

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**ESTUDO ESTRATIGRÁFICO E ISOTÓPICO DA FAIXA
ITAIACOCA-LESTE DO PARANÁ**

Leandro Coracini Ollita

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Siga Júnior
Co-orientadora: Cláudia Regina Passarelli

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF –2007/22)**

TF
049
LC.e

SÃO PAULO
2007

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDO ESTRATIGRÁFICO E ISOTÓPICO DA FAIXA ITAIACOCA – LESTE
DO PARANÁ

LEANDRO CORACINI OLLITA



Orientador: Oswaldo Siga Júnior
Co-Orientadora: Cláudia Regina Passareli

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2007/22)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024349

SÃO PAULO
2007

Leandro C. Ollita

Índice

RESUMO	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	6
5. RELEVÂNCIA DO PROJETO	7
4. METODOLOGIA DE TRABALHO	8
5. ATIVIDADES REALIZADAS	9
5.1 Síntese bibliográfica	9
5.2 Estudos de campo	11
5.3 Descrição das unidades de mapeamento	14
5.4 Sistemática U-Pb (zircão) no CPGeo-USP	23
5.4.1 Aspectos metodológicos	23
5.4.2 Análises U-Pb (zircão)	26
5.4.2.1 Resultados obtidos	28
5.5 Sistemática $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (rocha total) em rochas carbonáticas	32
5.5.1 Aspectos metodológicos	32
5.5.2 Descrição das técnicas utilizadas no CPGeo	34
5.5.2.1 Relações $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dos metacalcários dolomíticos – Análises realizadas	35
5.6 Elaboração de mapas geológicos integrados	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
7. BIBLIOGRAFIA	38

ESTUDO ESTRATIGRÁFICO E ISOTÓPICO DA FAIXA ITAIACOCA – LESTE DO PARANÁ

RESUMO

A Faixa Itaiacoca é representada por uma seqüência de rochas metavulcanossedimentares, que ocorre entre os batólitos graníticos Cunhaporanga (NW) e Três Córregos (SE), no leste do Paraná e sudeste de São Paulo. Apresenta direção geral NE-SW, distribuindo-se segundo uma faixa relativamente estreita (~ 10 km) e alongada (~ 100 km). Discussões quanto ao empilhamento estratigráfico, idade de implantação e desenvolvimento da bacia Itaiacoca são comuns entre os inúmeros autores que se dedicam ao estudo da Faixa de Dobramentos Apiaí. Com o objetivo de contribuir à estratigrafia da Faixa Itaiacoca, este trabalho apresenta perfis geológicos detalhados de sua porção ocidental (leste do Paraná) e adicionalmente estudos isotópicos U-Pb (zircão) e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de rochas metavulcânicas e seqüências de metacalcários dolomíticos.

Os estudos geológicos permitiram reconhecer três conjuntos litoestratigráficos maiores, representados da base para o topo por metacalcários dolomíticos / metamargas, metarcóseos com importante contribuição vulcânica – vulcanoclástica e metapelitos – metapsamitos. O metamorfismo dessas rochas é de grau baixo (fácies xisto-verde, zona da clorita).

A zona de contato entre unidade de metacalcários dolomíticos (basal) e a unidade superior, representada principalmente por metarcóseos com intercalação de rochas metavulcânicas é marcada por intenso estiramento e lenticularização dos litotipos, sugestivo de cisalhamentos, indicativos de discordância entre essas associações.

Análises geocronológicas U-Pb realizadas em zircão de rochas metavulcânicas amigdaloidais (seqüência intermediária) indicam valores próximos de 600 Ma, interpretadas como relativas à época de cristalização desses minerais e, portanto, próximas à deposição dos metarcóseos. Padrão

similar (630-600Ma) é observado para os maciços graníticos Três Córregos e Cunhaporanga, admitidos como prováveis arcos magmáticos.

O padrão geológico-geocronológico observado sugere um cenário tectônico Neoproterozóico, envolvendo vulcanismo, metamorfismo e plutonismo granítico, interpretado como relativo aos estágios finais de evolução da Bacia Itaiacoca. Dados U-Pb (zircão) de corpos metabásicos associados aos metacalcários dolomíticos e relações $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dessas seqüências não se mostraram favoráveis à interpretações geocronológicas relativas aos estágios iniciais de deposição desta bacia.

ABSTRACT

The Itaiacoca Belt is described by a sequence of metamorphosed volcanics e sedimentary rocks that occur between the granitic batholiths Cunhaporanga (NW) an Três Córregos (SE), in the east of Paraná and south-east of São Paulo. Itaiacoca Belt shows general direction NW-SE, dispersing according to a relatively strati (~ 10km) and lengthened (~ 100km) belt. Discussions about the stratigraphic layering, age of implantation and developing of the Itaiacoca Basin are common between the numberless authors that are dedicated to the study of the Apiaí Folded Belt. With the purpose of contribute to the stratigraphy of the Itaiacoca Belt, this work presents detailed geological cross sections of its western portion (East of Paraná) and subsequently U-Pb and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic studies of metavolcanic rocks and dolomitic metalimestones sequence.

The geological studies allowed the recognition of three bigger lithostratigraphic sets, represented from the base to the top by dolomitic metalimestone / metamarls, metarkose with important volcanic contribution and metapelites - metasandstones. The metamorphism of these rocks is a low-grade greenschist, chlorite zone.

The contact zone between the dolomitic metalimestone unity (basal) and the superior unity, represented mainly by metarkose with intercalations of metavolcanic rocks, is distinguished by intense stretching and lenticularization

of the lithotypes, suggestive of shearings, sign of unconformity between these associations.

U-Pb geochronological analysis carried out in zircons of amygdaloidal metavolcanic rocks (intermediate sequence) indicate values near 600 My, interpreted as pertinent to the time of crystallization of these minerals and, therefore, near to the deposition of the metarkose. Similar age (630 - 600 My) is noticed to the Três Córregos and Cunhaporanga granitic massifs, accepted as probable magmatic arcs.

The geological-geochronological model observed suggests a Neoproterozoic tectonic scenery, involving volcanism, metamorphism and granitic plutonism, interpreted as related to the last stages on the development of the Itaiacoca Basin. U-Pb data (zircon) of metabasic bodies associated to the dolomitic metalimestones and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ relations of these sequences did not revealed themselves favourable to geochronological interpretations related to the first stages of the deposition of the basin.

1. INTRODUÇÃO

A Faixa Itaiacoca está representada por uma seqüência de rochas metavulcanossedimentares, que ocorre entre os Batólitos Graníticos Cunhaporanga (NW) e Três Córregos (SE), no leste do Paraná e sudeste de São Paulo. Apresenta direção geral NE-SW, distribuindo-se segundo uma faixa relativamente estreita (aproximadamente 10 km de largura) e alongada (aproximadamente 100 km de extensão).

Grande parte dos estudos realizados na Faixa Itaiacoca (a exemplo dos trabalhos de Almeida, 1956; Trein *et al.*, 1985; Souza, 1990; Reis Neto, 1994 e Prazeres Filho *et al.*, 1998) reconhece uma associação metapsamítica basal, representada principalmente por metarcóseos, metarenitos feldspáticos com metaconglomerados subordinados, contendo expressivas intercalações de rochas metavulcânicas ricas em potássio. Segundo esses autores as associações superiores (intermediária e de topo) são representadas predominantemente por metacalcários dolomíticos / metamargas além de filitos, metarritimitos e metarenitos. Alguns autores, no entanto, a exemplo de

Soares, 1987; Soares *et al.*, 1987; Santoro e Frascá, 1989; Siga Jr. *et al.*, 2003, Basei, 2005 e Siga Jr. *et al.*, 2006, sugerem que a seqüência de metacalcários dolomíticos / metamargas, represente uma unidade inferior (basal). Nesta proposição, tal associação (metacalcários dolomíticos / metamargas) poderia representar uma bacia distinta da associação metapsamítica / metapelítica (Siga Jr. *et al.*, 2006). Discussões relativas à idade de implantação e desenvolvimento da bacia Itaiacoca (restrita ao Mesoproterozóico, Meso-Neoproterozóico ou mesmo restrita ao Neoproterozóico) são comuns entre os autores que se dedicam ao estudo da Faixa Itaiacoca.

Com o objetivo de contribuir com a estratigrafia e evolução geológica da Faixa Itaiacoca, pretende-se apresentar, ao final deste trabalho, perfis geológicos detalhados de sua porção ocidental (leste do Paraná), bem como estudos geocronológicos U-Pb (zircão) de rochas metabásicas associadas às seqüências de metacalcáreos dolomíticos e de rochas metavulcânicas ácidas associadas às seqüências metapsamíticas, além de análises isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ envolvendo os metacalcáreos dolomíticos.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é contribuir para o melhor entendimento litoestratigráfico da Faixa Itaiacoca. Pretende-se atingir este objetivo através de estudos de campo que permitam a construção de seções geológicas contínuas, detalhadas e, sempre que possível, perpendiculares à estruturação regional da Faixa Itaiacoca.

Para realização desses perfis, foram selecionados três alvos principais, principalmente em função de dados prévios obtidos em trabalhos de mapeamento geológico, notadamente os realizados no leste do Paraná por alunos do curso de mapeamento geológico, na escala 1:25.000 (1997). Os perfis selecionados estão inseridos nas folhas Abapã (SG.22-X-A-VI-3) e Socavão (SG.22-X-A-VI-4) de escala 1:50.000, principalmente nos arredores das localidades de Abapã, Morcego, Campina do Estepe e Lagoa dos Ribas, no Estado do Paraná (ANEXO 2).

As análises isotópicas pelo método U-Pb em zircões foram tentativamente realizadas em rochas metavulcânicas ácidas e básicas, cujas correlações estratigráfica e estrutural encontram-se bem definidas com os metassedimentos, para determinação da idade de sedimentação da seqüência. As análises $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ foram realizadas em rocha total, na seqüência de metacalcáreos dolomíticos, com intuito de se determinar razões isotópicas correlacionáveis com as curvas de variação ao longo do tempo (como na Figura 5) e desta forma obter idades aproximadas para a sedimentação da seqüência.

Os perfis geológicos de detalhe realizados em áreas-chaves, acoplados aos estudos petrográfico e isotópico deverão contribuir para o conhecimento da estratigrafia e evolução da Faixa Itaiacoca.

3. RELEVÂNCIA DO PROJETO

O quadro geológico-estratigráfico da Faixa Itaiacoca é ainda pouco conhecido e tem grande importância no contexto evolutivo da Faixa Ribeira (Almeida *et al.*, 1973). Os estudos geológico-geocronológicos são reduzidos e mostram divergências significativas no empilhamento estratigráfico, bem como relacionadas à época de implantação e desenvolvimento da bacia Itaiacoca.

De um modo geral, o estudo de seqüências metassedimentares pré-cambrianas que envolvem eventos deformacionais superpostos, expressivas zonas de cisalhamento, aloctonia de conjuntos litológicos, ausência de registros geológicos completos e granitogênese associada não é tarefa fácil e necessita de estudos geológicos detalhados e análises geocronológicas precisas para a reconstrução do quadro geológico original.

Desta maneira, o trabalho proposto, além de possibilitar a prática e o aprofundamento de uma série de conceitos desenvolvidos durante o curso de geologia, permitiu a obtenção de informações geológica-geocronológicas relevantes para o melhor entendimento da estratigrafia da Faixa Itaiacoca e, consequentemente, do sul da Faixa Ribeira.

