)** e arredondados **(B)**. Megacristal de Kfeld **(C)** com geminação em grade e de Plg **(D)**. Em **(E)** observa-se *ribbon* deformado (tracejado amarelo) de Qtz com contatos lobados e extinção ondulante.

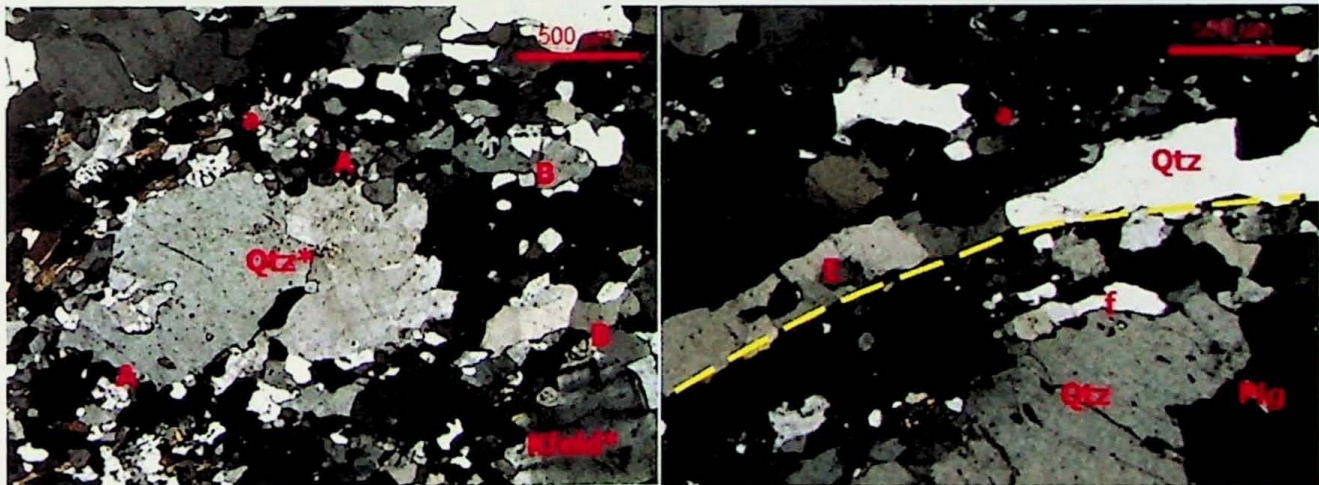


FOTO 17 – Seção EMB-61A

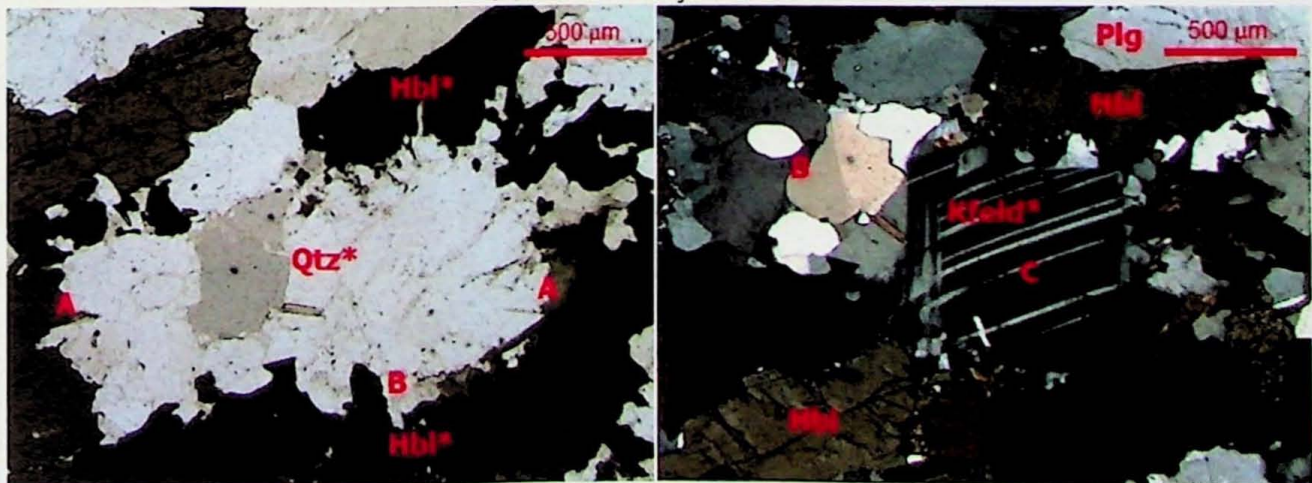


FOTO 18 – Seção EMB-61B

Ponto EMB-63

Afloramento da Rodovia dos Tamoios, sentido SP-077. Litotipos Hbl-Bt-gnaiss cinza/rosado e porção máfica foliada anfibolítica. Litotipo (I) Estrutura levemente bandada/foliada (linha tracejada preta), textura granoblástica, inequigranular fina a média. Remobilizações de leucossoma rosado (Kfeld) (A) na porção no litotipo gnáissico. (II) Anfibolito cinza, foliado fino a médio inequigranular, escuro com remobilizações de Plg e Qtz (B). Abaixo a **FOTO 19** apresenta a porção do afloramento visitada.

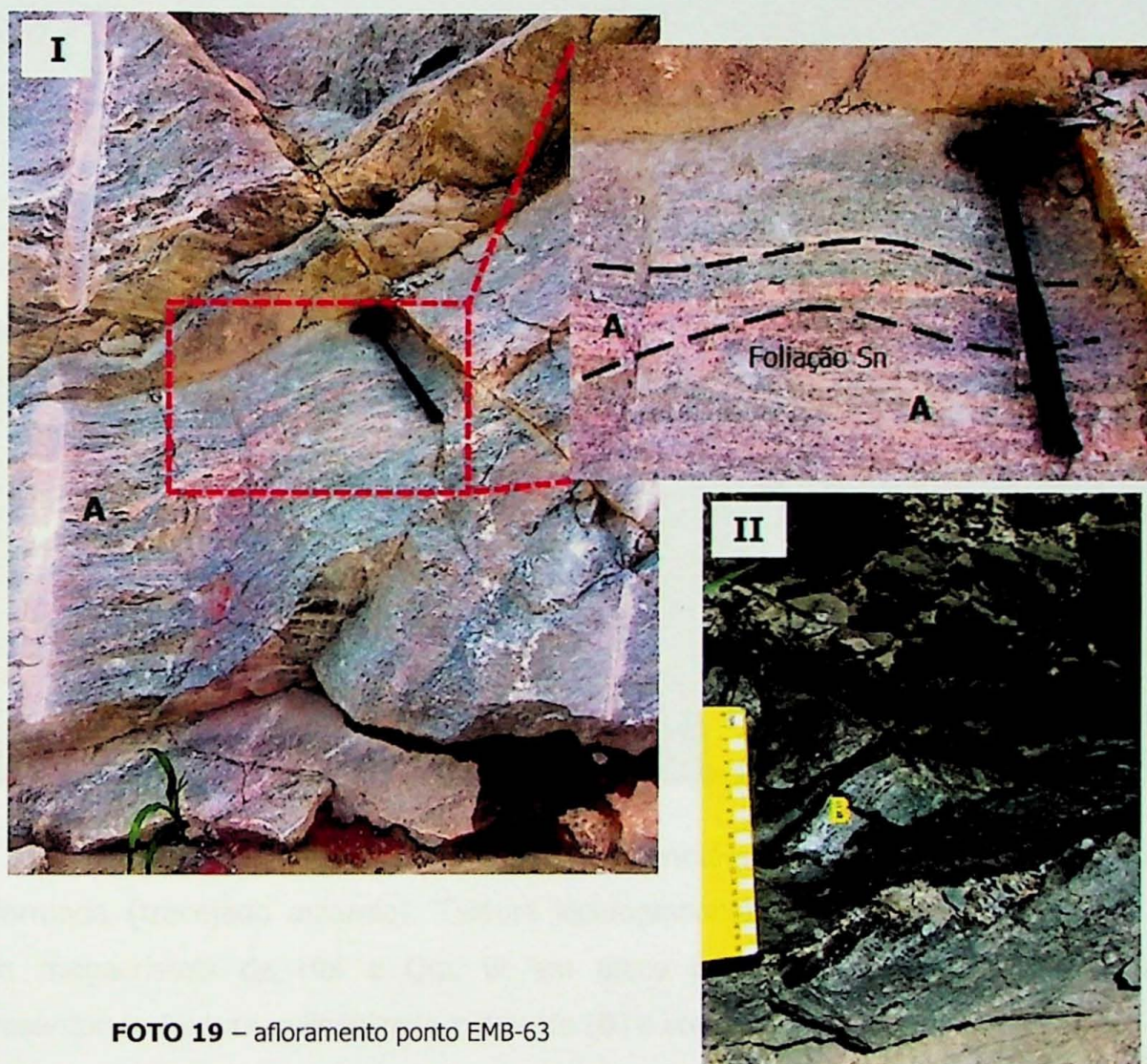


FOTO 19 – afloramento ponto EMB-63

Foram extraídas duas amostras do perfil, e destas foram confeccionadas duas (02) seções delgadas EMB-63A (Bt-gnaiss rosado) e EMB-63B (Bt-anfibolito).

Na análise da seção delgada **EMB-63A**, observou-se estrutura levemente foliada, com bandamento incipiente deformado (tracejado vermelho) com Bt e Hbl na porção máfica e Qtz e Kfeld na félsica. Textura granoblástica, inequigranular média, com megacristais (A) de Kfeld com geminação em grade (microclínio). Qtz apresentando contatos retos, por vezes irregulares e lobados (B). Foliação deformada ondulada dada pela Bt e *ribbon* de Qtz (C) com deformação segunda foliação principal (tracejado vermelho).

Também foi notado sigmoide de deformação (indicador cinemático), de Qtz e Kfeld (+/- 2,5 mm) manteado por recristalização de Qtz e poucas Bt (tracejado amarelo) com cristalização de Bt na sombra de pressão (**D**). Em (**E**) observa-se textura interlobada seriada. As estruturas e texturas observadas podem ser visualizadas nas **FOTOS 20** e **21**.

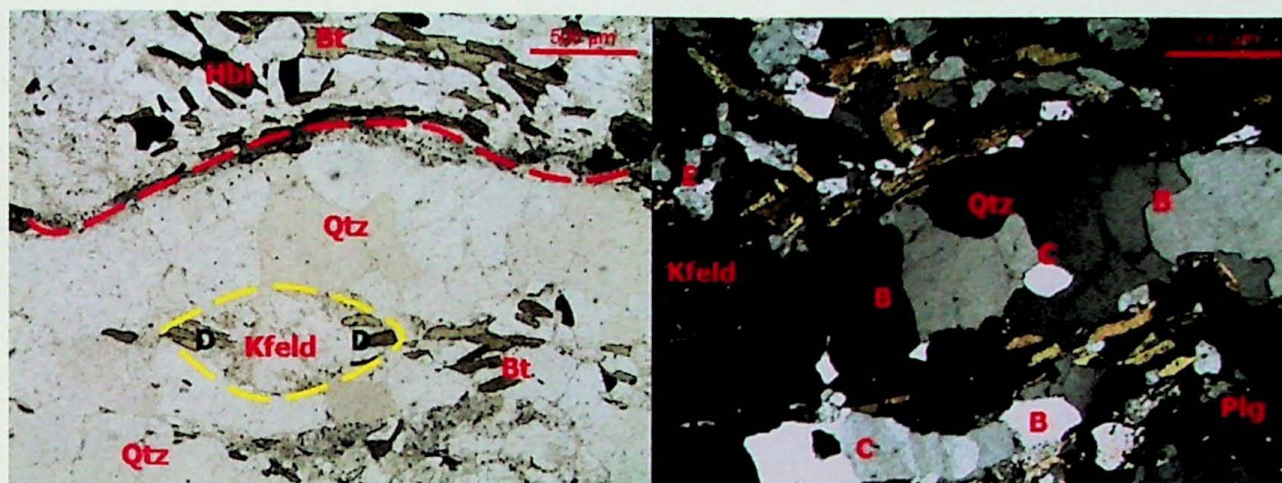


FOTO 20

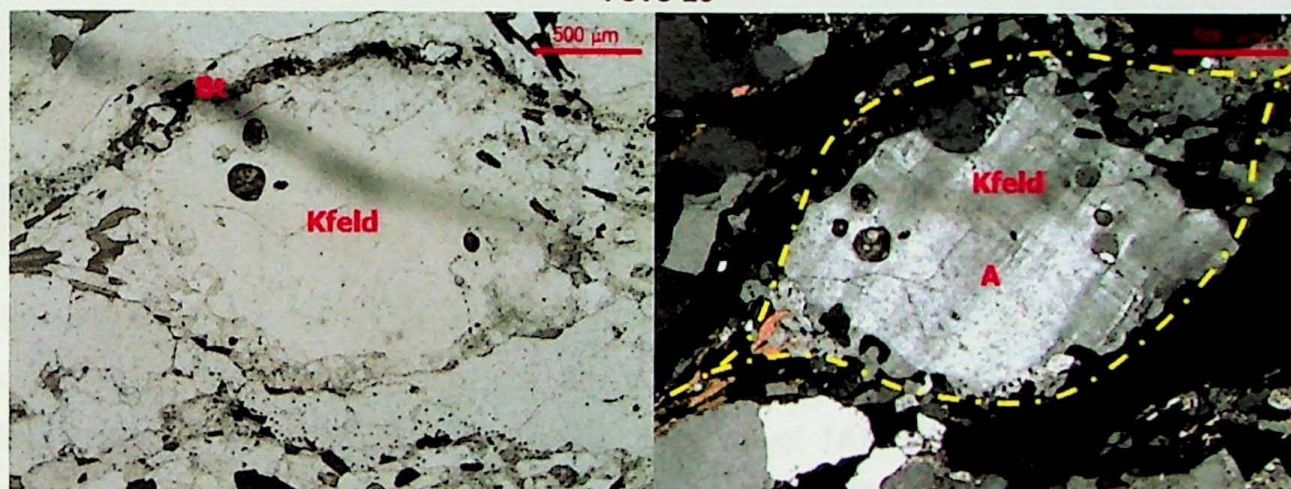


FOTO 21

Na lâmina **EMB-63B** Bt-anfibolito (**FOTO 22**), nota-se estrutura foliada bem evidente, deformada (tracejado amarelo). Textura lepidogranoblástica, inequigranular fina a média com megacristais de Hbl e Qtz. Bt em arcos poligonais. Porções félsicas com Qtz apresentando textura polygonizada incipiente (**B**) e contatos irregulares e interlobados (**A**).