4. METODOLOGIA DE TRABALHO

Para alcançar os objetivos propostos, foram realizados:

- Levantamento bibliográfico: envolveu estudos bibliográficos relativos à geologia da Faixa Itaiacoca, bem como relacionados à metodologia U-Pb em zircão, notadamente em rochas de natureza metavulcânica. Adicionalmente foi realizada a integração de mapas geológicos relativos à Faixa Itaiacoca (mapa regional na escala 1:500.000 e mapa da área de estudo na escala 1:65.000), utilizando-se de dados obtidos em diferentes trabalhos a exemplo de Souza 1990, Prazeres Filho 2005 e Siga Jr. *et al.* 2006.

- Etapa de campo: Foi realizada uma etapa de campo (7 dias) no mês de Maio de 2007 com o objetivo de confeccionar perfis geológicos de detalhe nas áreas selecionadas. Envolveu estudos geológico-estrutural e estratigráfico, bem como a coleta de amostras adequadas para análises laboratoriais.

- Preparação de amostras: 1) Seleção e preparação de amostras visando a concentração de zircões para análises U-Pb. As análises foram realizadas em: a) rocha metabásica, intercalada concordantemente com as seqüências de metacalcáreos dolomíticos, no setor oriental da Faixa Itaiacoca (ANEXO 1), arredores de Itapeva (amostra coletada durante etapa de campo e cedida pelo geólogo W. Sallun Filho). b) Rocha metavulcânica ácida rica em amígdalas, que ocorrem associadas aos metarcóseos. 2) Seleção e preparação de amostras dos metacalcáreos dolomíticos para análises $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (rocha total).

- Estudos de laboratório: descrição de lâminas delgadas junto ao laboratório petrográfico do GMG-IGc-USP, concentração, seleção e catação de zircões (metavulcânicas) para análises de U-Pb e preparação dos sistemas rocha total dos metacalcáreos dolomíticos para análises $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

- Tratamento dos dados: confecção dos perfis realizados em campo, tratamento dos dados estruturais e analíticos. Interpretação dos resultados obtidos.

- Relatório final: integração dos dados bibliográficos, geológico-estruturais, petrográficos e analíticos. Confecção do relatório final.

5. ATIVIDADES REALIZADAS

5.1 Síntese Bibliográfica

Foram priorizados, na primeira etapa da monografia do trabalho de formatura, os estudos bibliográficos relativos à Faixa Itaiacoca, notadamente os trabalhos que envolvem cartografia geológica, empilhamento estratigráfico e dados geocronológicos. Também, a pesquisa bibliográfica de trabalhos relativos aos princípios e aplicações da geologia isotópica foi de suma importância para o entendimento dos métodos que serão utilizados.

Foi inicialmente realizado um levantamento dos principais trabalhos relacionados ao contexto regional no qual se insere a Faixa Itaiacoca e posteriormente foi realizado estudo sobre os métodos isotópicos U-Pb e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ conforme síntese a seguir:

Coube a Almeida (1956) a denominação de "Formação Itaiacoca" ao espesso pacote de mármore dolomítico, localmente estromatilítico, assentados sobre quartzitos (admitidos como unidade basal) e recobertos por filitos sericíticos (admitidos como unidade superior).

Mapeamentos geológicos realizados nas décadas de 70 e 80 (escalas 1:50.000 e 1:70.000) pelos projetos da Comissão da Carta Geológica do Paraná e Projeto Integração e Detalhe do Vale do Ribeira (CPRM/DNPM – 1:100.000) contribuíram substancialmente a geologia deste setor.

Em relação à geologia da Faixa Itaiacoca, Soares (1987) e Soares *et al.* (1987), realizando trabalho na região de Ouro Verde (ANEXO 1) propõe um posicionamento estratigráfico inferior para a seqüência de mármore dolomítico e uma discordância entre essa associação e a de metarenitos feldspáticos, metavulcânicas e metaconglomerados (superior).

Trein *et al.* (1985) reconheceram, no sul da Faixa Itaiacoca, nos arredores de Itaiacoca, Abapã e Socavão (Mapas 1 e 2) rochas metavulcânicas compostas por lavas e tufo, via de regra amigdaloidais e variolíticas. Segundo os autores, são rochas essencialmente vítreas com matriz a clorita, esfeno, biotita, muscovita – sericita e opacos. Fenocristais, quando presentes, são de andesina – oligoclásio. Os autores classificam essas rochas como basaltos andesíticos, destacando os elevados teores de K, Fe e Ti.

Santoro e Frascá (1989) com base em estudos na região de Itapeva (Campina do Veadinho, ANEXO 1), posicionaram os metassedimentos químicos de maneira similar a Soares (1987) e Soares *et al.* (1987), na base da seqüência, sobrepostos por quartzitos, quartzitos conglomeráticos e estes por filitos e metarritimitos.

Souza (1990) em mapeamento geológico (1:50.000) na porção SW do Estado de São Paulo e NE da Estado do Paraná, na região de Itapeva (Mapa 1), definiu quatro formações para o que denominou de Grupo Itaiacoca: Formação Bairro da Estiva (seqüência metarrudítica – psamítica, basal); Formação Água Nova (metapelítica – carbonática); Formação Serra dos Macacos (quartzítica) e Formação Bairro dos Campos (seqüência metadolomítica, superior).

Reis Neto (1994) desenvolveu o mais importante trabalho sobre a Faixa Itaiacoca. Em seu estudo geológico – geocronológico realizado no leste do Paraná, nos arredores de Itaiacoca, Abapã e Socavão (ANEXOS 1 e 2), caracterizou para o também denominado Grupo Itaiacoca, quatro formações (Abapã, Serra dos Macacos, Bairro dos Campos e Água Clara), posicionando os metarcóseos na base da seqüência e os metacalcários dolomíticos, no topo.

Outro importante trabalho é o mapeamento geológico realizado na porção sul da Faixa Itaiacoca (Abapã – Socavão – ANEXOS 1 e 2, escala 1:25.000) por alunos do IGc/USP (1997), integrado na escala 1:50.000 e discutido em Prazeres Filho *et al.* (1998). Foram caracterizadas três unidades maiores, representadas da base para o topo por metarcóseos com importante contribuição vulcânica, metacalcáreos dolomíticos e metapelitos – metapsamitos. Este trabalho auxiliou na locação dos perfis geológicos realizados.

Siga Jr. *et al.* (2001, 2002 e 2003) apresentam estudos geocronológicos U-Pb em zircões (SHRIMP e TIMS) de rochas metavulcânicas ácidas a intermediárias associadas aos metarcóseos e indica idades do intervalo 632 – 630 Ma.

Do ponto de vista econômico, destacam-se os estudos de Moya *et al.* (2002) e Szabó *et al.* (2006) envolvendo a gênese dos depósitos de talco associados aos metadolomitos da Faixa Itaiacoca.

Siga Jr. et al. (2006) apresentam idades U-Pb (zircão) do intervalo 1.000-900Ma para rochas metabásicas associadas à seqüência de metacalcáries dolomíticos e metamargas. Para as rochas metavulcânicas amigdaloidais intercaladas nos metarcóseos obtiveram valores U-Pb (zircão) do intervalo 636-628 Ma. Os dados geocronológicos associados aos perfis geológicos de Basei (2005) levaram o autor a propor a existência de duas bacias temporalmente distintas. A primeira com idades mínimas de 1.000-900Ma (final do Mesoproterozóico – início do Neoproterozóico) é representada principalmente pelas seqüências de metacalcários dolomíticos e metamargas. A segunda refere-se às seqüências metapsamíticas-metapelíticas, com idades de deposição do intervalo 636-628 Ma (final do Neoproterozóico). Siga Jr. et al. (2006) propõem para a primeira a denominação de Formação Itaiacoca (Almeida, 1956) e para a segunda, Formação Abapã (Trein et al, 1985).

Sallum Filho & Fairchild (2005) realizaram estudo comparativo entre estromatólitos do tipo CONOPHYTON das Faixas Ribeira e Brasília. Sugerem que as diferenças entre as formas possam ser reflexo de ambientes de deposição distintos e da ausência de uma conexão entre as duas bacias deposicionais. Acrescentam que a distribuição temporal dos estromatólitos do tipo CONOPHYTON GARGANICUM, entre 1.700 e 850 Ma, corrobora com os dados geocronológicos recentes (Siga Jr. et al. 2005) que indicam, para a deposição dos metacalcários dolomíticos, o final do Mesoproterozóico / início do Neoproterozóico.

Em relação aos métodos isotópicos U-Pb (zircão) e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de rochas carbonáticas foram consultados, respectivamente, os livros Radiogenic Isotope Geology (Dickin, Alan P.) e Principles of Isotope Geology (Faure, Gunter).

5.2 Estudos de campo

Os estudos de campo concentraram-se no leste do Paraná, arredores de Abapã, Erval do Xaxim, Socavão e Campina do Estepe, no período de 13 a 19 de Maio de 2007. Como base plani-altimétrica foram utilizadas as folhas 1:50.000 Abapã (Ministério do Exército: SG.22-XA-VI-3) e Socavão (Ministério do Exército: SG.22-XA-VI-4).

O acesso ao local de trabalho foi feito pela rodovia Presidente Castello Branco (SP-280) até Tatuí, seguindo pela SP-127 (rodovia Antonio Romano Schincariol até Itapetininga e rodovia Professor Francisco da Silva Pontes de Itapetininga até Capão Bonito). A partir de Capão Bonito segue-se pela rodovia Francisco Alves Negrão (SP-258) até a cidade de Castro, no Paraná. Ao entrar no Paraná a rodovia passa a se chamar Rodovia Senador Flávio Carvalho Guimarães (PR-151). O acesso aos perfis geológicos e aos afloramentos foi realizado por estradas de terra secundárias.

Dentre os caminhamentos selecionados e realizados, de modo geral ortogonais a estruturação regional da Faixa Itaiacoca e abrangendo as seqüências metapsamíticas, metapelíticas, de metacalcáreos dolomíticos e de metamargas, alguns não se mostraram favoráveis a elaboração de perfis geológicos devido a escassez de afloramentos, notadamente nas proximidades dos contatos litológicos. Três dos caminhamentos permitiram o estudo e a coleta de dados geológicos-estruturais importantes, que irão permitir a confecção dos seguintes perfis (ANEXO 2):

- Perfil A – B: Morro do Mastro (W) – Morro do Canha (E): permitiu o estudo dos diferentes litotipos que compõe a Faixa Itaiacoca, bem como a coleta de dados estruturais importantes, notadamente nos proximidades de contatos litológicos (Figura 1 mostra o detalhe do local do perfil e Figura 2 mostra o perfil A - B).

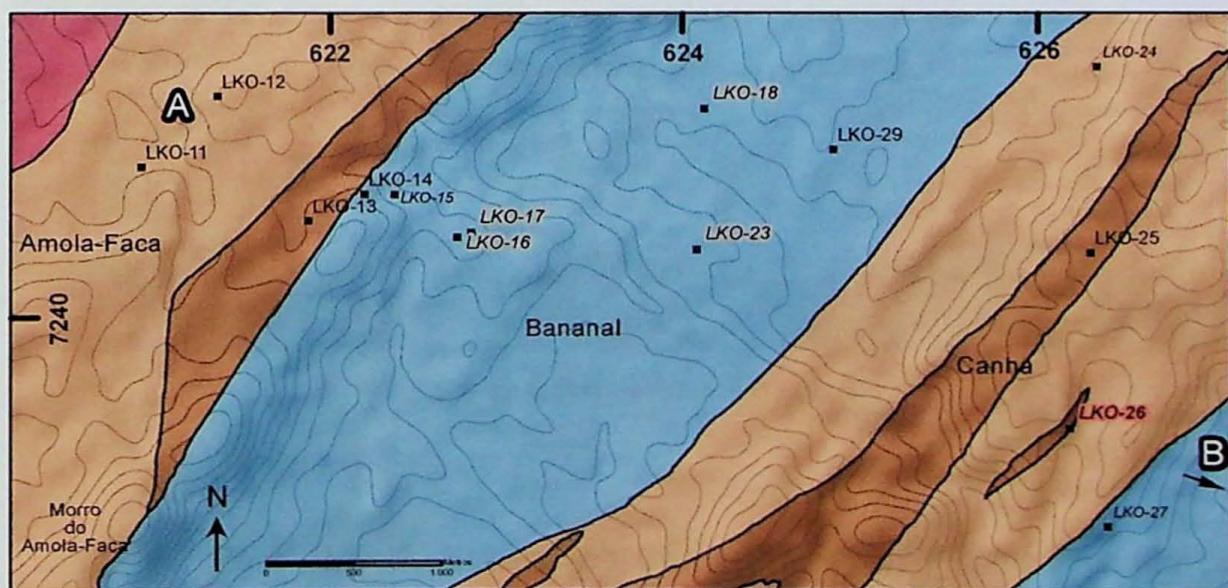


Figura 1. Detalhe da localização do perfil A – B

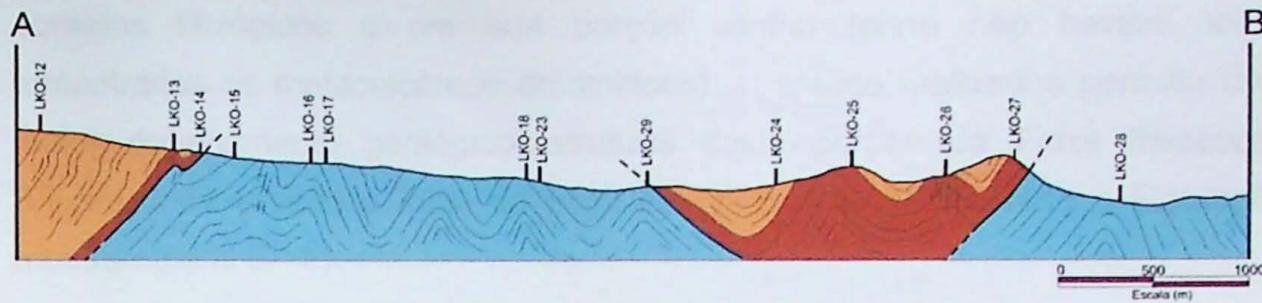


Figura 2. Perfil geológico A – B

- Perfil C – D: Região de Olhos de Água: embora parcial, uma vez que os dados não foram obtidos de modo contínuo ao longo de toda extensão da Faixa Itaiacoca, mostra grande importância no estudo litoestratigráfico da porção oriental da mesma (Figura 3 mostra o detalhe do local do perfil e Figura 4 mostra o perfil C - D).

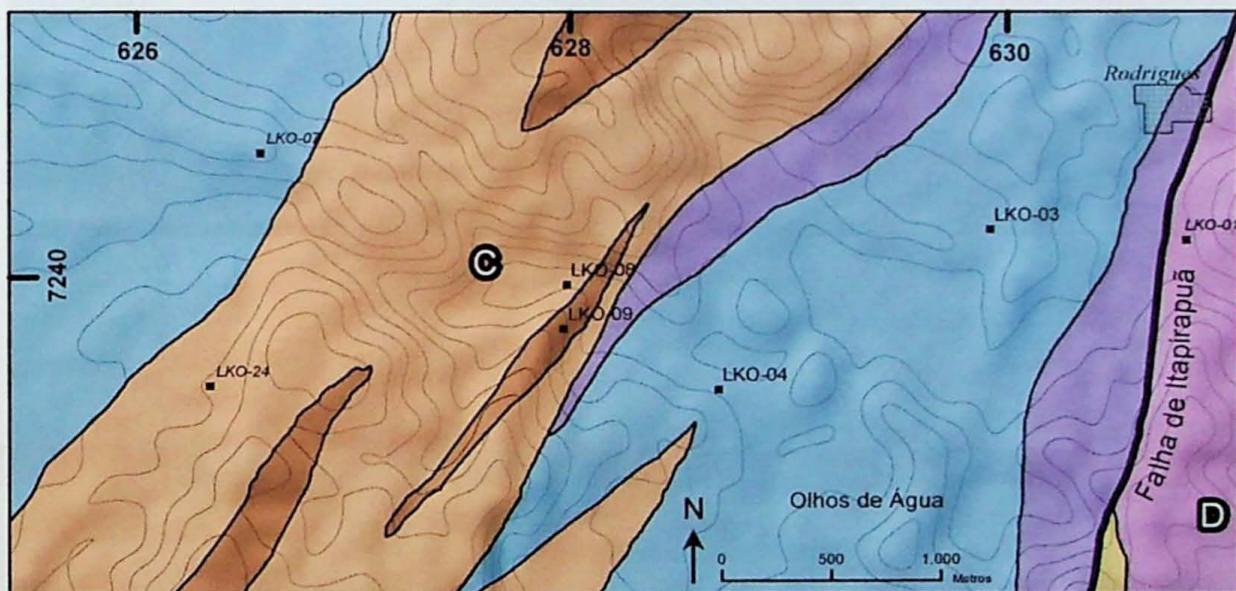


Figura 3. Detalhe da localização do perfil C – D

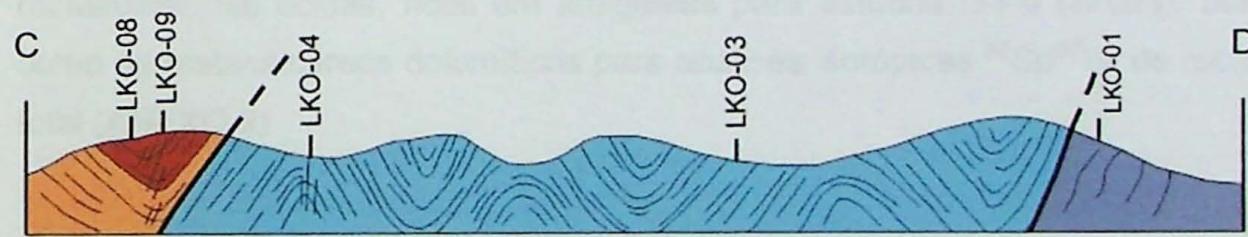


Figura 4. Perfil geológico C - D 0 500 1000 Escala (m)

- Perfil E – F: Estrada do Cerne: este perfil, confeccionado por ocasião do trabalho de formatura de G. B. Basei (2005) e posteriormente por Sig Jr. et al. (2006) foi reanalisado, principalmente nas proximidades dos

contatos litológicos e em sua porção central (onde não haviam sido encontrados os metacalcáreos dolomíticos). O estudo realizados permitiu um maior detalhamento geológico-estrutural desta porção da Faixa Itaiacoca (Figura 5 mostrando o local do perfil E – F que foi reanalisado e Figura 6 mostra o perfil E - F).

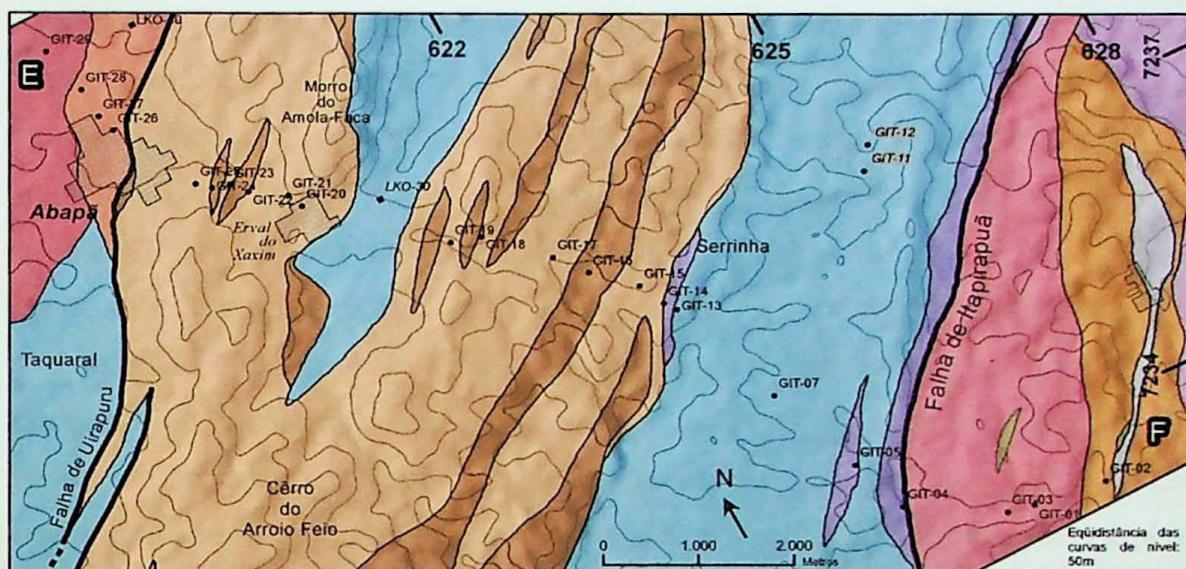


Figura 5. Localização do perfil E - F

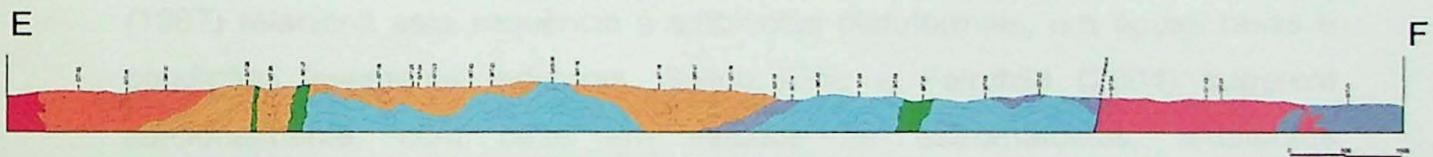


Figura 6. Perfil geológico E - F

Acrescenta-se que os estudos de campo permitiram a coleta de rochas metavulcânicas ácidas, ricas em amigdalas para estudos U-Pb (zircão), bem como de metacalcáreos dolomíticos para análises isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de rocha total (ANEXO 2).

5.3 Descrição das unidades de mapeamento

Nesta porção, centro-sul da Faixa Itaiacoca, foram reconhecidos três (3) conjuntos litológicos, representados da base para o topo por uma associação de rochas metacarbonáticas (1), de metarcóseos com importante contribuição vulcânica e metaconglomerados subordinados (2), e de rochas metapelíticas e

metapsamíticas (3). Tal posicionamento estratigráfico é, a grosso modo, similar ao observado por Soares (1987), Santoro e Frascá (1989) e Siga Jr. *et al.* (2006).