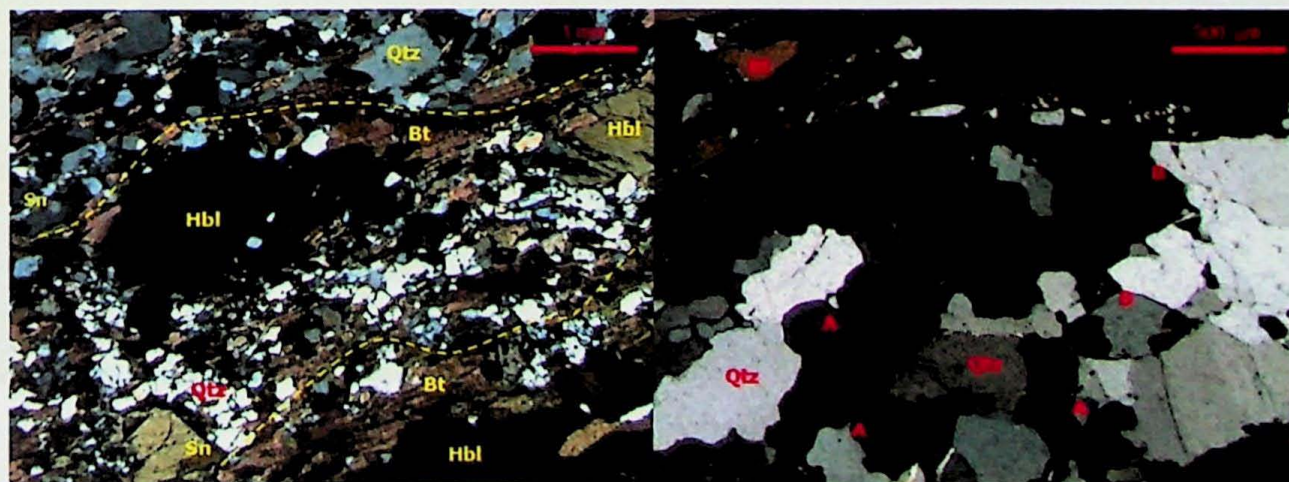


FOTO 22

Ponto EMB-67

Afloramento tipo corte de estrada de Bt-gnaiss cinza a cinza escuro, de composição tonalítica, foliação com bandas centimétricas de leucossoma rosado **(A)**. Textura geral na porção escura tonalítica granoblástica fina a média. Na porção félsica granoblástica media a grossa. Mineralogia: Qtz, Kfeld, Plg, Hbl e Bt. Nota-se foliação/bandamento evidente (tracejado vermelho) com remobilização de leucossoma.



FOTO 23 – Ponto EMB-67

Microscopicamente a seção delgada **EMB-67** (**FOTO 23** e **24**), possui estrutura bandada/foliada predominantemente félsica; cristais de Plg e Kfeld (microclínio) com dimensões de até 30 mm e geminação bem visível **(A)**. Textura geral granoblástica, inequigranular fina a média, com megacristais de Kfeld e Plg; Qtz subeuédricos, textura poligonizada **(B)**, contatos interlobados **(C)** e *Ribbon* de Qtz **(D)**. Observado intercrescimento abundante de Kfeld em Qtz, indicando textura granofírica vermicular (seta amarela).

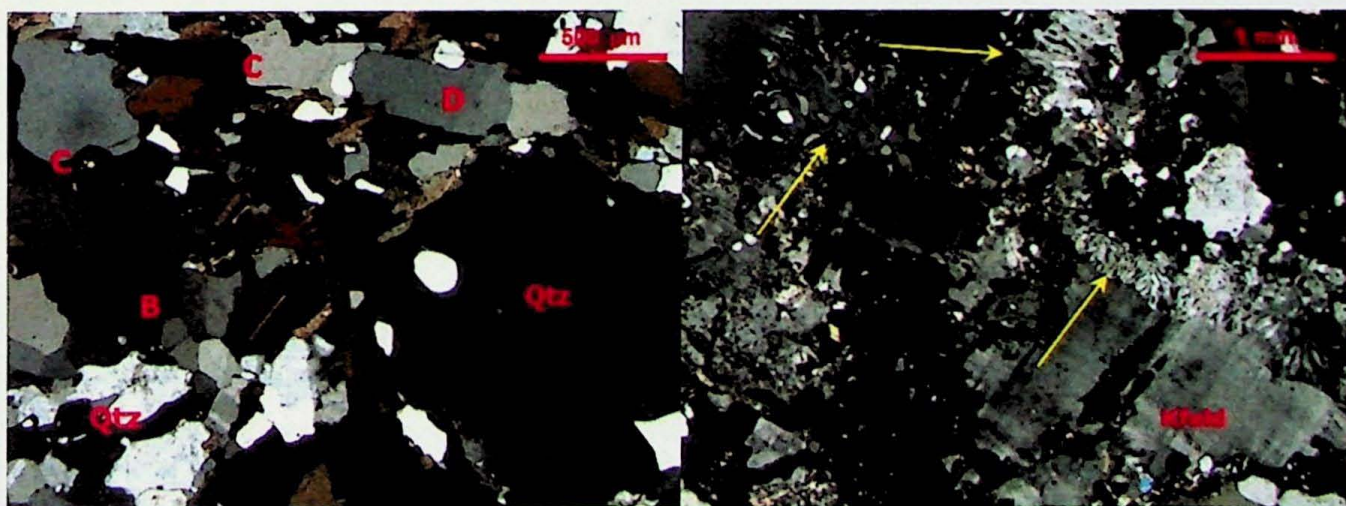


FOTO 23

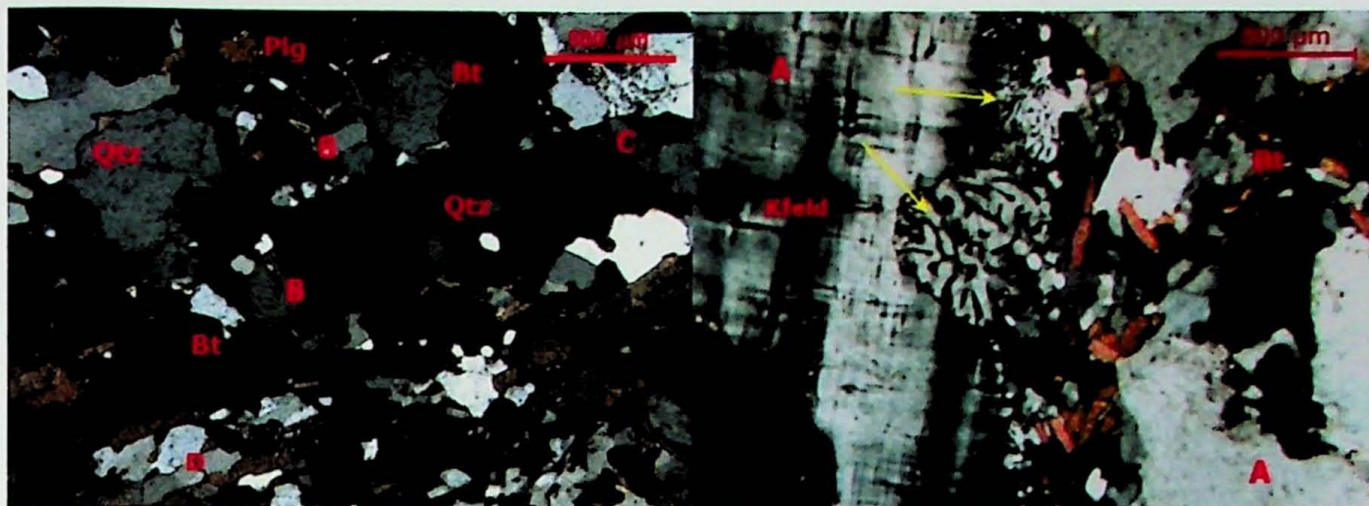


FOTO 24

Ponto EMB-69

Afloramento tipo corte de estrada na Rodovia dos Tamoios, sentido litoral. Inicialmente foram observados pelo menos três litotipos diferentes (**I**) gnaiss granodiorítico, (**II**) anfibolito, (**III**) Hbl-Bt-gnaiss metatexítico com leucossoma (Qtz e Plg). Foram identificadas diversas estruturas no afloramento, estruturas bandadas dobradas (**A**), remobilizações félsicas na foliação principal (**B**) e em bolsões (**C**) com Plg e Qtz, leucossomas rompidos (**D**) e dobras intrafoliais (contorno tracejado vermelho).

As texturas variam de granoblástica fina a média no gnaiss granodiorítico (equigranular) e no Hbl-Bt-gnaiss (inequigranular) a inequigranular grossa no anfibolito. Nos leucossomas presentes do Hbl-Bt-gnaiss metatexítico, a granulação é grossa e possui coloração desde branco a levemente rosado e seu bandamento se apresenta mais intenso e deformado. No gnaiss granodiorítico o leucossoma tem granulação mais fina e coloração branca composição félsica (Qtz e Plg), textura levemente flebítica/estromática (**E**). Mineralogia identificada Qtz, Plg, Anf (Hbl), Kfeld e Bt. A **FOTO 25** apresenta a visão do ponto EMB-69.

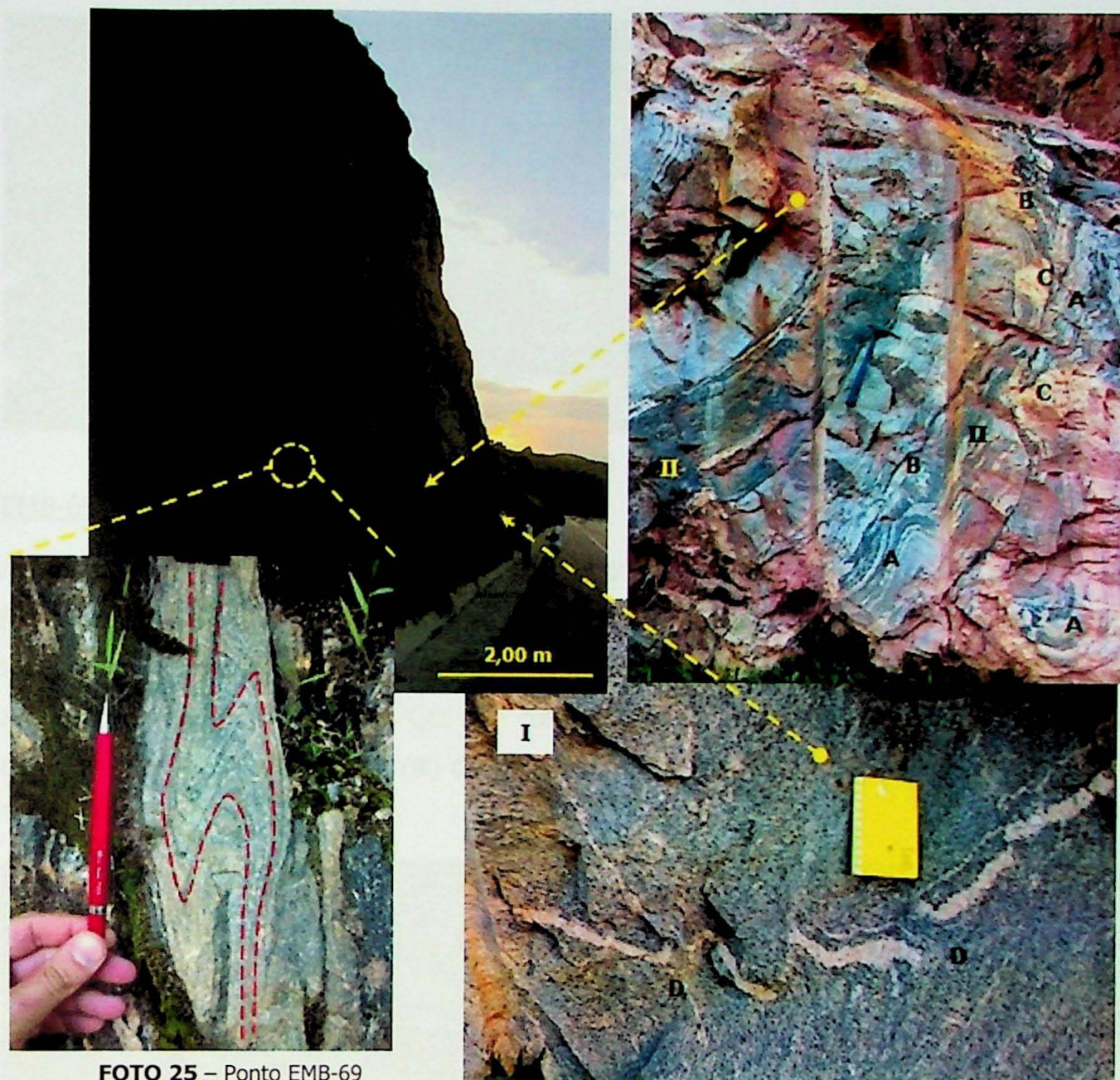


FOTO 25 – Ponto EMB-69

Deste afloramento foram coletadas quatro (04) amostras para confecção das seções delgadas EMB-69A – gnaiss granodiorítico, EMB-69B – Anfibolito, EMB-69C – Hbl-Bt-gnaiss metatexítico e EMB-69D – leucossoma (diatexito) granoblástico.

EMB-69A

Microscopicamente apresenta estrutura bandada, predominantemente félsica com megacristais de Kfeld e Plg (dimensões de até 30 mm). Textura geral é caótica com granulações variáveis do mesmo mineral. É observado uma “matriz” fina granoblástica, inequigranular (**A**), e bolsões contendo Qtz com textura poligonizada (**B**), inequigranular média a grossa. Na porção máfica é visualizado Bt e Hbl euhédrico e subeuhédrico, respectivamente, formando textura nematolepidoblástica inequigranular fina a média. Qtz com contatos interlobados (**C**) e textura granofírica (seta amarela) (Kfeld e Qtz) também são observados. Mineralogia Qtz, Kfeld, Plg, Bt, Hbl e acessórios (Opc e Tit) (**FOTO 26**).

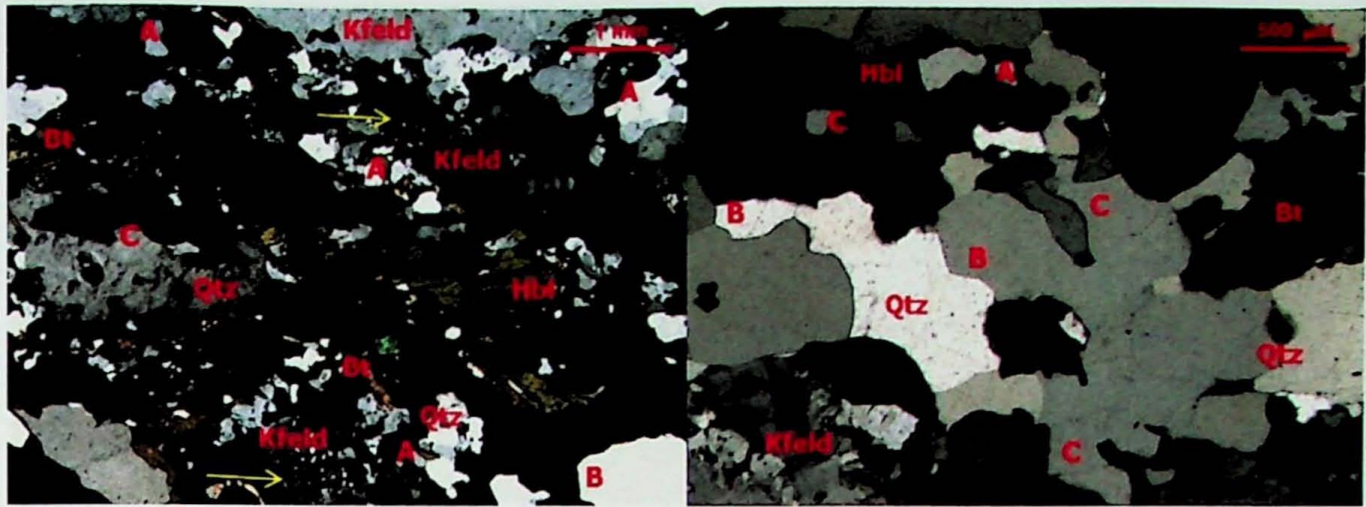


FOTO 26

EMB-69B

A estrutura geral visualizada em lâmina (**FOTO 27**) é bandada, com alternância de porções félsicas com Plg e Qtz, granoblástico, inequigranular médio a grosso e máficas com Hbl e Bt, textura lipidonematoblástica, inequigranular grossa. É observado entre as porções máficas, acúmulos/bolsões de cristais de Qtz com contatos irregulares e cominuídos (**A**). Também é observado textura poligonizada (**B**) do Qtz. Mineralogia Plg, Hbl, Bt e Qtz e acessórios (Zr, Tit e Opc).

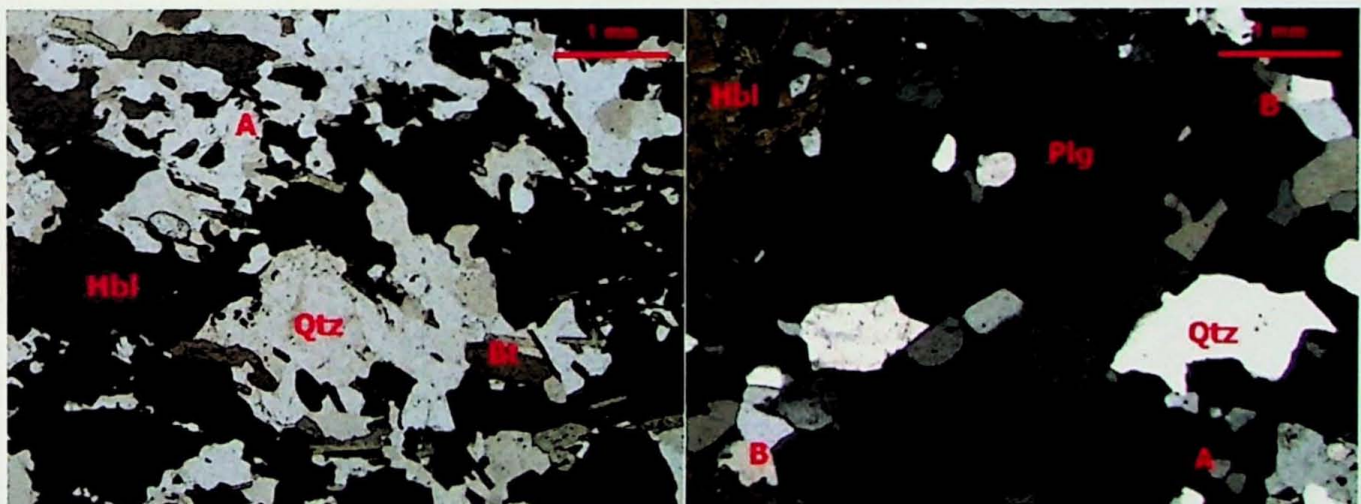


FOTO 27

EMB-69C

Microscopicamente a estrutura geral é levemente foliada contendo porções félsicas mais desenvolvidas, com Plg e Qtz, granoblástico, inequigranular fino a médio. É observado entre a estruturação com granulação média, porções com granulação mais fina de Qtz e Plg. Há cristais de Qtz com contatos irregulares, cominuídos (**A**). Também é observado textura poligonizada (**B**) do Qtz. Em alguns cristais de Qtz observa-se intercrescimento de Kfeld (textura granofírica – seta amarela). Cristais de Qtz estirados (seta vermelha). Mineralogia Plg, Bt, Qtz e Hbl e acessórios (Zr, Tit e Opc). **FOTO 28**.

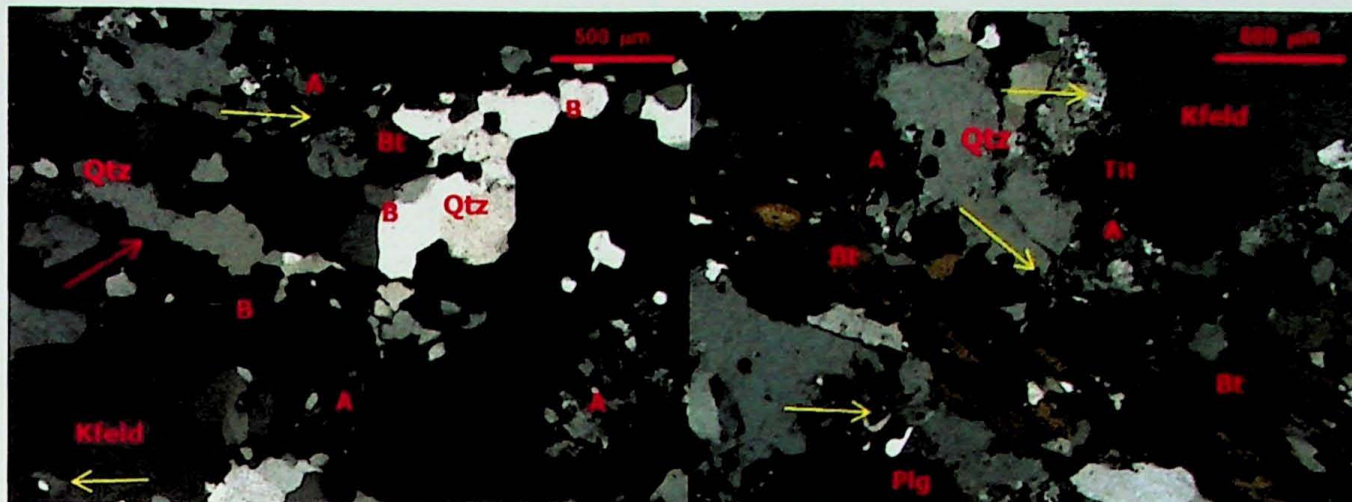


FOTO 28

EMB-69D

Nesta seção delgada (**FOTO 29**) observou-se estrutura foliada deformada (ondulada) bem marcante (tracejado amarelo), essencialmente félsica com Qtz e Plg. A textura é granoblástica, inequigranular fina a fina a média; fitada com estiramento do Qtz em forma de *ribbons* (seta azul). Apresenta pouca Bt na foliação e porfiroclastos de Qtz (com extinção ondulante, contatos lobados (A) e textura poligonizada pouco seriada (B)) e Plg de até 1,0 mm são visualizados. Mineralogia Qtz, Plg e Bt.