A associação inferior é representada predominantemente por metacalcários dolomíticos com intercalações de níveis de metamargas (cálcio filitos e filitos carbonáticos), estes presentes principalmente nas porções superiores deste pacote metacarbonático. Os metacalcários dolomíticos apresentam cor variando de branca a cinza-claro, sendo mais acinzentado quando puros. Observa-se em alguns afloramentos um bandamento de espessura normalmente centimétrica, sugestivo da estratificação sedimentar original (Foto 1), ocorrendo também com estrutura maciça (Foto 2), nesse caso, dificultando a recuperação de informações sedimentares pretéritas. As metamargas apresentam granulometria fina e bandamento milimétrico a centimétrico, destacado pela alternância de cores cinza-claro, cinza-escuro, róseo e branca. Os metacalcários dolomíticos preservam, muitas vezes, estruturas do tipo acamamento ondulado e lenticular, laminação climbing, ripplles, oólitos, pisólitos e estratificações cruzadas. Ocorrem bancos de mármores estromatolíticos, em geral, com formas colunares. Soares *et al.* (1987) relaciona esta sequência a ambientes plataformais, em águas rasas e condições levemente redutoras. Sallun Filho e Fairchild (2004) sugerem adicionalmente, com base em estudos de estromatólitos, ambientes deposicionais com importantes diferenças quanto a luminosidade e/ou profundidade das águas. Intercalados aos mármores ocorrem níveis de clorita-sericita-filitos de cor verde - clara (possíveis cinzas vulcânicas) e na porção sul-oriental desta faixa, de rochas metabásicas (métricas). Nestas, os cristais de plagioclásio e piroxênio normalmente se apresentam parcial ou totalmente transformados (actinolita, epidoto/zoizita, clorita e biotita), indicativos de metamorfismo do fácies xisto verde, zonas da clorita e biotita. Subordinadamente observa-se nessas rochas metabásicas a presença de hornblenda e quartzo. Estudos petográficos e geoquímicos realizados por Reis Neto (1994), indicam composições de basaltos subalcalinos toléíticos, sugestivo de ambientes distensionais.

Nas proximidades do Batolito Granítico Cunhaporanga, os metacalcários dolomíticos desenvolvem uma mineralogia rica em talco e tremolita, indicativas de metamorfismo de contato (Foto 3).

Na zona de contato desta unidade de metacalcários dolomíticos com a unidade superior, representada principalmente por metarcóseos com intercalações de rochas metavulcânicas e níveis de metaconglomerados, observa-se um intenso estiramento e lenticularização dos litotipos, sugestivo de cisalhamentos, indicativos de discordância entre essas associações (Perfis). Esta unidade superior é representada por rochas metarenô-feldspáticas (Foto 4), com intercalações de rochas metavulcânicas (Foto 5), metavulcanoclásticas e lentes, ou mesmo bancos métricos de metarenito conglomerático, onde predominam seixos de rochas vulcânicas e subordinadamente de quartzo e metapelitos (Foto 6). Os seixos apresentam-se desde angulosos a bem arredondados, com dimensões desde milimétricas a centimétricas (~ 15 cm). Cabe assinalar que não foram observados seixos de rochas carbonáticas nos metaconglomerados. Os metarenitos preservam bandamento gradacional e estratificações cruzadas, e se mostram imaturos, ricos em clastos de quartzo e feldspato, sugestivos de fontes granito - gnáissicas. Mineralogicamente os feldspatos (predominância de microclínio) se apresentam deformados e com sugestão de transporte (arredondamento), o quartzo ocorre como grãos monocristalinos e policristalinos e, os fragmentos líticos quando presentes referem-se a clastos compostos normalmente por quartzo e feldspato. A presença de sericita e clorita finamente cristalizadas na matriz indica metamorfismo do fácies xisto verde, zona da clorita. As rochas metavulcânicas ocorrem como derrames de espessura variável, intercaladas as rochas metapsamíticas com as quais mostram contatos bruscos. Observam-se níveis pouco espessos de rochas filíticas de cor verde-claro (possíveis cinzas vulcânicas), bem como rochas metavulcânicas com clastos de material vulcânico (piroclásticas). Os níveis vulcânicos contêm normalmente grande quantidade de varíolas (amígdalas e vesículas, Foto 5), que se mostram geralmente estiradas. Essas rochas apresentam grande quantidade de feldspato potássico (sanidina), opacos e material desvitrificado. As vesículas, em geral, são preenchidas por sanidina, quartzo, biotita, além de carbonatos e

opacos. A paragênese metamórfica principal é definida por biotita, clorita, sericita e quartzo. Tratam-se provavelmente de traquitos de composição alcalina, sugestivos de ambientes distensionais do tipo rift continental. Apresentam teores elevados em potássio, (6% a 12%) e outros elementos LILE, denotando caráter ultrapotássico (Reis Neto, 1994).

A associação superior (de topo), pouco representativa nos perfis realizados é representada principalmente por ortoquartzitos, metarenitos finos a médios de cor branca, com intercalações de sericita filitos de cor castanha a verde clara, filitos grafitosos, metarrítmitos areno-pelíticos, metassiltitos e metargilitos. Preservam laminações horizontais, acamamento microgradacional normal e laminações cruzadas de baixo ângulo. O contato entre essa associação e a dos metacalcários dolomíticos sugere ser gradacional.

Regionalmente, as estruturas primárias presentes (bandamento gradacional, *climbing*, estratificações cruzadas, amígdalas/vesículas e estromatólitos) definem o acamadamento original (S_0), indicativo de topo normal. A foliação S_1 é reconhecida pela presença de sericita, clorita, e mais raramente biotita, bem como pelo estiramento de amígdalas/vesículas, normalmente paralelas a subparalelas ao acamadamento. Esta foliação S_1 se apresenta dobrada (dobras suaves, centimétricas a métricas) ou mesmo crenulada, desenvolvendo uma clivagem plano axial S_2 , mais expressiva nas rochas metapelíticas-metapsamíticas. Esse dobramento pode ser observado ao longo dos perfis realizados bem como nos estereogramas (Shimidt-Lambert), que contém as projeções polares da foliação S_1 (Figura 7). Apresentam nesses setores comportamento estrutural relativamente similar, com concentrações das foliações S_1 nos quadrantes SE e NW, sugerindo dobramento (D_2) aproximadamente cilíndrico, com eixos orientados segundo N20-25E/05-10 (Figura 7). Tal padrão de dobramentos (dobras cilíndricas e eixos subhorizontais) sugere superfícies pretéritas (S_1) com mergulhos de baixo a médio ângulo.



Foto 1. Metadolomito bandado (S_0)

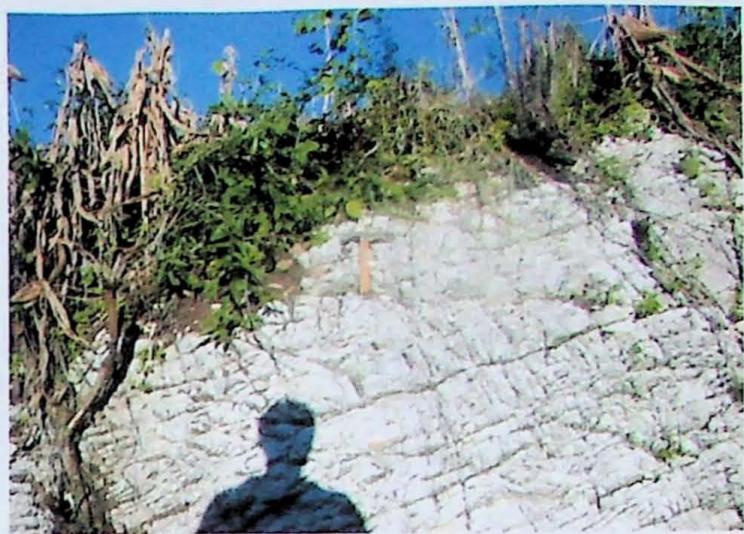


Foto 2. Metadolomito maciço



Foto 3. Metadolomito talcificado



Foto 4. Metarcóseo



Foto 5. Metavulcânica amigdaloidal



Foto 6. Metapelito intercalado com metarenito

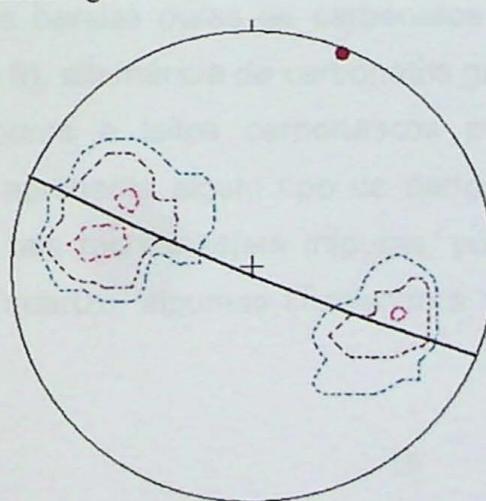


Figura 7. Concentrações de projeções polares de S_1 nos quadrantes NW e SE sugerindo dobramento D_2 aproximadamente cilíndrico.

Os estudos petrográficos visaram a caracterização microscópica das maiores unidades observadas no campo além se serem de suma importância para a seleção de amostras para as análises $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e U-Pb em zircão. Foram considerados o grau metamórfico, presença de deformações, recristalizações, substituições, composição mineralógica das amostras, bem como os teores de Rb e Sr para obter-se uma análise $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ confiável. No caso das rochas metabásicas associadas aos metadolomitos, o estudo petrográfico visou o reconhecimento de feições metamórficas para se descartar a possibilidade de representarem diques e sills mesozóicos presentes na região.

Em geral, na grande maioria das lâminas da unidade de metadolomitos existe algum tipo de recristalização, por vezes uma recristalização incipiente, por vezes toda a matriz está recristalizada (Foto 7). A recristalização é observada pela presença de matriz granoblástica fina, com cristais carbonáticos geralmente euhexrais. Em todas as lâminas ocorrem também bolsões ou veios de material neoformado como quartzo ou minerais carbonáticos (Foto 8). Muitas vezes tais bolsões ou veios apresentam dobras, deformações em forma de sigmóides com o material componente dos bolsões ou veios muitas vezes apresentando textura em mosaico ou contatos suturados e extinção ondulante. Esta é a evidência de que a rocha sofreu eventos deformacionais com recristalização mineral, o que pode e provavelmente alterou as características químicas originais quando da deposição da seqüência.

Em algumas lâminas, a rocha apresenta talco em contato com quartzo detritico (imerso na matriz) ou em contato com leitos quartzosos. Tal feição é indicativa de que a rocha sofreu metamorfismo regional de fácies xisto-verde, atingindo a isógrada do talco.

Bandamento S_0 original pode ser observado em algumas lâminas pela alternância de bandas puras de carbonatos e bandas impuras (carbonatos + quartzo, Foto 9), alternância de carbonatos grosseiros e carbonatos finos, leitos quartzosos puros e leitos carbonáticos puros (Foto 10). Normalmente o bandamento apresenta algum tipo de deformação, dobramento. É regra, no entanto, que tais rochas sejam impuras, pois em todas as lâminas ocorre a presença de quartzo, algumas chegando a atingir até 40% de quartzo. Desta

maneira, muitas amostras foram caracterizadas como metadolomitos impuros, metadolomitos com quartzo ou metadolomitos com quartzo e talco.