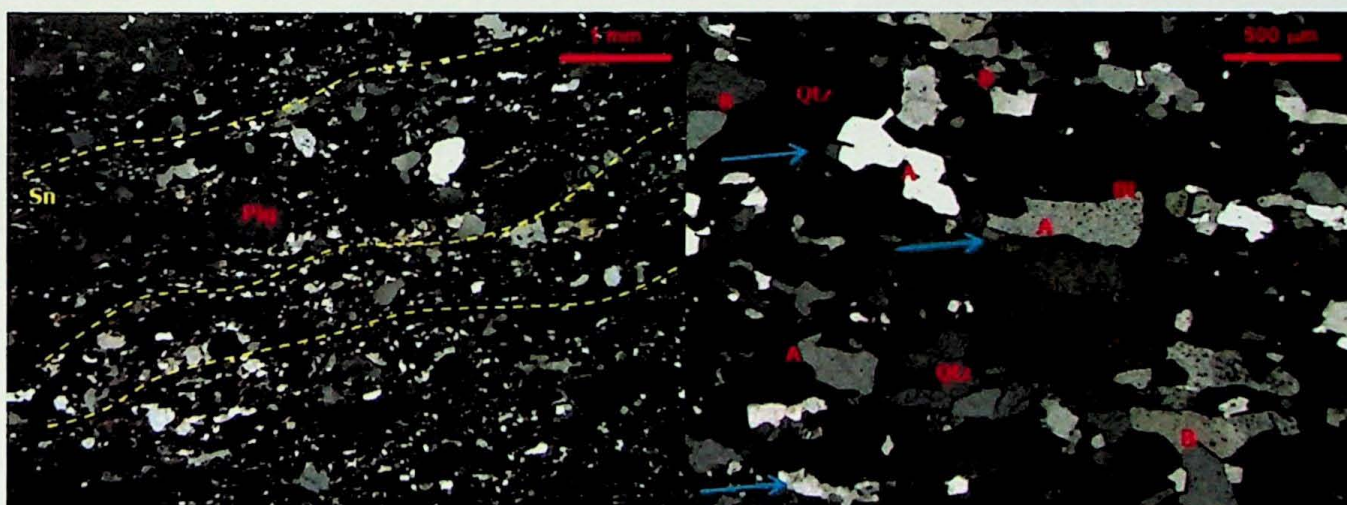


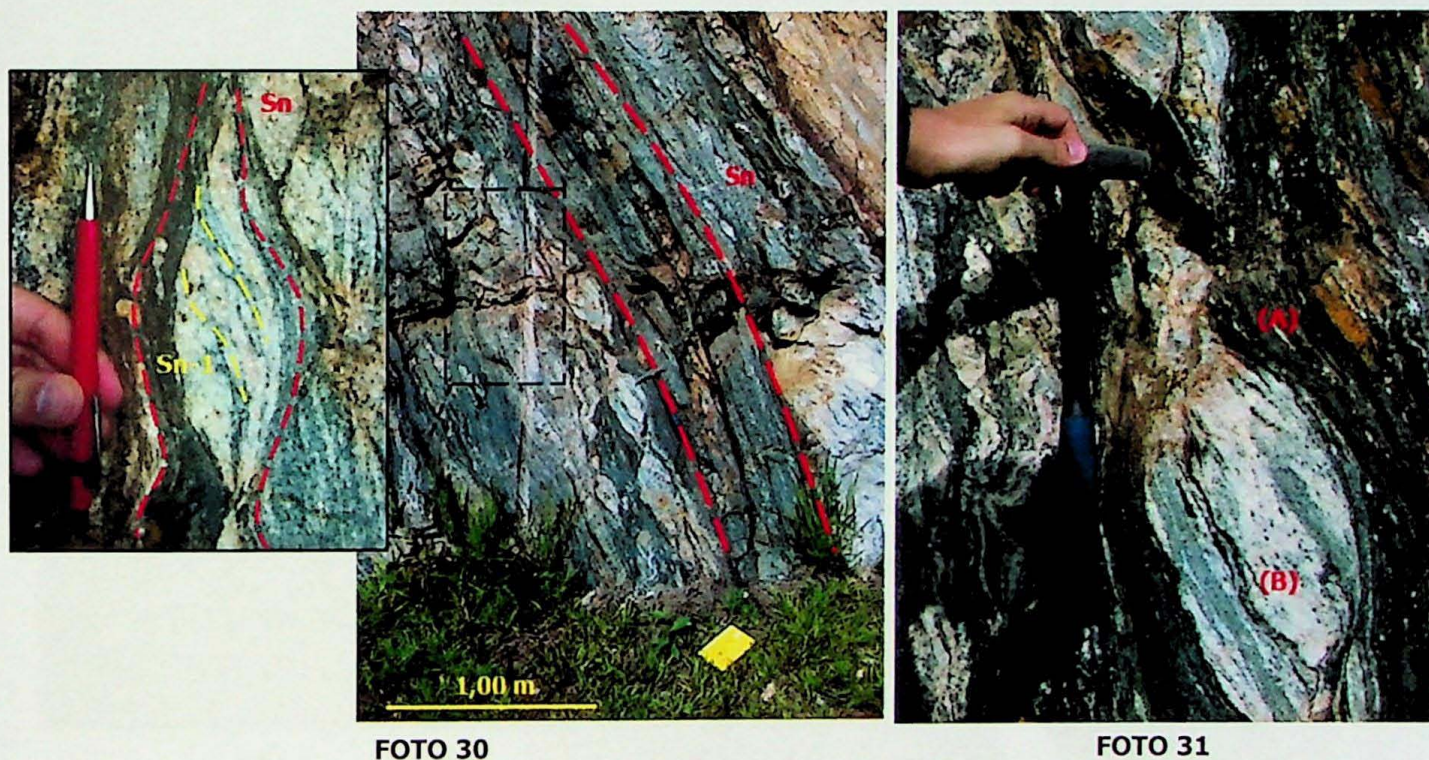
FOTO 29

Ponto EMB-70

Afloramento apresentando rocha com complexas estruturas de deformação, metamorfismo e migmatização. Foram observados pelo menos quatro (04) domínios diferentes de litotipos. Domínios **(I)** Bt-gnaiss cinza escuro de composição tonalítica/granodiorítica, textura granoblástica, inequigranular fino a médio; **(II)** Bt-gnaiss branco com lâminas de Bt de 1 a 2,00 mm de espessura, lepidogranoblástico inequigranular fino a médio, envoltos por melanossoma; **(III)** Bt-gnaiss cinza, granoblástico fino a médio, com bandas rosadas (Kfeld) de até 10 mm. Possui porfiroblastos (5 mm), com lâminas/bandas de Bt, com

tamanho aprox. 1,5 mm, porções com Grt; e **(IV)** Anfibolito, granoblástico médio grosso, textura bandada e alternância com Bt-ganisse mesocrático, médio, bandas lenticulares sub-centimétricas de Kfeld rosado. Foliação subvertical Sn (tracejado vermelho) nas porções de anfibolíticas (**FOTO 30**). Nota-se no detalhe do retângulo tracejado preto o sigmoide preservado a foliação anterior Sn-1 (tracejado amarelo).

Boudins com espessura de até 30 cm de composição granodiorítica/tonalítica **(A)** semelhante ao litotipo **(I)**. Nota-se a foliação anterior Sn-1 preservada dentro da estrutura *boudinada* **(B)** – **FOTO 31**. Cristalização de Qtz e Calcopirita na zona surreica **(C)**. Predominam dobras intrafoliais de flanco inferior com até 30 cm (seta amarela); a foliação é plano-axial e o bandamento anatético encontra-se dobrado **(D)**. Em **(F)** estrutura em forma de sigmoide – indicador cinemático, com foliação Sn-1 preservada em seu interior.



A **FOTO 32** apresenta uma composição das imagens das estruturas observadas no afloramento do Ponto EMB-70.

COMPOSIÇÃO DE IMAGENS DO AFLORAMENTO DO PONTO EMB-70

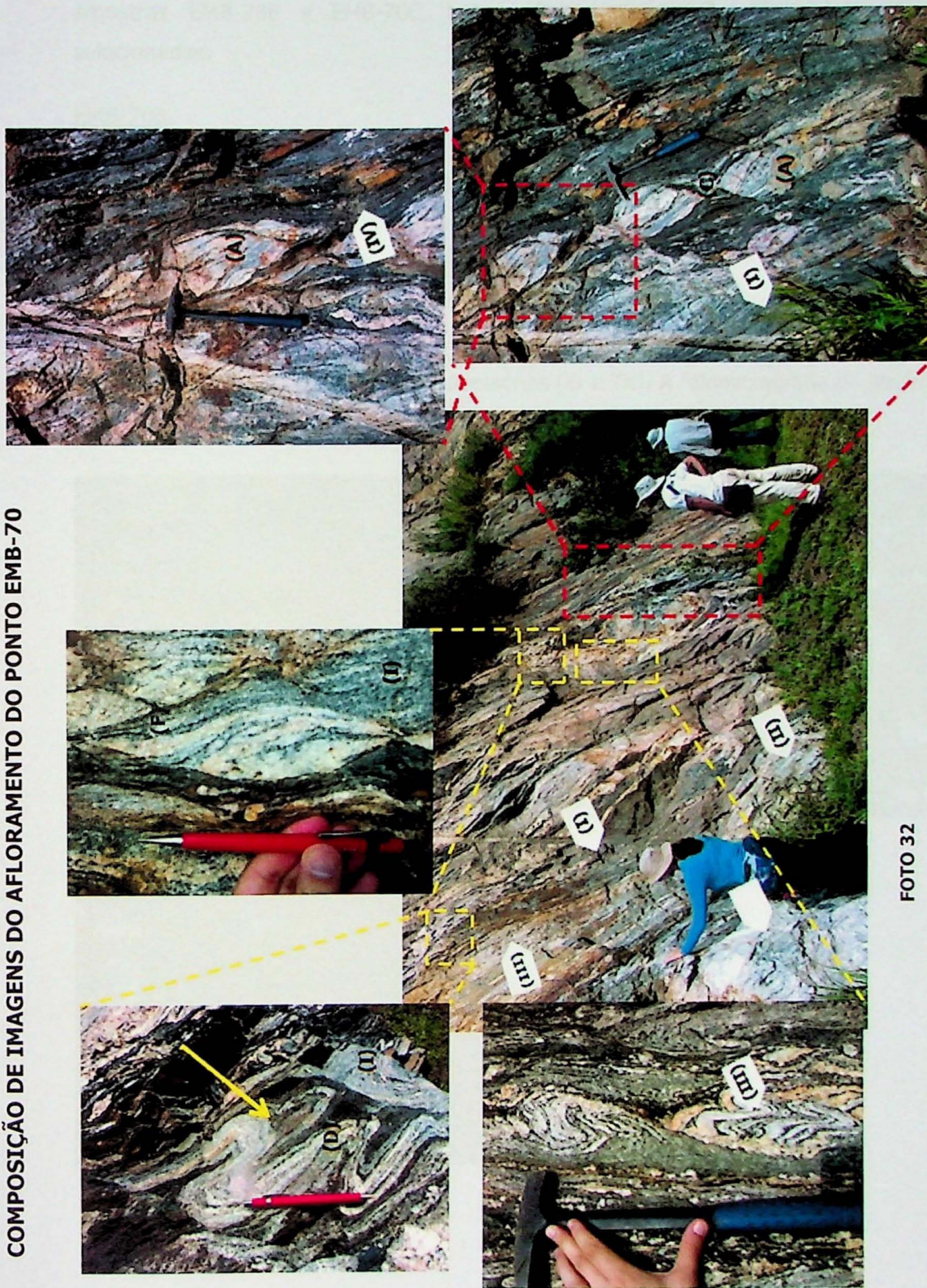


FOTO 32

Ressalta-se que foram retiradas deste afloramento três amostras (EMB-70A, EMB-70B e EMB-70C), destas duas foram selecionadas para a confecção de seções delgadas as amostras EMB-70B e EMB-70C, segue abaixo a descrição microscópica das seções selecionadas.

EMB-70B

Microscopicamente a estrutura geral é foliada levemente anastomosada (tracejado vermelho). Apresenta textura lepidonematoblástica, inequigranular média a média a grossa, arcabouço de cristais de Hbl com dimensões entre 1,5 a 2,00 mm. Observa-se porção com textura granoblástica, inequigranular fina a média e nos interstícios é observado Plg e Qtz com tamanhos entre 0,2 a 0,6 mm. Observa-se *ribbons* de Qtz (**A**) e textura poligonizada (**B**). Mineralogia: Bt, Hbl, Plg, Qtz e acessórios (Zr e Tit). A fotomicrografia da seção delgada é apresentada na **FOTO 33**.

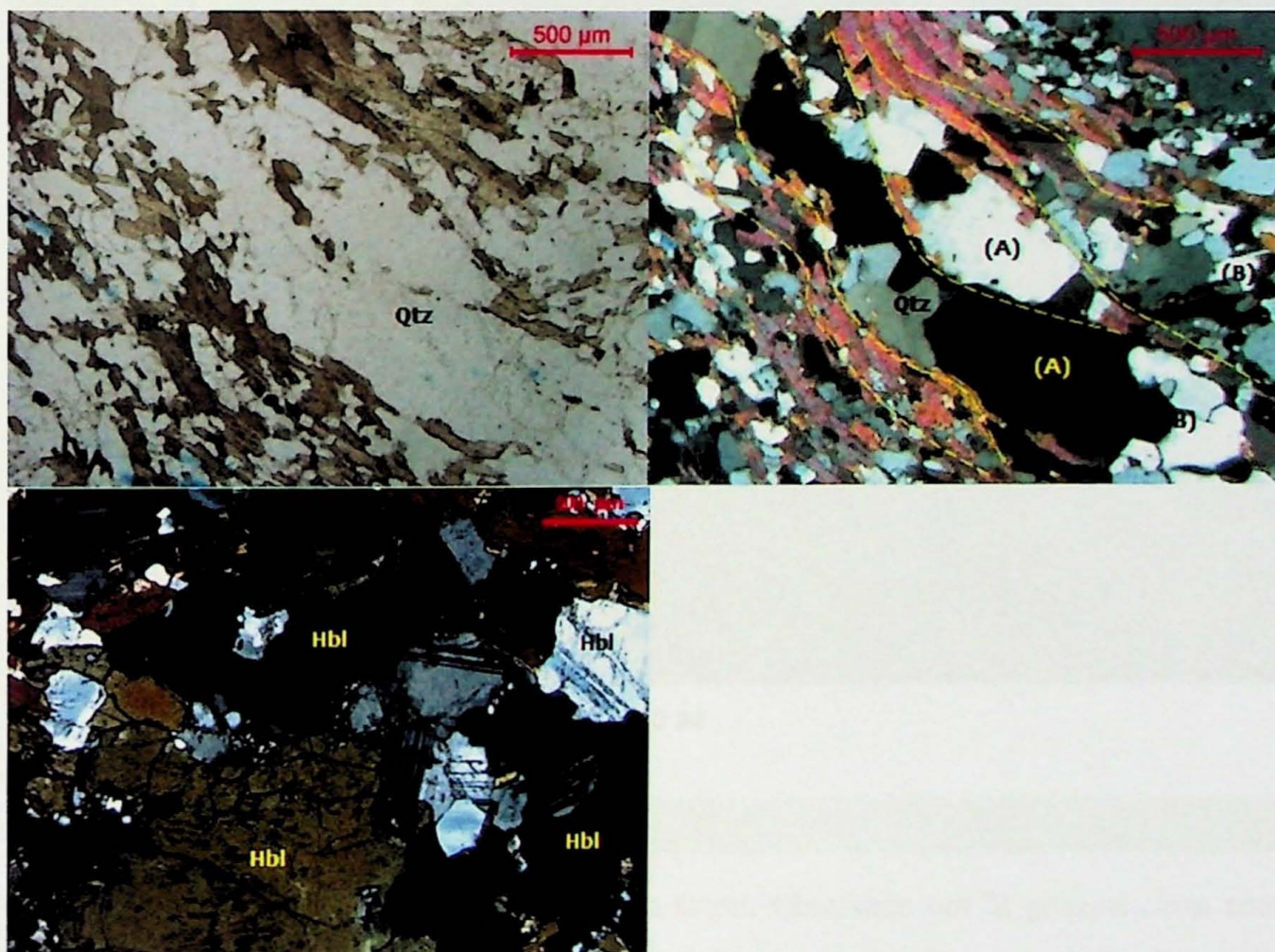


FOTO 33

EMB-70C

Microscopicamente a estrutura geral é foliada com textura oftálmica com grandes “olhos” de Qtz e Plg (tracejado vermelho). Apresenta textura lepidogranoblástica, inequigranular média a média a grossa; porfiroclastos de Kfeld com dimensões entre 1,5 a 2,30 mm. Observa-se porção com textura granoblástica, inequigranular muito fina a fina, cristais de Qtz habito irregular e arredondado (A). Observa-se *ribbons* de Qtz (B) também deformados (tracejado vermelho) seguindo a foliação Textura polygonizada do Qtz (C). Mineralogia: Bt, Plg, Qtz e acessórios (Zr e Tit). A fotomicrografia da seção delgada é apresentada na **FOTO 33**.

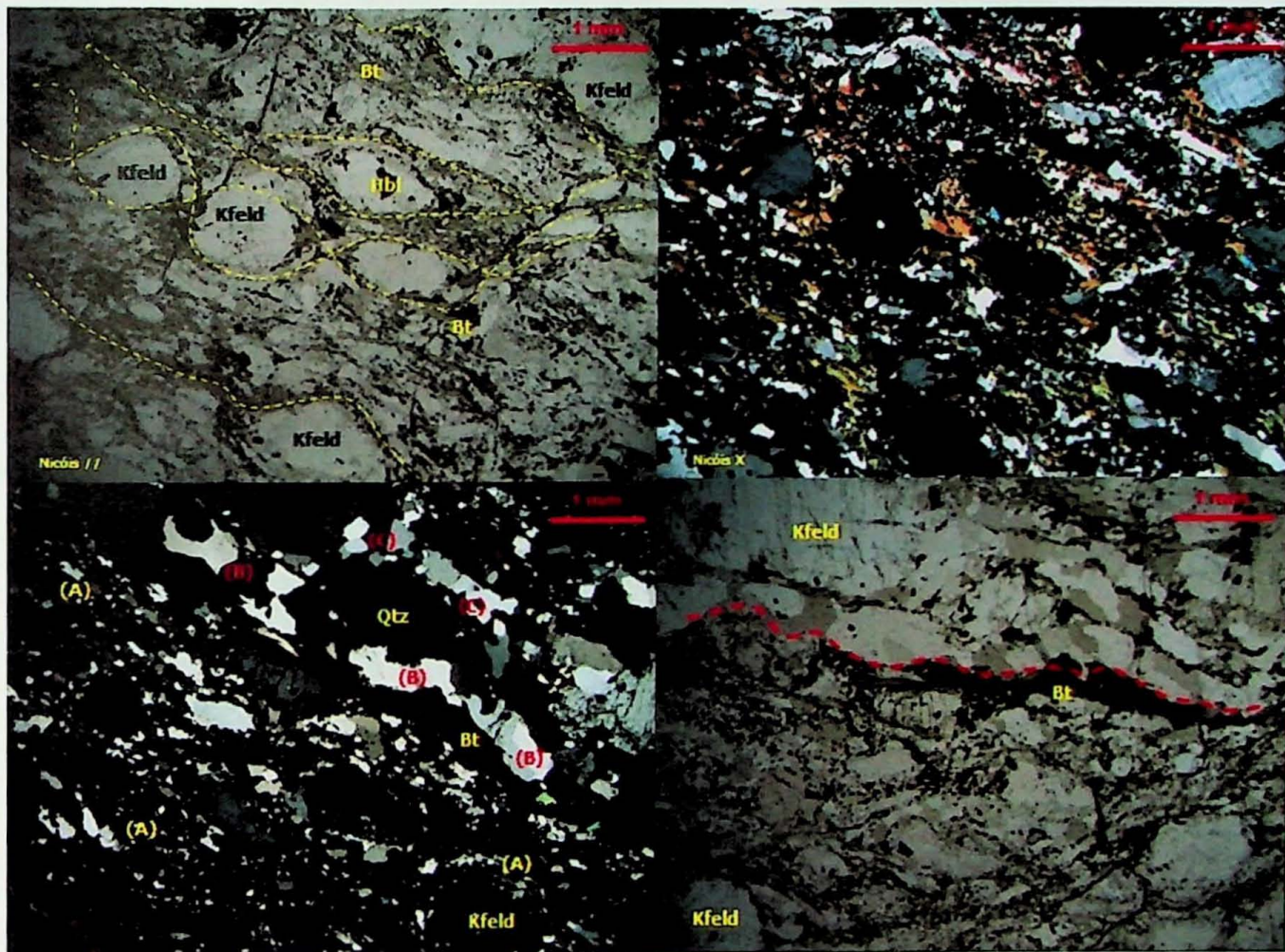


FOTO 34

Ponto EMB-71

Afloramento na Rodovia dos Tamoios, sentido litoral. Observado um Bt gnaiss cinza com foliação bem marcada milonítica. A textura visualizada é granoblástica, inequigranular média a grossa, com porfiroclastos de Plg e Kfeld. Mineralogia Bt, Kfeld, Plg e Qtz. A FOTO 33 apresenta visão geral do afloramento e sua foliação.



FOTO 35

Microscopicamente a estrutura geral é foliada (tracejado amarelo). Apresenta textura lepidogranoblástica, inequigranular média a média a grossa, arcabouço de cristais de Bt e Qtz com dimensões entre 1,5 a 2,00 mm. Observa-se porção com textura granoblástica, inequigranular fina a média e nos interstícios é observado Plg e Qtz com tamanhos entre 0,2 a 0,6 mm. Observa-se *ribbons* de Qtz (A) e textura poligonizada (B). Mineralogia: Bt, Plg, Qtz, Kfeld e acessórios (Zr e Tit). A fotomicrografia da seção delgada EMB-71 é apresentada na **FOTO 36**.

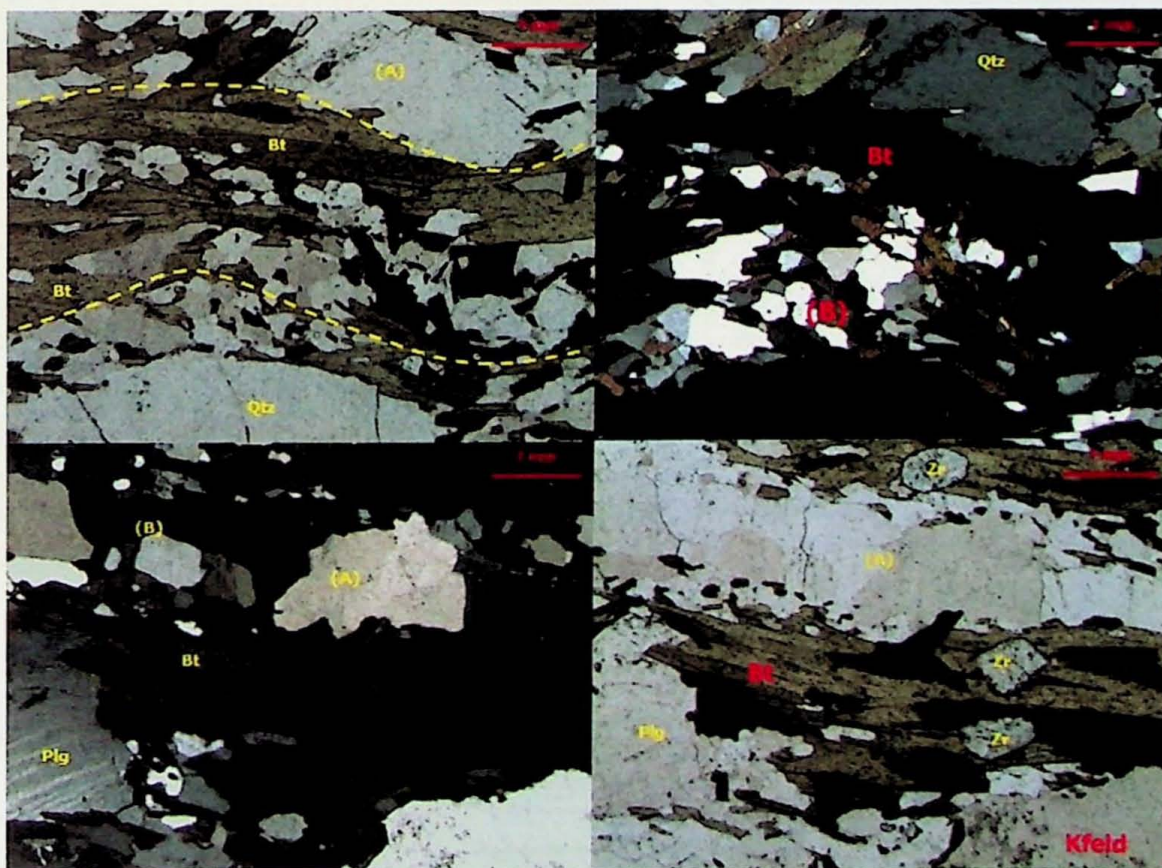


FOTO 36

MAPA GEOLÓGICO LOCAL JAMBEIRO (SP) – TF 14/21

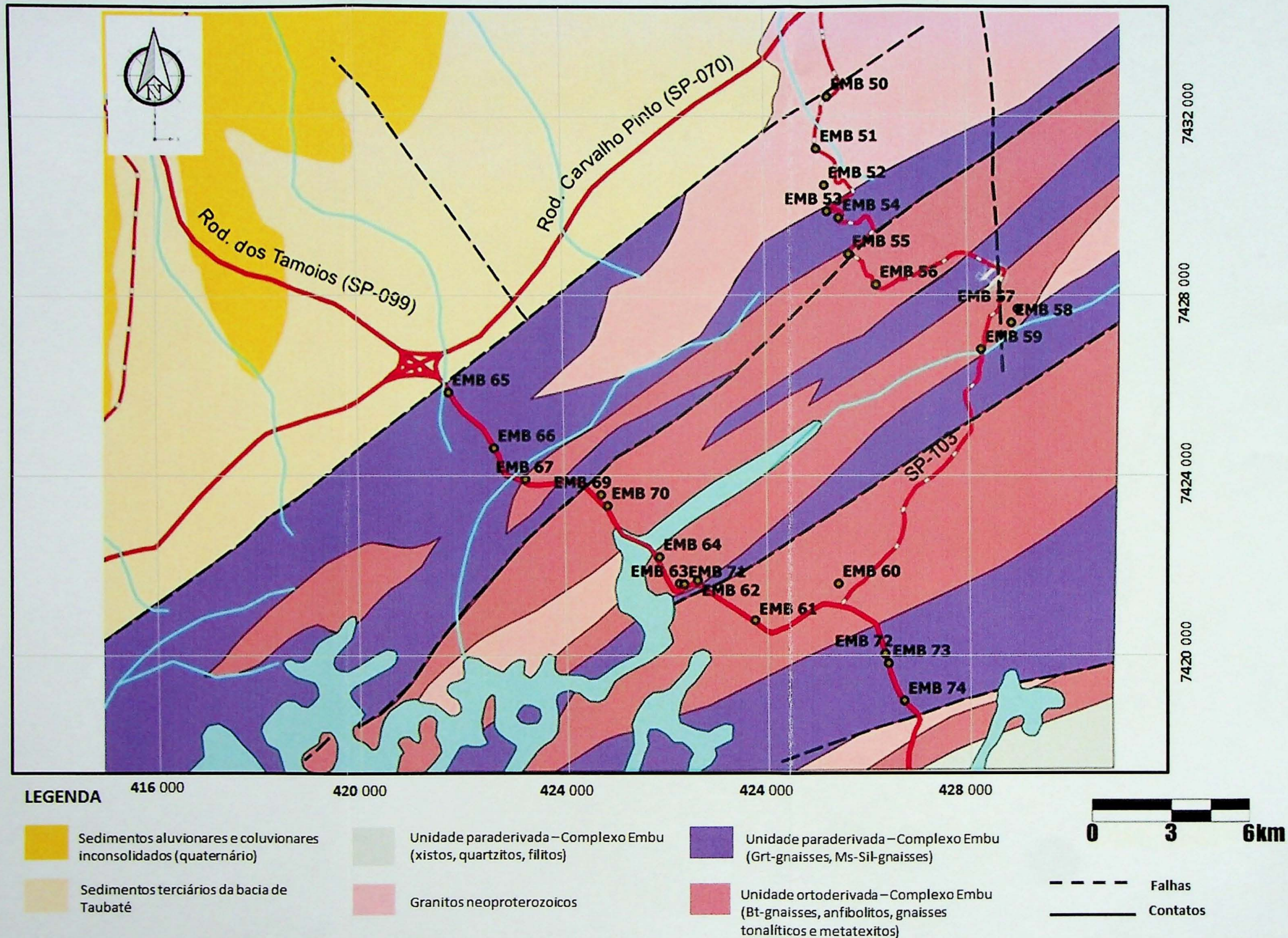


FIGURA 4 – Mapa Geológico da Região de Jambéiro, Paraibuna e região sul de São José dos campos. Modificado de Mapa Geológico do estado de São Paulo – CPRM (2006). Escala 1:500.000.

4.2 Apreciação dos dados Estruturais

Durante os trabalhos de campo foram coletadas medidas estruturais obtidas nos afloramentos como foliações principais Sn e Sn-1 (pretérita), eixos de dobramentos representados por mullions, lineação de intersecção com plano-axiais, lineações minerais e de estiramento.

De acordo com os dados obtidos (considerando as medidas mais representativas) podemos afirmar que a estruturação geral da foliação Sn-1 (**FIGURA 6**) identificada nos afloramentos visitados tem rumo do mergulho médio de 120/50, da foliação principal identificada como Sn (**FIGURA 7**) é de 330/62 e dos lineamentos de eixo de dobras (*mullions*) (**FIGURA 8**) é de 60/15, assim os dados colhidos em campo são condizentes com os obtidos por meio da análise dos estereogramas.

Nos afloramentos dos pontos EMB-59, EMB-61, EMB-63 e EMB-70 apresentam exposições de rochas em que é possível observar estruturas de foliação Sn e Sn-1. A Sn é representada normalmente por foliações e bandamentos bem evidentes (**FOTOS 9, 11 e 16**) e a Sn-1 está presente na forma de pares SC (**FOTO 9**) e dobras intrafoliais (**FOTO 11, 25 e 30**).

A foliação geral Sn-1 apresenta rumo do mergulho essencialmente para SE com mergulho médio de 50 graus. A foliação Sn apresenta rumo do mergulho para NW com mergulho médio de 55 graus. A lineação de eixo de dobras (*mullions*) levando em consideração todos os pontos obtidos apresenta rumo para NE, com mergulho de 21 graus. A lineação Li tem rumo para geral para NE com mergulho leve de 16 graus (**FIGURA 5**).