A intensa recristalização, metamorfismo, impureza das rochas carbonáticas e deformação são fatores que influenciam nas análises $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, mudando as características presentes na época da deposição destas rochas.

Foram estudadas também, visando caracterização mineralógica e metamórfica, rochas metabásicas (Foto 11) associadas aos metadolomitos e, em lâmina, apresentaram-se deformadas e com foliações incipientes provavelmente em duas direções. O plagioclásio apresenta feições ígneas mas pode ocorrer ligeiramente dobrado. A rocha é constituída principalmente de plagioclásio, actinolita, clorita e titanita. Tal assembléia mineral é característica do fácies xisto-verde.

Nas unidades superiores foram estudados os metarcóseos e metavulcânicas, além dos filitos.

Os metarcóseos apresentam-se em lâmina tipicamente arredondados a subarredondados, com mineralogia basicamente constituída de quartzo e feldspato (Foto 12). A metavulcânica associada aos metarcóseos apresenta-se muito intemperizada, mas é possível observar as amígdalas, feldspatos de textura típica ígnea, ripiformes, prismáticos e bem formados (Foto 13). Alguns poucos ocorrem dobrados. Lâmina típica de rocha vulcânica ou subvulcânica. Os filitos apresentam bandamento S_0 bem marcado por bandas mais quartzosas e bandas exclusivamente de filossilicatos (biotita e micas brancas). Apresenta forte orientação mineral paralela ao bandamento ($S_1 // S_0$) e estratificação sedimentar típica (Foto 14).



Foto 7. Metadolomito granoblástico recristalizado



Foto 8. Veio quartzoso deformado e com extinção ondulante em contato com carbonatos recristalizados

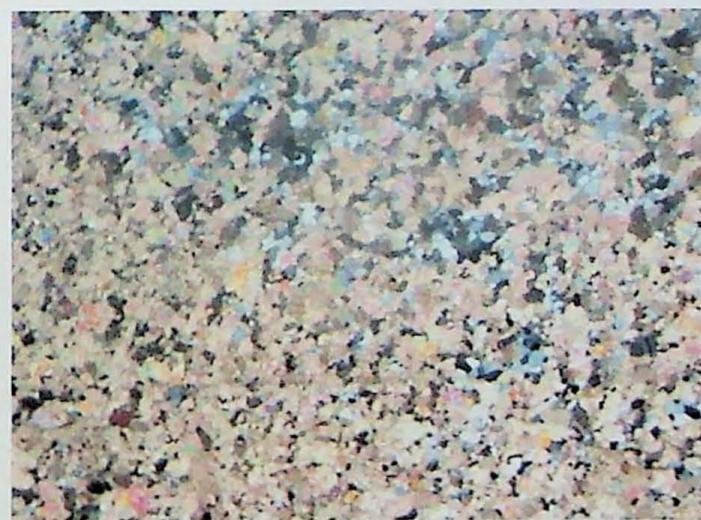


Foto 9. Bandamento centimétrico de carbonatos puros e carbonatos impuros

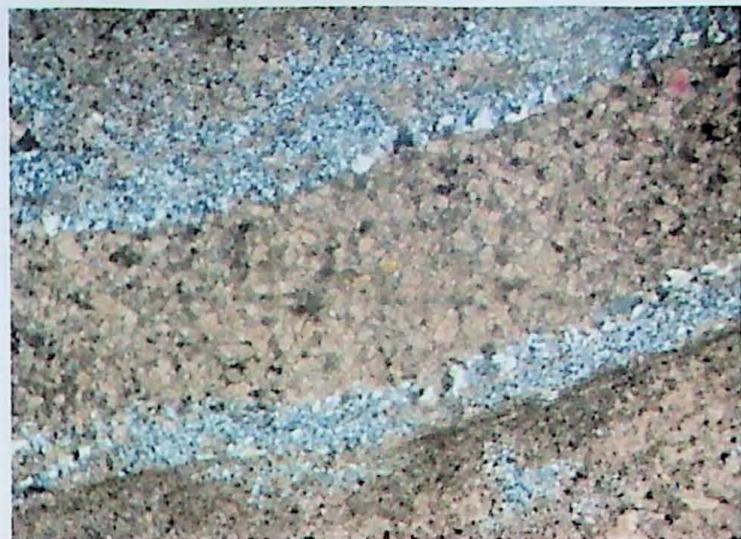


Foto 10. Rocha parcialmente recristalizada mostrando o bandamento composicional original S0

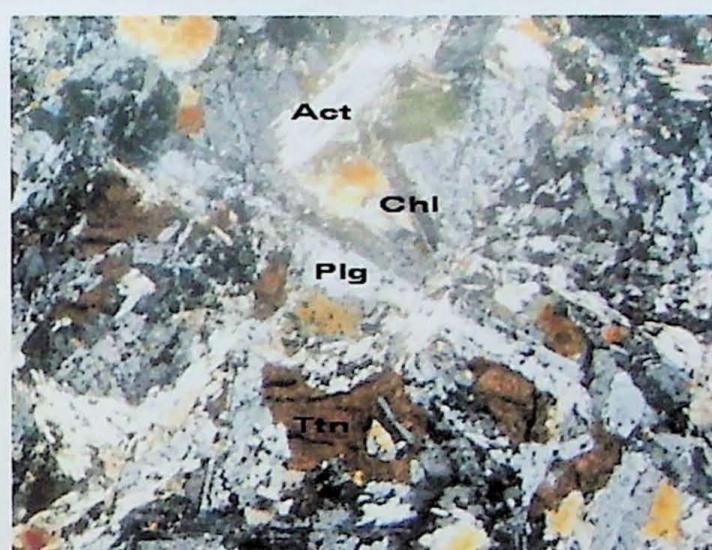


Foto 11. Rocha metabásica com mineralogia típica do fácies xisto-verde

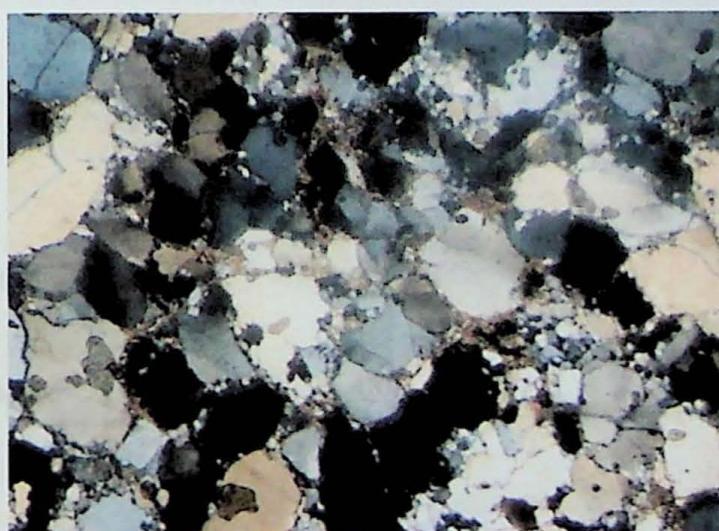


Foto 12. Metarcóseos apresentando grão de quartzo e feldspatos arredondados a subarredondados

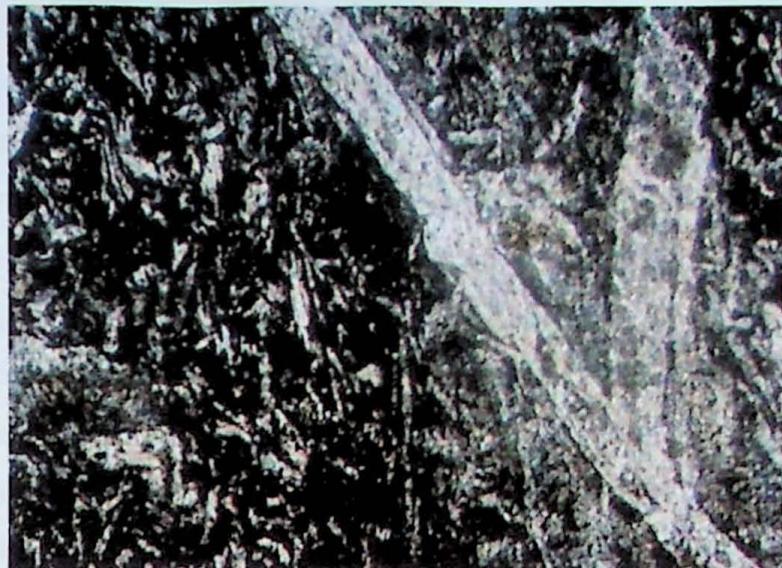


Foto 13. Metavulcânica com plagioclásios ripiformes e bem formados



Foto 14. Filito com bandamento composicional de quartzo e filossilicatos apresentando forte orientação mineral

5.4 Sistemática U-Pb (zircão) no CPGeo-USP

5.4.1 Aspectos Metodológicos

A atual metodologia utilizada no laboratório de U-Pb do CPGeo (Passarelli *et al.*, no prelo), difere daquela descrita por Basei *et al.* (1995), principalmente no que se refere a utilização do spike ^{205}Pb , e, pelos baixos

valores do branco laboratorial, a possibilidade da datação de pequenas quantidades de zircão, ou mesmo a datação em monocristais.

A metodologia U-Pb é uma das ferramentas mais utilizadas em geocronologia, pois permite a obtenção de idades precisas, confiáveis, relacionadas a época de cristalização desse mineral, sendo aplicada à rochas ígneas ácidas, intermediárias e mesmo básicas, metamórficas e sedimentares.

Os zircões são os minerais mais utilizados, pois, além de serem encontrados em quase todas as rochas, de composição desde ácida até básica, apresentam riqueza em urânio e incompatibilidade geoquímica com o chumbo, sendo este, quase em sua totalidade, de origem radiogênica. Além disso, os zircões são minerais de grande resistência aos agentes intempéricos, o que permite sua aplicação à datação de rochas sedimentares utilizando-se de zircões detriticos. O zircão apresenta, em muitos casos, grande estabilidade no tocante às variações das condições fisico-químicas podendo preservar idades antigas, mesmo em rochas submetidas a episódios metamórficos de grande intensidade, capazes de rejuvenescer completamente outros cronômetros radiométricos.

O sistema U-Pb é o único a oferecer dois cronômetros radiométricos independentes, relacionados aos isótopos radioativos ^{235}U e ^{238}U que fornecem respectivamente como produtos finais os isótopos radiogênicos estáveis ^{207}Pb e ^{206}Pb .

As equações para obtenção da idade U-Pb são as seguintes:

$$\blacktriangleright T = 1/\lambda \ln [1 + (\text{ $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_t - (\text{ $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_0]/(\text{ $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ })]$$

$$\blacktriangleright T = 1/\lambda \ln[1 + (\text{ $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_t - (\text{ $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)_0]/(\text{ $^{235}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ })]$$

onde: T = idade; t = relações isotópicas atuais; o = relações isotópicas iniciais e λ = constante de desintegração.

Para que as idades obtidas tenham significado geológico, algumas premissas devem ser respeitadas:

- a correção do Pb inicial deve ser adequada;
- o equilíbrio radioativo deve ter sido mantido;

→ o sistema deve ter permanecido fechado (não pode ter ocorrido perdas ou acréscimos de U e/ou Pb).

Da utilização de diferentes pares radioativos percebeu-se que, na maioria dos casos, os valores de idades obtidos em cada um deles eram discrepantes entre si. Este fato foi atribuído a fenômenos de metamictização, ou seja, centros radioativos de U e Th que, atuantes num certo período de tempo, provocam a destruição gradativa do retículo cristalino dos zircões, permitindo a difusão do Pb.