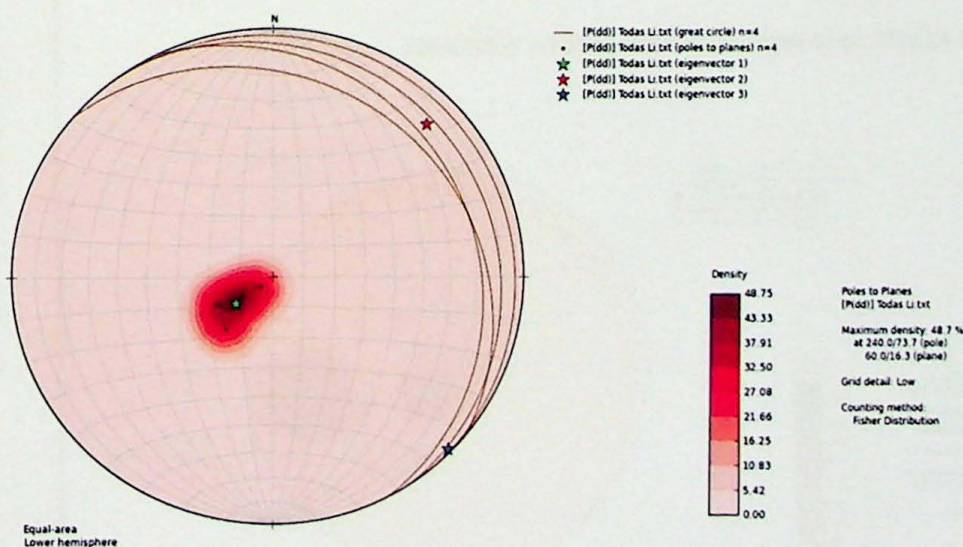


FIGURA 5 – Estereograma de Lineações minerais.

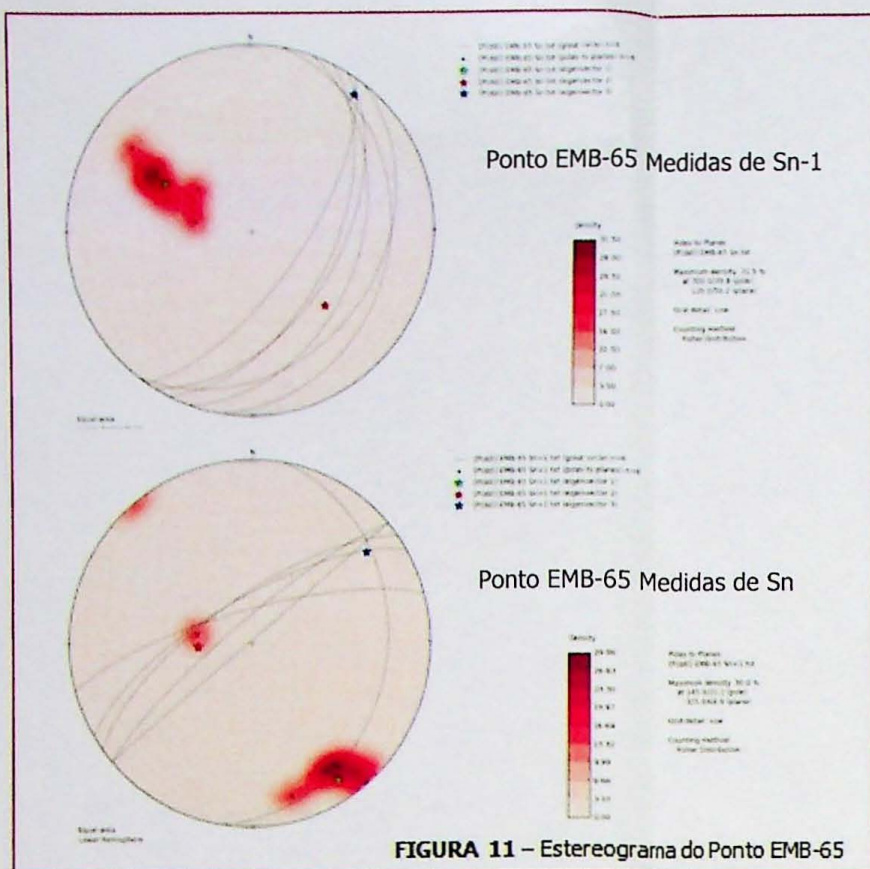


FIGURA 11 – Estereograma do Ponto EMB-65

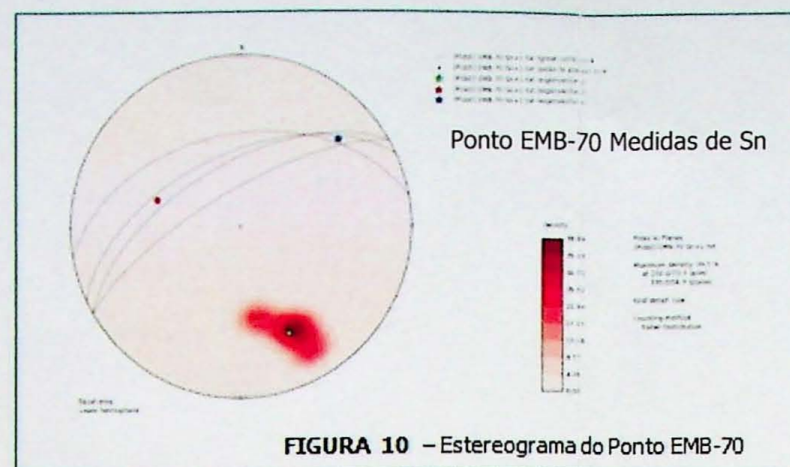


FIGURA 10 – Estereograma do Ponto EMB-70

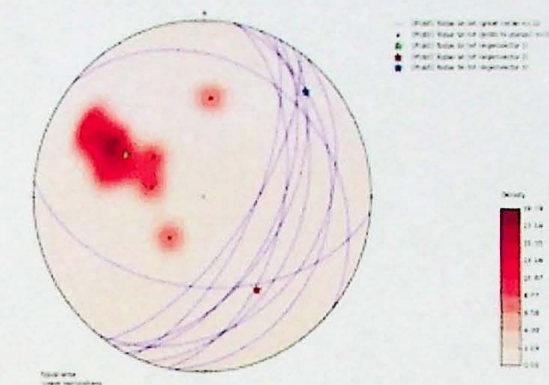


FIGURA 6 – Estereograma com todas as medidas de Sn-1

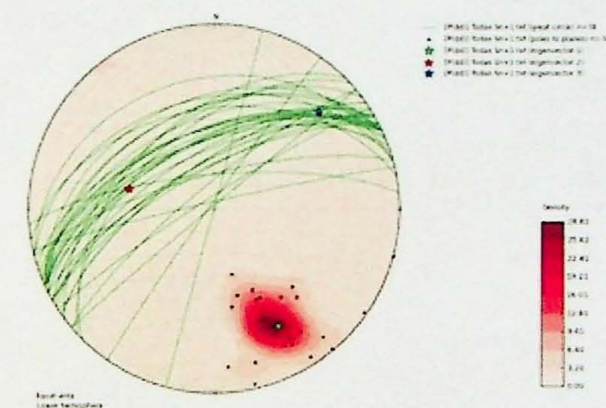


FIGURA 7 – Estereograma com todas as medidas de Sn

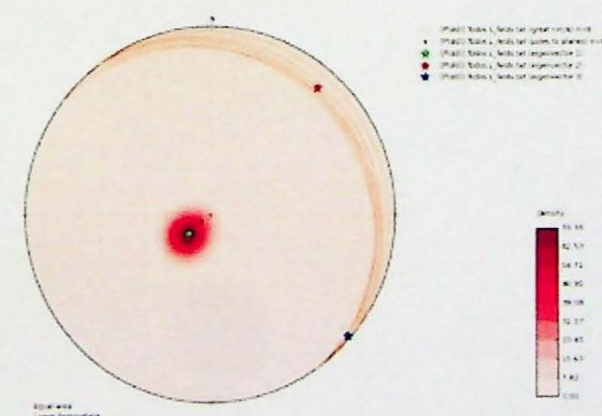
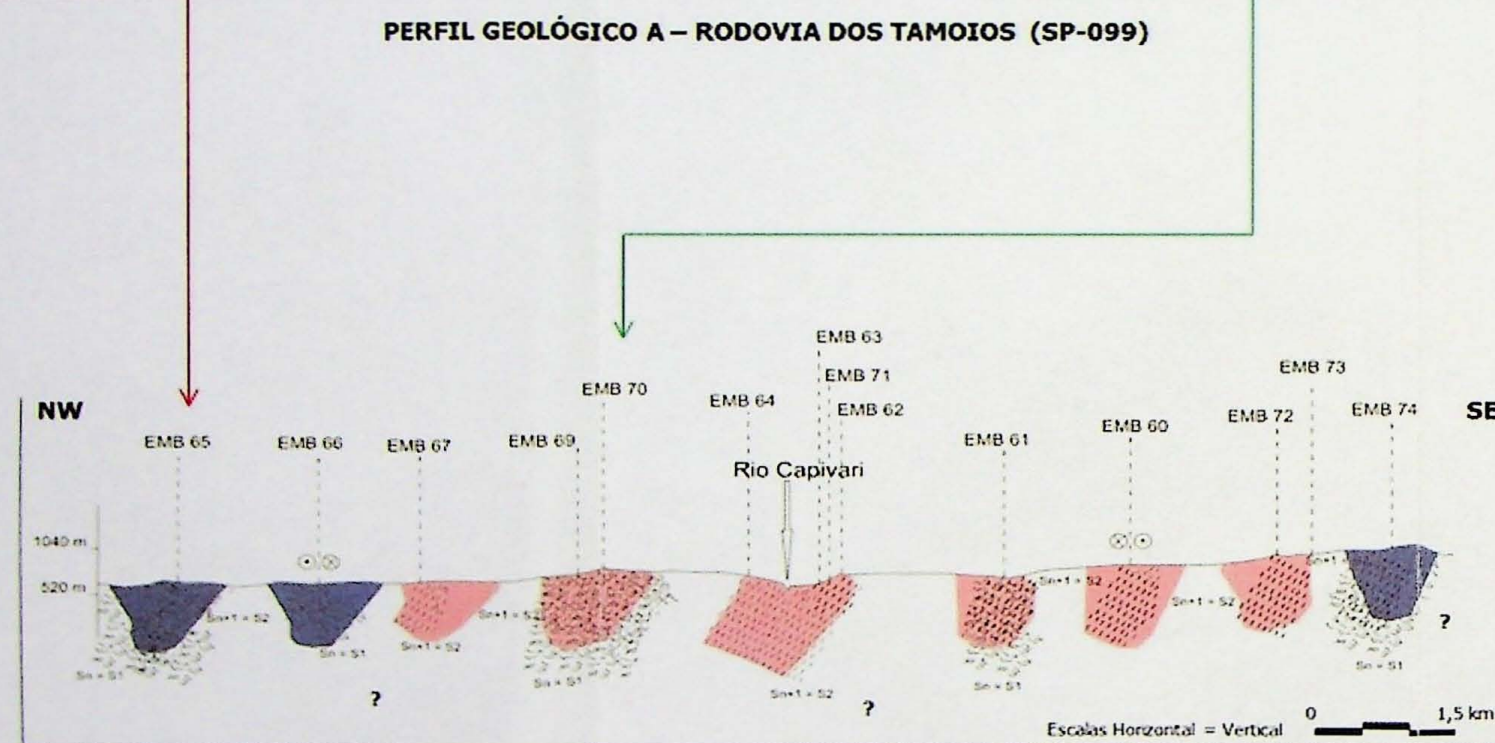


FIGURA 8 – Estereograma com todos os dados de *Mullions*



Legenda:

Unidades Geológicas

■ **Ortognaisses**

■ **Paragnathides**

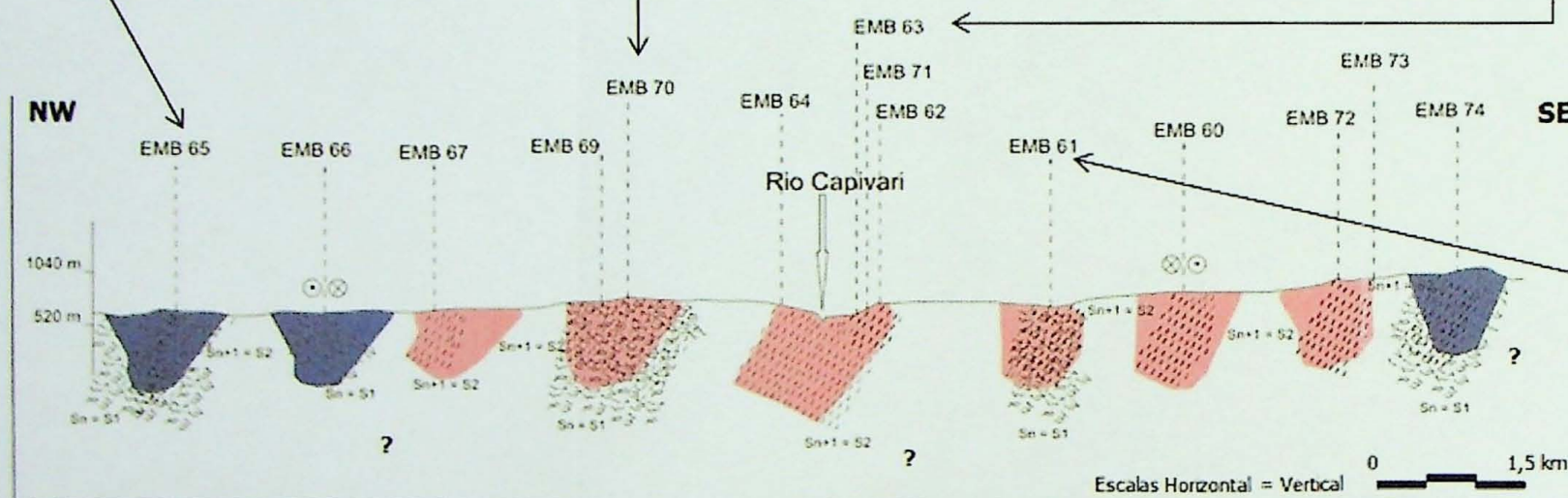
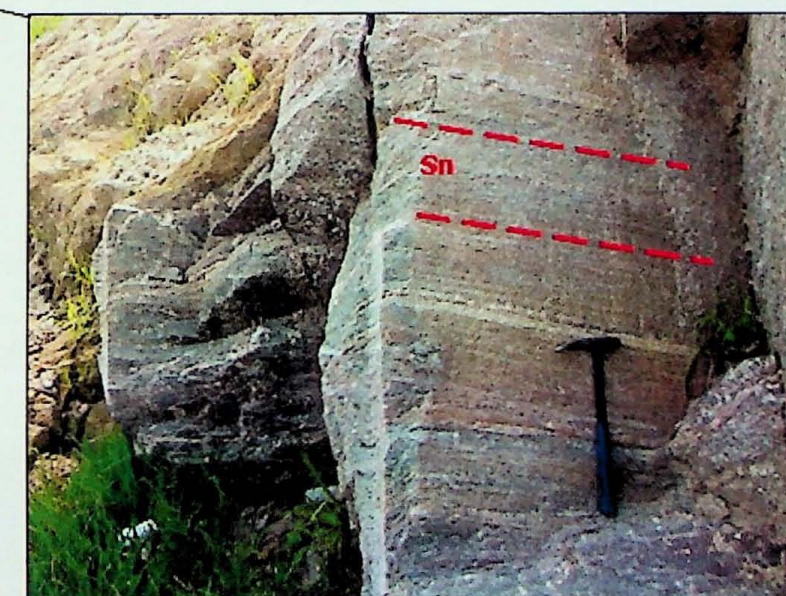
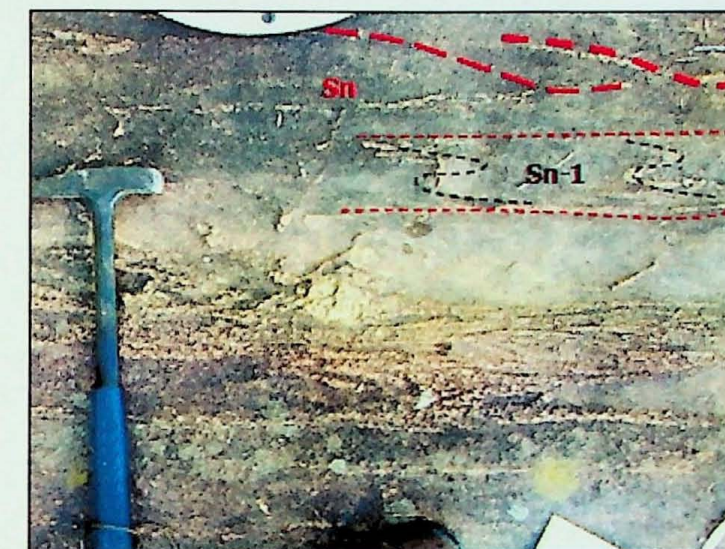
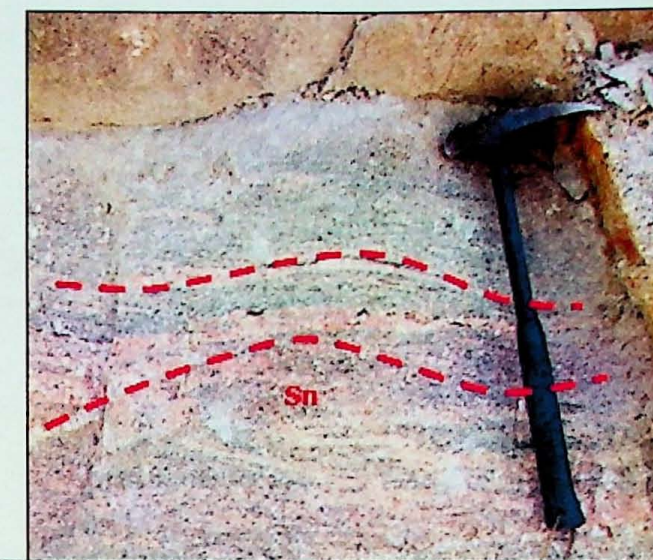
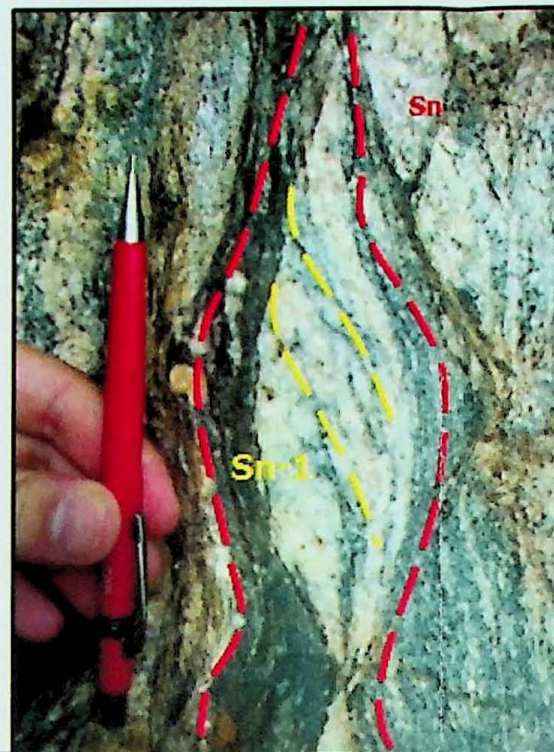
Simbologia

⊙ ⊗ Zonas de casamento

Sn: Foliação

EMB-65 - Ponto descrito

1 - Indicação do Estereograma



Legenda:

Unidades Geológicas

- Ortognaisses
- Paragnaisses

Simbologia

- ⊙ ⊗ Zonas de cisalhamento
- Sn: Foliação
- EMB-65 - Ponto descrito
- I - Indicação do Estereograma

Perfil Geológico A – Rodovia dos Tamoios

FIGURA 12 – Perfil Geológico A com fotos indicando as estruturas observadas nos afloramentos.

4.3 Geocronologia U-Pb

A despeito de trabalhos de geocronologia não serem item originalmente proposto para a presente Monografia, uma amostra do gnaiss representativo da região estudada foi destinado à separação de minerais pesados para obtenção de separados de zircão. Foi escolhida a amostra EMB-70B, retirada do afloramento com maior complexidade estrutural e, portanto, com maior potencial para identificação de histórias polimetamórficas.

As etapas de preparação foram realizadas pelo técnico do laboratório de preparação de amostra do Cepgeo-USP e incluíram as usuais fases de moagem do material britado em moinho de disco, mesa vibratória *Wifley* e separação de fração não magnética em separador tipo Frantz.

A amostra forneceu cristais de zircão límpidos, arredondados e com hábito variável entre *soccer ball* e prismas curtos de terminações irregulares (**FOTO 37**). Imagens de catodoluminescência, tomadas em microscópio eletrônico do laboratório de geocronologia de alta resolução do Cepgeo-USP, revelam padrões complexos de zoneamento, já que, na maioria dos casos, estes não coincidem com as formas externas dos cristais.

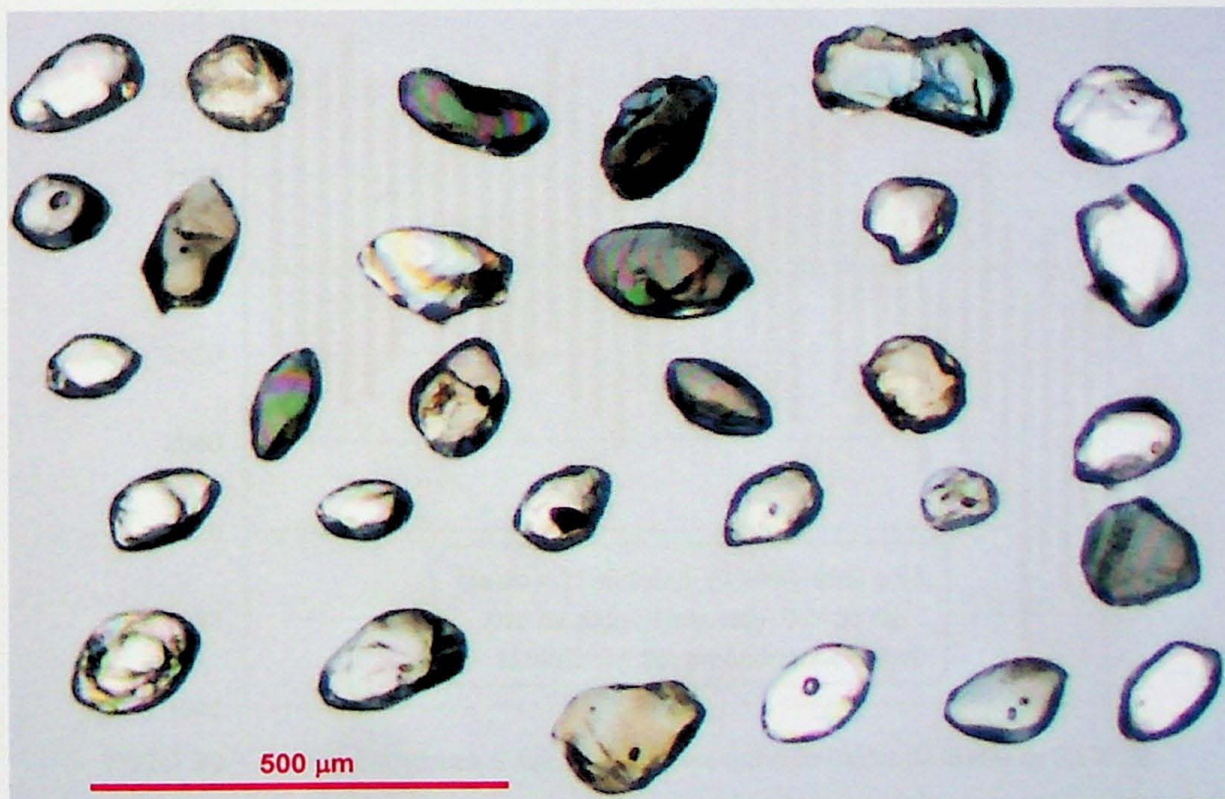


FOTO 37 – Imagem dos Zircões extraídos do Bt-gnaiss do Ponto EMB-70B.

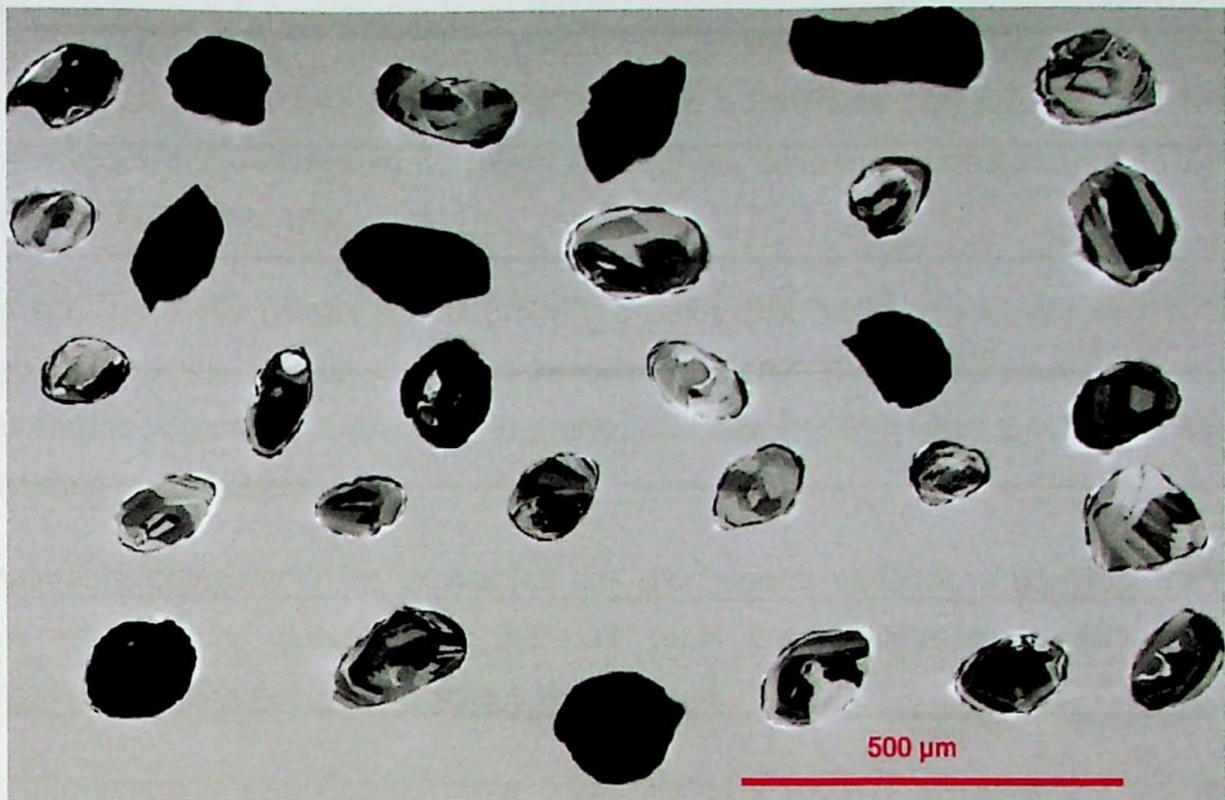


FOTO 38 – Imagem dos Zircões extraídos do Bt-gnaiss do Ponto EMB-70B.