Foram desenvolvidos então diagramas que se utilizam simultaneamente dos dois cronômetros, a exemplo da Curva Concórdia (Ahrens, 1955 e Wetherill, 1956) e o Diagrama de Tera Wasserburg.

A curva concórdia representa o lugar geométrico dos pontos de idades concordantes, obtidos pelos dois cronômetros $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ e $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$. Desde que um ponto analítico não esteja situado sobre a curva concórdia as idades deixam de ser iguais. A reta que contém os diferentes pontos discordantes recebe o nome de "Discórdia". (Figura 8)

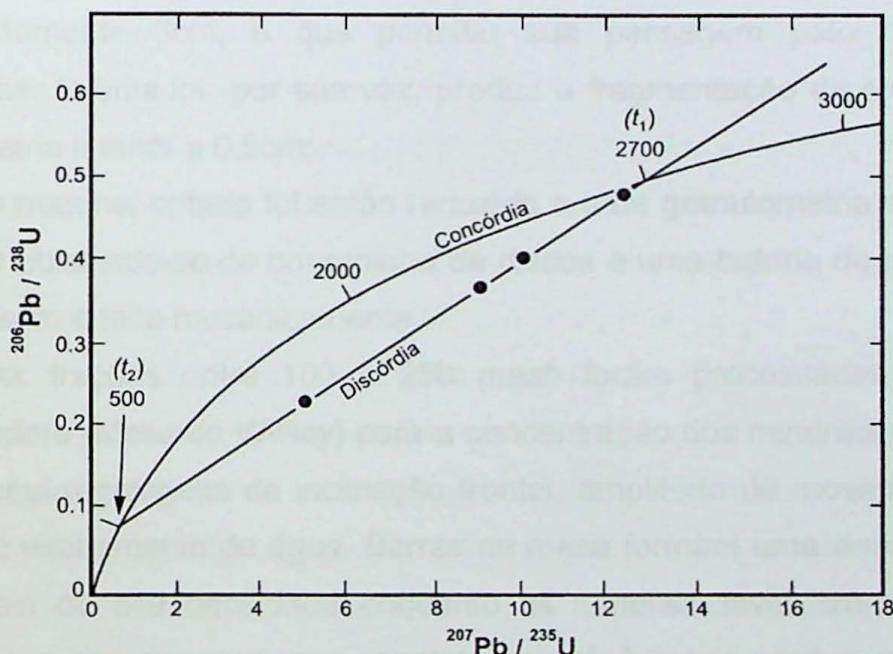


Figura 8. Diagrama concórdia U-Pb mostrando a curva concórdia calibrada em milhões de anos e linha discórdia gerada pela variação na perda de Pb de minerais ricos em U de 2700 Ma. (retirado de Dickin, A.P., 1997).

No intercepto superior da reta discórdia sobre a curva concórdia caracteriza-se a época de cristalização dos zircões. Para o intercepto inferior

as interpretações podem relacionar-se a uma perda episódica (perda de Pb vinculada a um episódio tectônico por exemplo) ou então, a uma perda contínua (difusão contínua de Pb), neste caso sem significado geológico.

5.4.2 Análises U-Pb (zircão)

Foram selecionadas duas amostras contendo cada uma cerca de 20kg, uma relativa a rocha metabásica, associada a seqüência dos metacalcáreos dolomíticos da porção norte da Faixa Itaiacoca, arredores de Itapeva (cedida pelo geólogo W. Sallun Filho) e outra de rocha metavulcânica ácida rica em amígdalas, coletada nos arredores de Canha durante os trabalhos de campo e associada a seqüência das rochas metarcoseanas.

A concentração e separação seguiram os seguintes procedimentos realizados no Laboratório de Separação do CPGeo (técnico responsável Vasco A. Loios).

- A amostra foi fragmentada manualmente em pedaços de aproximadamente 5cm, o que permitiu sua passagem pelo britador de mandíbulas. O britador, por sua vez, produz a fragmentação da rocha a uma granulometria inferior a 0,5cm;

- O material britado foi então reduzido a uma granulometria entre 100 e 250 *mesh* utilizando-se de um moinho de discos e uma bateria de peneiras. O peneiramento é feito mecanicamente.

- As frações entre 100 e 250 *mesh* foram processadas em mesa concentradora (Mesa de Wilfley) para a concentração dos minerais pesados. A mesa possui regulagens de inclinação frontal, amplitude de movimento (vai e vem) e de escoamento de água. Barras na mesa formam uma armadilha para os minerais de alta densidade enquanto os minerais leves transpõe essas armadilhas e escoam para uma canaleta frontal. A mesa produz em espectro de minerais permitindo a coleta de minerais de alta densidade (pesados), como o zircão, em recipientes adequados.

- Após esta etapa, utilizando-se um imã de mão, foram retirados os minerais intensamente magnéticos (magnetita).

- Este material foi então processado em um separador eletromagnético tipo Frantz com corrente variável entre 0,5 e 0,8 A, inclinação frontal de 20º e lateral de 10º permitindo assim a separação de minerais mais magnéticos (biotitas, anfibólio, piroxênios) daqueles menos magnéticos (quartzo, feldspatos, zircões).

- A fração não magnética, onde se concentram os zircões foi tratada a seguir com líquidos densos: Bromofórmio (CHBr_3 , d=2,85 g/cm³) e Iodeto de Metíleno (CH_2I_2 , d=3,2 g/cm³). O propósito desse procedimento é concentrar os minerais mais densos que os líquidos utilizados, como o zircão, da maior parte dos minerais presentes na amostra, que são menos densos, como o quartzo e o feldspato (bromofórmio) e as micas e anfibólios (iodeto de metíleno).

- Um novo processamento no separador eletromagnético do tipo Frantz, dessa vez com corrente de 1,2 A foi necessário, para melhor concentrar o zircão dentre os não magnéticos.

As procedimentos seguintes foram realizados laboratório de U-Pb (técnico responsável Walter M. Sproesser).

- O concentrado obtido foi então processado cuidadosamente em separador eletromagnético do tipo Frantz, desta vez utilizando-se uma técnica denominada *split*. A amperagem neste processo é mantida constante (1,5 A), bem como a inclinação frontal (15º), modificando-se gradativamente as inclinações laterais (2º, 1º, 0º e assim por diante), obtendo-se frações com diferentes suscetibilidades magnéticas. Tais frações permitem a concentração de zircão com diferentes susceptibilidades magnéticas.

- As diferentes frações obtidas foram então analisadas cuidadosamente em lupa binocular, onde foi realizada a seleção dos cristais de zircão por catação manual. Buscou-se analisar populações formadas por tipologias de zircões similares, límpidos, sem inclusões ou fraturas, presentes normalmente nas frações menos magnéticas. Atualmente o trabalho encontra-se nesta fase do método U-Pb.

Posteriormente à fase de catação, as frações de zircão (de mesma tipologia) são pesadas, através da relação densidade / volume, e posteriormente transferidas para savillex de 7 ml. Após a pesagem, é realizada a lavagem com HNO_3 e HCl para limpeza de eventual material orgânico, e

retirada de Pb contaminante. Posteriormente condiciona-se a fração em HNO₃ (ácido nítrico concentrado).

O ataque químico é realizado com HF (ácido fluorídrico) e HNO₃ em micro-bombas de Teflon, em estufa a 200°C. O tratamento químico para separação e purificação do U e Pb é realizado através de colunas de troca iônica com resina aniônica. A solução final da etapa das colunas é depositada em filamentos de Rênio (Re), para posterior leitura no espectrômetro de massa, que fornece as medidas das razões isotópicas. Utiliza-se o espectrômetro Finnigan MAT 262 com multicoletores, e os resultados obtidos são tratados em programas de software PbDAT (Ludwig, 1993) e ISOPLT (Ludwig, 2003), para confecção dos diagramas. As constantes utilizadas nos cálculos das idades são as apresentadas por Steiger & Jäger (1978):

$$\lambda_{\text{U}}^{238} = 1,55125 \times 10^{-10} \text{ anos}^{-1} \quad \lambda_{\text{U}}^{235} = 9,8485 \times 10^{-10} \text{ anos}^{-1}$$

$$\text{U}^{238}/\text{U}^{235} = 137,88$$

5.4.2.1 Resultados Obtidos

- Rochas metavulcânicas associadas às seqüências de metarcóseos:

Os estudos geocronológicos foram realizados através da metodologia U-Pb (zircão), de rochas metavulcânicas ricas em amígdalas (LKO-26a, foto _), intercaladas concordantemente aos metarcóseos (seqüência intermediária). Foram analisadas quatro frações de zircão, que em lupa apresentaram hábitos prismáticos, bem formados, transparentes, bipiramidais (LKO-26a B, foto 15) ou translúcidos com inclusões e podendo apresentar vértices arredondados (LKO-26a A, foto 16) ou translúcidos, arredondados e fraturados (LKO-26a, foto 18) e ainda fragmentos de zircão (LKO-26a, foto 19).

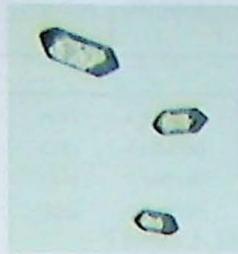


Foto 15



Foto 16

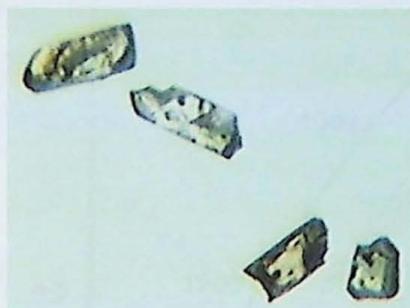


Foto 17



Foto 18

Os dados isotópicos (Tabela 1), quando analisados em diagrama Concórdia apresentaram-se bastante dispersos, indicando forte herança isotópica dos zircões analisados, distribuindo-se ao longo de uma discordia cuja idade intercepto inferior está próxima de 600 (Figura 9). O posicionamento dos pontos analíticos, afastados da curva Concórdia, não permitiu definir com precisão a idade de cristalização desses zircões, retratando acerca do Neoproterozóico (~ 600 Ma). Um único dado analítico (fração LKO-26a B) posicionou-se sobre a curva Concórdia, indicando idade próxima de 400 Ma. Tal análise, no entanto, apresenta relação $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ bastante baixa (~ 50 , vide Tabela 1), indicando elevados teores de ^{204}Pb comum, portanto, representando um resultado não confiável. O intercepto superior desse diagrama apresenta idade da ordem de 2.190 Ma, indicando heranças (núcleos de zircões) paleoproterozóicas.