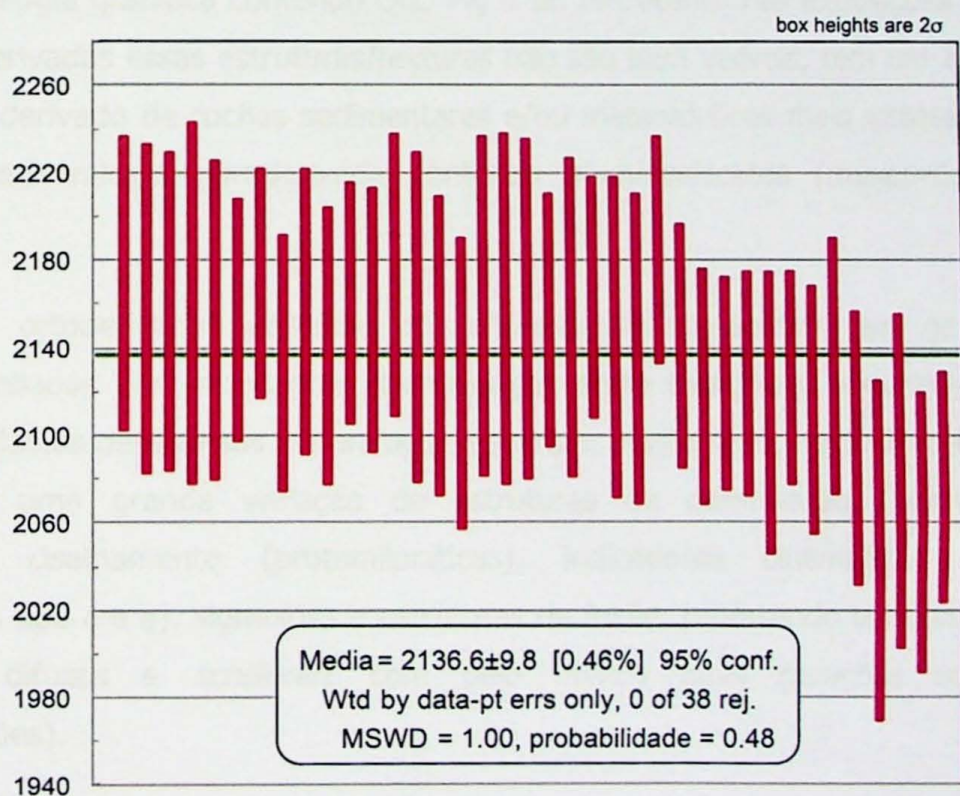


FOTO 39 – Gráfico das idades a sua dispersão em torno da média de idades de 2.136 Ga.

Trinta e oito pontos forneceram idades com discordância inferior a 10% e estes foram utilizadas para cálculo via media ponderada das idades $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$. O resultado 2.14 ± 0.1 Ga confirma o caráter mais antigo da rocha e indicam que as lentes mapeadas como embasamento do Terreno Embu, de fato são consideravelmente mais antigas que as rochas paraderivadas cuja idade dos zircões detríticos indicam contribuição de rochas com idade em torno de 740 Ma Docal (2014, Monografia de Trabalho de Formatura).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na região sul de São José dos Campos, Jambeiro e Paraibuna (SP) são descritos litotipos ortoderivados pertencentes ao Complexo Rio Capivari, tidos como embasamento do Terreno Embu, por Fernandes 1991.

Para caracterização dessas rochas foram realizados dois perfis com orientação NW/SE ao longo das rodovias SP-103 (Caçapava-Jambeiro) e SP-099 (Rod. dos Tamoios). Os litotipos encontrados variam de Bt-granitos, Bt-granito-gnaisses, Hbl-Bt-gnaiss tonalítico, anfibolitos e gnaisses metatexíticos.

Inicialmente comparando as exposições dos afloramentos visitados, a diferença marcante entre as unidades descritas na literatura como paraderivadas e ortoderivadas, são basicamente a mineralogia, estrutura e textura geral.

Nos afloramentos identificados como ortoderivados a rocha é semelhante a um litotipo ígneo, forma cristalina, composição monzogranítica a tonalítica, estruturas de fusões, bem como mineralogia granítica contendo Qtz, Plg e Bt. Entretanto nas exposições determinadas como paraderivadas essas estruturas/texturas não são bem visíveis, tem um aspecto menos ígneo, mais derivado de rochas sedimentares e/ou metamórficas mais xistosas, quartzíticas somada à mineralogia paraderivada contendo aluminossilicatos (muscovita, granada e sillimanita).

Os litotipos ortoderivadas descritos em afloramento apresentam em geral estruturas bandadas, foliadas bem marcantes (transposição entre foliações), texturas granoblásticas com porfiroclastos de diversas mineralogias (quartzo, plagioclásio, microclínio e hornblenda). Apresentam uma grande variação de estruturas de deformação (dobras simétricas, intrafoliais), cisalhamento (protomiloníticas), indicadores cinemáticos (porfiroclastos rotacionados tipo δ e ϕ), sigmoides e estruturas de fusão, produzindo texturas estromáticas, oftálmicas, difusas e *schlieren*, com pelo menos duas gerações de leucossoma (remobilizações).

Microscopicamente confirmam-se as composições granitoides e feições tipicamente magmáticas com cristais zonados de plagioclásio hipidiomórficos/blástico. Observam-se texturas indicativas de processos metamórficos tal como evidenciado bandamento, foliações deformadas (onduladas e anastomosadas), protomiloníticas, texturas minerais como arco poligonal em biotita, quartzo com extinção ondulante e bordas cominuídas, textura poligonizada do quartzo, contatos interlobados, estiramento mineral, recristalização mineral

(quartzo, plagioclásio e k-feldspato) e intercrescimento de K-feldspato em quartzo. Indicadores cinemáticos, sigmoides, tipo porfiroclastos manteados e rotacionados tipo ϕ e δ .

Foram descritos leucossomas de composição félsica, ora com plagioclásio e quartzo, ora com K-feldspato (microclínio) e quartzo, por vezes colocados na foliação principal S_n em forma de bandas ou em forma de bolsões associados às estruturas migmatíticas e metatexíticas.

Nota-se que em alguns dos afloramentos visitados, a complexidade das estruturas observadas como dobramentos, grau elevado de fusão (leucossomas) indicam se tratarem de rochas polimetamórficas que já sofreram diversos processos tectônicos, dinâmicos e térmicos ao longo de sua história evolutiva.

Devido ao elevado grau de fusão observado nos afloramentos, associado a presença de elevadas concentrações de remobilizações félsicas, sugerem que o evento térmico associado à deformação, originou expressivos volumes de fusão, que podem ter contribuído para a geração de granitos neoproterozoicos (590 Ma).

As rochas possuem composição tonalítica, granodiorítica a monzogranítica sem quaisquer minerais indicativos de origem paraderivada (aluminossilicatos). A hipótese de ortoderivação é confirmada por dados geocronológicos preliminares que indicam idades paleoproterozoicas de 2.14 ± 0.1 Ga Ma obtidas por meio de U-Pb em zircão nos Bt-gnaisses tonalíticos, sugerindo que os litotipos amostrados constituem de fato o embasamento do Terreno Embu.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES. A. *et al.*, 2013. *U–Pb geochronology of the granite magmatism in the Embu Terrane: Implications for the evolution of the Central Ribeira Belt, SE Brazil*. *Precambrian Research* 230 (2013) 1– 12.
- ALMEIDA F.F.M. de, 1971. *Geochronological division of the Precambrian of South America*. *Rev. Bras. Geoc.*, **1**: 13-21.
- ALMEIDA F.F.M. de, 1981. *Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná*. *Rev. In: SBG, Simp. Reg Geol.*, 3, Curitiba, 1981. v.1, p.1-20.
- ALMEIDA F.F.M. de, HASUI, Y., BRITO NEVES B.B., FUCK R.A. 1977. As províncias estruturais brasileiras. *In: SBG, Simp. NE*, 8, Campina Gande, 1977. Atas. v.1, p.363-391.
- ALMEIDA F.F.M. de, HASUI, Y., BRITO NEVES B.B., 1976. *The Upper Precambrian of South America*. *Boletim IG-USP*, **7**:45-80.
- ALMEIDA F.F.M. de, HASUI, Y., BRITO NEVES B.B., FUCK R.A., 1981. *Brazilian structural provinces: na introduction*. *Earth-Sci. Reviews*, 17:1-21.
- BIZZI. L. A. *et al.*, 2003. *Geologia Tectônica e Recursos Minerais do Brasil – Texto, Mapas e SIG*. CPRM. Capítulo V – Geotectônica do Escudo Atlântico. p. 294. CPRM, Brasília. 2003.
- BRITO NEVES B.B., 1999. *América do Sul: quarto fusões, quatro fissões, e o processo acrescionário andino*. *Rev. Bras. Geoc.*, **29**: 175-193.
- BOUMANS, P., e, R. KLOCKENKÄMPER, eds. - *Total reflection X-ray fluorescence spectrometry. Proc. of the Second Workshop on TXRF*. Dortmund. 26-27 May 1988. *Spectrochim. Acta*, 44B: 433, 1989.
- CAMPOS NETO, M.C. & Figueiredo M.C.H., 1995. *The Rio Doce orogeny, southeastern Brazil*. *Journal of South American Earth Sciences*, 8(2): 143-162.
- CAMPOS NETO, M.C. 2000. *Orogenic systems from Southwestern Gondwana: An approach to Brasiliano-Pan-African cycle and orogenic collage in Southeastern Brazil*. *In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho and D.A. Campos (Editors), Tectonic Evolution of South America. 31st International Geological Congress. Rio de Janeiro*. p. 355.
- CORDANI, U.G., CPUTINHO, J.M.V. and NUTMAN, A.P., 2002. *Geochronological constraints on the evolution of the Embu Complex, Sao Paulo, Brazil*. *Journal of South American Earth Sciences*. 14(8): 903-910.
- FERNANDES. A. J. 1991. *O Complexo Embu no leste do estado de São Paulo: Contribuição ao conhecimento da litoestratigrafia e evolução estrutural e metamórfica*. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências – USP. São Paulo. 125p.
- FILIPOV M., JANASI V.A. 2001. *The Mauá granitic massif, Central Ribeira Belt, São Paulo: Petrography, geochemistry na U-Pb dating*. *Rev. Bras. Geoc.*, **31**:341-348.

- HASUI, Y. 1975. *Geologia da Folha de São Roque*. Bol. Inst. Geoc. USP 6. p. 157-183.
- HASUI, Y. 1972. *The Mantiqueira Province: Archean structure and Proterozoic evolution*. São Paulo: Rev. Bras. Geoc., **12**(1-3): 167-172.
- HASUI, Y., SADOWSKI G.R 1976. *Evolução geológica do Pré-Cambriano na região Sudeste do Estado de São Paulo*. São Paulo: Rev. Bras. Geoc., **6**: 182-200.
- JANASI V.A., ALVES A., VLACH S.R.F., LEITE R.J., 2003. *Granitos Peraluminosos da porção central da Faixa Ribeira, Estado de São Paulo: Sucessivos eventos de reciclagem da crosta continental no Neoproterozoico*. Geologia USP. Esp., 3:13-24.
- HEILBRON, M. et al., 2004. *Brasiliano Orogens in Southeast and South Brazil*. Journal of the Virtual Explorer, 17: Paper 4. Electronic Edition.
- IAEA 1970- *Radioisotope X-ray fluorescence Spectro-metry*. Viena, Internacional Atomic Energy Agency. Technical Reports series no.115. 102 pag.
- MANTESSO-NETO, V. et al. 2004. *Geologia do Continente Sulamericano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. 670p. São Paulo. BECA. p. 228-229.
- PASSARELLI, C. R. 2001. *Caracterização estrutural e geocronológica dos domínios tectônicos da porção sul oriental do Estado de São Paulo*. 254 f. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 224 p.
- PASSARELLI, C R., BASEI, M A S., CAMPOS NETO, M C., SIGA JÚNIOR, O., PRAZERES FILHO, H J. 2004. *Geocronologia e Geologia Isotópica dos Terrenos Pré-Cambrianos da Porção Sul-Oriental do Estado de São Paulo*. Rev. Inst. de Geoc.. USP - 55 - Geol. USP Sér. Cient.. São Paulo, v. 4, n. 1. p. 55-74.
- TASSINARI, C. C. G.; KAWASHITA, K.; VAN SCHMUS, R.; TAYLOR, P. N. 1988. *As idades das rochas e dos eventos metamórficos da região sudeste do Estado de São Paulo*. In: CBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 35. Belém. Anais. Recife: SBG, 1988. v. 6, p. 2840-2853.
- NASCIMENTO FILHO V. F. 1999. *Técnicas Analíticas Nucleares de Fluorescência de Raios X por dispersão de energia (ED-FRX) e por reflexão total (TRFX)*. Depto. de Ciências Exatas/ESALQ Lab. de Instrumentação Nuclear/CENA.
- VIEIRA S.R.S.S., TASSINARI C.C.G. 1988. *Estudo petrológico e geocronológico das rochas da região de Embi-Guaçu, Estado de São Paulo*. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 35, Belém, 1988. Anais..., Belém, v.3,p.1931-1399.
- VLACH, S.R.F., 2001. *Microprobe monazite constraints for an early (ca. 790 Ma) Brasiliano Orogeny: The Embu Terrane, Southeastern Brazil*. In: III South American Symposium on Isotope Geology. Extended Abstracts. Pucón. Chile. pp. 26-268.
- VLACH, S.R.F., 2002. *Quimismo e Datação Th-U-PbT em xenotima e monazita: exemplo do granito Mogi das Cruzes, leste da Faixa Ribeira, SP, e implicações*. XLI Congresso Brasileiro de Geologia. Boletim de Resumos. Sociedade Brasileira de Geologia, João Pessoa, PB, pp. 479.