SPU	Fraction	207/235#	Error	206/238#	Error	COEF.	238/206	Error	207/206#	Error	206/204*
			(%)		(%)			(%)			
LKO 26A											
3723	A(4)	4,924630	0,59	0,279982	0,55	0,938	3,571658	0,55	0,127568	0,21	250,2
3725	C(5)	4,080380	0,54	0,246032	0,52	0,968	4,064512	0,52	0,120284	0,13	286,5
3726	D(4)	2,192180	2,19	0,160799	2,10	0,960	6,218944	2,10	0,098876	0,61	122,7
3724	B(3)	0,539327	6,62	0,067564	6,09	0,933	14,800847	6,09	0,057895	2,38	52,0

Tabela 1. Dados isotópicos das frações de zircão da amostra LKO-26a

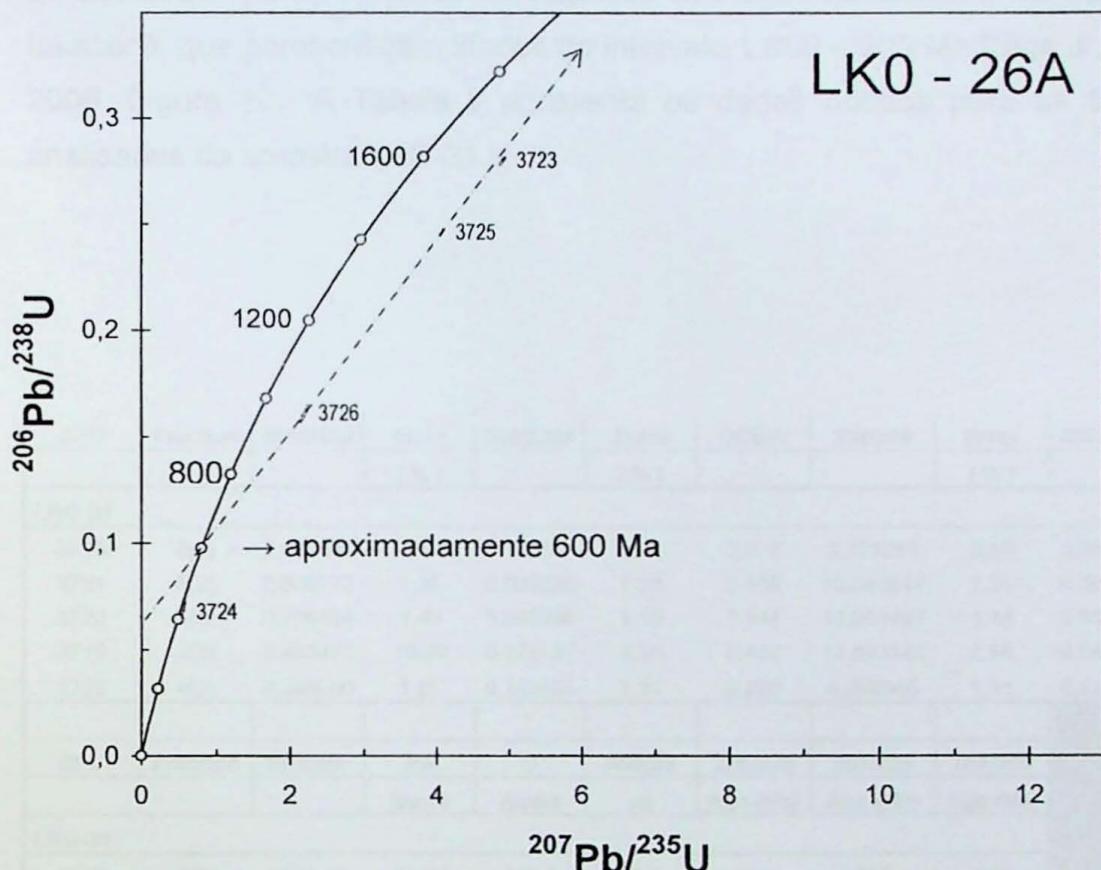


Figura 9. Discórdia imprecisa mostrando o intercepto inferior em ~ 600 Ma.

- Rochas metabásicas associadas às seqüências de metacalcários dolomíticos:

Tentativamente foram concentrados zircões de corpos de rochas metabásicas associadas às seqüências de metacalcários dolomíticos (basal), amostra LKO-31. Somente um desses corpos apresentou alguns poucos cristais de zircão. Estes em lupa se mostraram arredondados ou mesmo

prismáticos com vértices arredondados, translúcidos amarronzados ou mesmo transparentes e ricos em inclusões e fraturas (Fotos 19, 20 e 21). Tal morfologia é típica de cristais capturados, quando da colocação das rochas metabásicas, não permitindo, portanto, a obtenção de idades relativas à cristalização destes corpos. De um modo geral, os zircões de rochas básicas/metabásicas apresentam hábitos relativamente disformes a exemplo do observado para rochas dessa natureza coletadas no extremo sul da Faixa Itaiacoca, que apresentaram idades do intervalo 1.000 – 900 Ma (Siga Jr. et al., 2006, Figura 10). A Tabela 2 apresenta os dados obtidos para as frações analisadas da amostra LKO-31.

SPU	Fraction	207/235#	Error	206/238#	Error	COEF.	238/206	Error	207/206#	Error
			(%)		(%)			(%)		
LKO-31										
3718	2(5)	0,929887	0,54	0,102867	0,53	0,977	9,721291	0,53	0,065562	0,12
3721	5(3)	0,809773	1,36	0,093626	1,20	0,888	10,680817	1,20	0,062729	0,63
3722	6(5)	0,736464	1,40	0,090988	1,18	0,847	10,990497	1,18	0,058704	0,75
3719	3(3)	0,493471	18,40	0,079157	2,86	0,462	12,633122	2,86	0,045214	17,30
3720	4(2)	4,298090	1,21	0,243964	1,11	0,920	4,098965	1,11	0,127776	0,47
SPU	Fraction	206/204*	Pb	U	Weight	206/238	207/235	207/206		
			(ppm)	(ppm)	μg	Age (Ma)	Age (Ma)	Age (Ma)		
LKO-31										
3718	2(5)	1045,11	54,65	458,5	13,1	631	668	792		
3721	5(3)	236,05	38,19	335,0	4,1	577	602	699		
3722	6(5)	394,14	30,75	308,5	4,8	561	560	556		
3719	3(3)	103,05	28,01	231,0	2,7	491	407	-44		
3720	4(2)	522,76	45,89	166,5	3,7	1407	1693	2068		

Tabela 2. Dados isotópicos das frações de zircão da amostra LKO-31



Foto 19



Foto 20



Foto 21

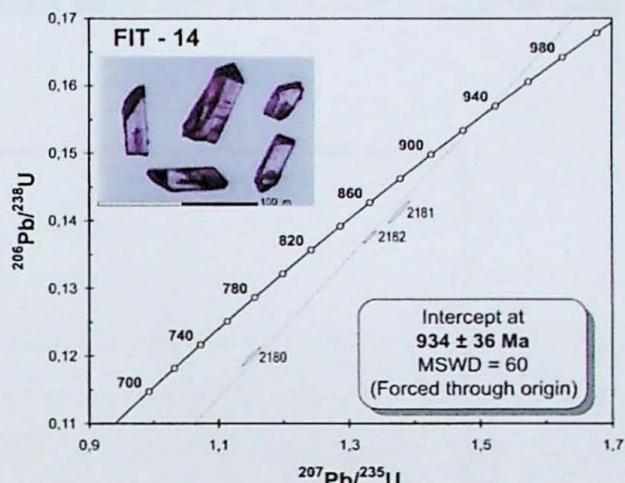


Figura 10

5.5 Sistemática $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (rocha total) em rochas carbonáticas

5.5.1 Aspectos metodológicos

A composição isotópica do estrôncio (Sr) em circulação na hidrosfera depende da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ das rochas que interagem com a água na superfície ou próximo a superfície da Terra. O Sr liberado em solução é homogeneizado isotopicamente por mistura durante o transporte até chegar nos oceanos ou em uma bacia fechada nos continentes.

O Sr então reentra no ciclo das rochas principalmente por coprecipitação em carbonatos de cálcio. Desta maneira, os carbonatos

sedimentares e rochas evaporíticas preservaram um registro da mudança da composição isotópica de Sr nos oceanos e nos continentes durante os éons Proterozóico e Fanerozóico (Faure, G. 1986)

As curvas relativas às composições isotópicas do Sr em rochas carbonáticas depositadas no período Pré-Cambriano ainda não são bem conhecidas devido a modificações na composição química introduzidas principalmente por recristalizações metamórficas. Soma-se a isso a escassez de fósseis-guias neste período, o que impede sua datação paleontológica. Até mesmo a distinção entre bacias deposicionais marinhas e não-marinhas é incerta nos primórdios da Terra, quando a salinidade dos oceanos pode ter sido menor do que é atualmente.

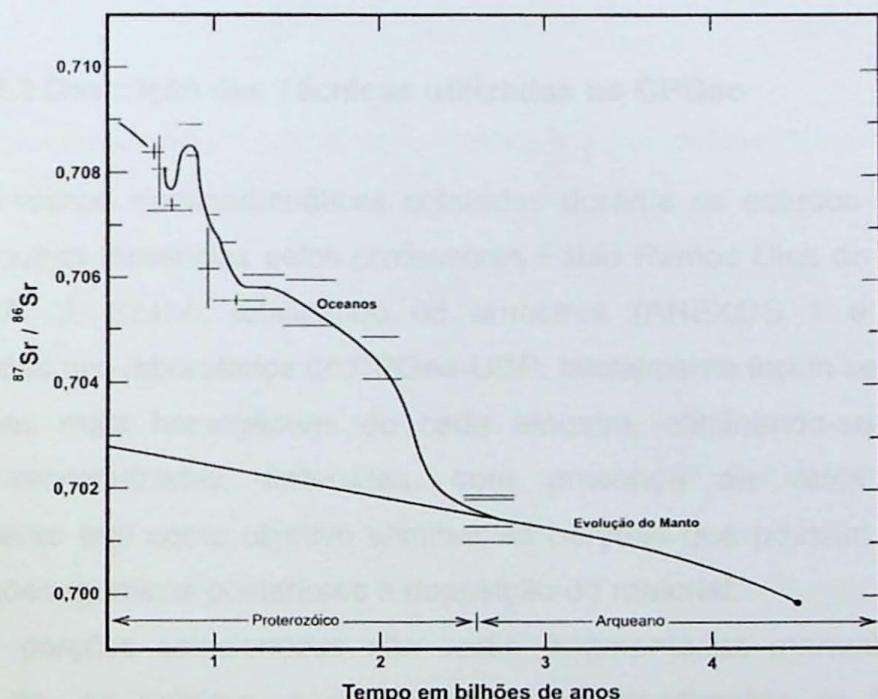


Figura 11. Variação das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de rochas carbonáticas marinhas de idade Pré-cambriana. (retirado de Faure, G. 1986)

Aparentemente a composição isotópica do Sr nos oceanos é homogênea, baseando-se na média de centenas de análises feitas por diferentes cientistas.

Como a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ atual da água do mar é controlada pela mistura de isótopos de Sr derivados de rochas vulcânicas jovens, rochas siáticas antigas da crosta continental e de carbonatos marinhos Fanerozóicos, percebe-se que tal razão é um indicador indireto dos tipos de rocha que estão expostas

ao intemperismo químico na superfície dos continentes e nas bacias oceânicas. Veja que as relações $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ não podem sofrer modificações posteriores a sua homogeneização marinha, razão pela qual o sistema deve ser isento de Rb, de preferência os carbonatos não devem ser dolomíticos e não devem ter sofrido eventos hidrotermais ou metamórficos. No entanto alguns trabalhos têm demonstrado padrão isotópico significativo, mesmo em metacalcários dolomíticos de baixo grau metamórfico (fácies xisto-verde).

Partindo da premissa que os carbonatos marinhos refletem a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da água do mar em um determinado tempo, pode-se utilizar gráficos de variação da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no tempo, como a Figura 11, para se inferir a idade de carbonatos que apresentam razões idênticas.

5.5.2 Descrição das Técnicas utilizadas no CPGeo

As rochas metacarbonáticas coletadas durante os estudos de campo, além de outras fornecidas pelos professores Fábio Ramos Dias de Andrade e Gergely A. J. Szabó, totalizando 08 amostras (ANEXOS 1 e 2), foram processadas nos laboratórios do CPGeo-USP. Inicialmente foram selecionadas as porções mais homogêneas de cada amostra, eliminando-se assim as porções recristalizadas, fraturadas, com presença de veios, etc. Tal procedimento tem como objetivo eliminar as porções que possam ter sofrido modificações químicas posteriores a deposição do material.

As porções selecionadas são então fragmentadas manualmente em pedaços de, no máximo, 1 cm. Após este procedimento os fragmentos selecionados seguem para o moinho de bolas (revestido de carbeto de tungstênio) onde foi realizada a moagem ultrafina do material.

O pó resultante foi então analisado quanto ao teor de Rb presente (fluorescência de raios-X) para então proceder-se a nova seleção (amostras isentas de Rb) para determinação das relações isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

A amostra segue então para o ataque químico que segue os seguintes procedimentos: 1) Pesa-se em savillex aproximadamente 100mg de amostra; 2) Adiciona-se 2ml de HCL 0,1N e deixa reagir durante 1h; 3) Retira-se o sobrenadante e coloca em tubo centrífuga de 15ml; 4) Lava-se o resíduo três

vezes com 2ml de H₂O Milli-Q e junta-se o H₂O de lavagem com o sobrenadante; 5) Centrifuga-se durante 15 minutos, retira-se o sobrenadante misturado à H₂O de lavagem e descarta-se o mesmo (lixiviado 1); 6) Se sobrou algum resíduo no tubo centrífuga, junta-se com o resíduo que está no *savillex*; 7) Evapora-se o resíduo até ficar totalmente seco; 8) Adiciona-se 2ml de HCl 1N e deixa reagir durante 30 minutos; 9) Repete-se os procedimentos 3 e 4; 10) Centrifuga-se durante 15 minutos, retira-se o sobrenadante misturado à H₂O de lavagem e coloca-se em um *savillex* e deixa em chapa aquecedora até secar totalmente (lixiviado 2); 11) Adiciona-se 2ml de HNO₃ concentrado e destilado e evapora-se as amostras; 12) Adiciona-se 2ml de HNO₃ 2N e segue-se procedimento normal nas colunas de troca iônica. Analisa-se somente o lixiviado 2.

5.5.2.1 Relações $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dos metacalcários dolomíticos – Análises realizadas

Relações $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ podem indicar, com relativa precisão, épocas relacionadas à deposição de seqüências carbonáticas. Tais análises devem ser realizadas preferencialmente em rochas carbonáticas isentas de metamorfismo, com teores de Sr elevados (> 200 ppm) e teores bastante baixos de Rb ($< 0,2$ ppm). Adicionalmente algumas relações, a exemplo de Fe/Sr (< 4), Mn/Sr (< 1) e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ($< 0,001$) têm grande importância à confiabilidade dos dados obtidos. Tentativamente, função do baixo grau metamórfico observado para as seqüências de metacalcários, foram analisadas 08 amostras coletadas ao longo dos perfis realizados (LKO-16a, LKO-18 e LKO-23), bem como cedidas por Giovanni B. Basei (GIT-11A, GIT-11B e GIT-12) e pelos professores Gergely A. J. Szabó e Fábio R. D. de Andrade (PT1-22CA e PT1-22CB).

Os dados obtidos apresentam teores de Rb relativamente elevados (2,0 a 4,0 ppm) e de Sr bastante baixos (< 40 ppm), não se mostrando adequados à obtenção de informações relativas à deposição dessas seqüências (Tabela 3).

Estudos isotópicos futuros, envolvendo a metodologia U-Pb (zircão), de outros corpos metabásicos, ou mesmo de zircões detriticos são de grande

importância à caracterização de idades relacionadas à deposição dessas seqüências metacalcárias dolomíticas.

SPR		No. Campo	Material	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ (Y)	Erro
15658	L2	GIT-11A C70	RTOT/Dolomito	3,0	28,0	0,707196	0,000030
15659	L2	GIT-11B C70	RTOT/Dolomito	3,8	30,3	0,705827	0,000079
15660	L2	GIT-12 C70	RTOT/Dolomito	1,8	29,6	0,708883	0,000046
15661	L2	PT1-22CA C70	RTOT/Dolomito	2,1	27,2	0,707591	0,000058
15662	L2	PT1-22CB C70	RTOT/Dolomito	2,4	38,8	0,709959	0,000037
15663	L2	LKO-16A C70	RTOT/Dolomito	3,5	41,3	0,709423	0,000052
15665	L2	LKO-18 C70	RTOT/Dolomito	3,4	31,3	0,707154	0,000029
15666	L2	LKO-23 C70	RTOT/Dolomito	3,9	34,7	0,712938	0,000025

Tabela 3. Dados das análises feitas em carbonatos mostrando alto valor de Rb e baixo de Sr.
Mostra também a grande variação nos valores $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

5.6 Elaboração de mapas geológicos integrados

O estudo bibliográfico permitiu destacar trabalhos que envolveram mapeamentos geológicos de diferentes setores da Faixa Itaiacoca, a exemplo de Souza (1990), Soares (1987), Santoro e Frascá (1989), Prazeres Filho *et al.* (1998) e Prazeres Filho (2005). A integração destes mapas e das folhas topográficas Abapá (SG.22-X-A-VI-3) e Socavão (SG.22.X-A-VI-4) permitiu a confecção digital de mapas geológicos integrados da porção ocidental da Faixa Itaiacoca (escala 1:65.000) e regional (escala 1:500.000). Encontram-se referenciados, nestes mapas, os perfis realizados, bem como as amostras selecionadas para estudos isotópicos e petrográficos.

6. Considerações Finais

Os trabalhos realizados na porção sul da Faixa Itaiacoca, durante o desenvolvimento deste trabalho de formatura envolveram pesquisas bibliográficas, confecção de mapas geológicos integrados, estudos de campo (perfis de detalhe), bem como análises isotópicas U-Pb (zircão) e de relações $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, contribuindo à geologia deste setor e principalmente ao aperfeiçoamento técnico-científico do autor.

As divergências apresentadas na literatura relativas ao empilhamento estratigráfico das associações litológicas que compõem a Faixa Itaiacoca podem ser atribuídas a inúmeros fatores, a exemplo das deformações presentes (dobramentos, cisalhamentos, aloctonia), exposições (grau de alteração, ausência de continuidade lateral) e a mapeamentos e perfis geológicos localizados (correlações estratigráficas nem sempre válidas). Nesse contexto a elaboração de perfis contínuos, de detalhe, acoplados a estudos geocronológicos é fundamental ao estabelecimento do quadro estratigráfico da Faixa Itaiacoca.

Os perfis realizados caracterizaram a existência de um conjunto litológico inferior, constituído predominantemente por metacalcários dolomíticos e metamargas. Sobreposto, discordantemente sobre esse conjunto (contato marcado por cisalhamentos), ocorre uma associação de metarcóseos, metavulcânicas e metaconglomerados subordinados. O conjunto superior, pouco representativo nos perfis realizados, é representado principalmente por filitos e ortoquartzitos.

O padrão estrutural é marcado nesses três conjuntos litológicos por estruturas primárias (bandamento gradacional, estratificações cruzadas, amígdalas/vesículas e estromatólitos), de grande importância, uma vez que definem o acamamento original S₀, indicativo de topo normal. A foliação S₁ (subparalela a S₀) é reconhecida pela presença de sericita, clorita e mais raramente biotita (metamorfismo do fácies xisto-verde, zonas da clorita e biotita), bem como pelo estiramento de amígdalas e vesículas. Esta foliação S₁ apresenta-se regionalmente dobrada (dobras relativamente cilíndricas, centimétricas a métricas) ou mesmo crenulada, desenvolvendo uma clivagem

plano-axial S2, com direção geral NE-SW (subvertical), paralela a direção geral da Faixa Itaiacoca.

No conjunto litológico superior, onde predominam metarcóseos, intercalam-se concordantemente bancos métricos a decamétricos de rochas vulcânicas (metatraquitos), normalmente ricas em vesículas e/ou amígdalas. Representam possíveis derrames associados a deposição dos metarcóseos. Estes são ricos em clastos de quartzo e microclínio, sugestivos de fontes de natureza granito-gnáissica e ambientes associados a leques aluviais. Análises geocronológicas U-Pb de rochas metavulcânicas forneceram idades imprecisas, próximas de 600 Ma, indicando épocas relacionadas a formação dessas rochas durante o Neoproterozóico.

Destaca-se que as idades de formação dessas rochas vulcânicas (~ 600 Ma) podem relacionar-se as idades observadas para os batólitos graníticos Três Córregos e Cunhaporanga (650 – 600 Ma, Prazeres Filho, 2005), admitidos como possíveis arcos magmáticos. Esse conjunto vulcânico poderia, nesse contexto, representar parte do arco vulcânico preservado entre os batolitos graníticos.

Estudos isotópicos de U-Pb (zircão) de corpos metabásicos associados aos metacalcários dolomíticos (basal) e relações $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dessas seqüências não se mostraram favoráveis à interpretações geocronológicas relativas aos estágios iniciais de desenvolvimento da bacia Itaiacoca. Dados U-Pb (zircão) obtidos por Siga Jr. *et al.* (2006) para corpos metabásicos que ocorrem no extremo sul da Faixa Itaiacoca, indicaram valores do intervalo 1.030 – 908 Ma, sugerindo idades mínimas de deposição relacionadas ao início do Neoproterozóico para a seqüência de metacalcários dolomíticos.

7. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA F.F.M. 1956. Novas ocorrências de fósseis no Pré-Cambriano brasileiro. *In: Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, Anais, 28:44-45*

ALMEIDA F.F.M., AMARAL G., CORDANI U.G., KAWASHITA K. 1973. The precambrian evolution of South América cratonic margin, south of the Amazon

River. In: A.E.M Nirn & F.G. Stheli (ed.) *The Ocean Basins and Margins*. Plenum Press, New York, v.1, pp.: 411-446.

AHRENS, L.H. (1955) Implications of the Rhodesian Age Pattern. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 8 (1): 1-15.

BASEI, M.A.S.; SIGA JR., O.; SATO K., SPROESSER W.M. (1995) A Metodologia Urânio-Chumbo na Universidade de São Paulo. Princípios metodológicos, aplicações e resultados obtidos. *Anais. Acad. Bras. Ciênc.*, 67 (2):221-237.

BASEI G.B. 2005. *Estratigrafia do Grupo Itaiacoca (PR-SP)*. Monografia de Trabalho de Formatura, Universidade de São Paulo, 28 p.

COMISSÃO DA CARTA GEOLÓGICA DO PARANÁ – 1970. Folhas geológicas na escala 1:70.000 Serra das Antas, Itaiacoca, Jaguariaíva e Varzeão. Curitiba, Convênio UFPR/BADESPAR.

CPRM – 1981. Projeto integração e detalhe geológico do Vale do Ribeira - Relatório Final, Folha Itararé (SG.22-X-B-I). São Paulo, Convênio CPRM/DNPM, 82p.

DICKIN, A.P. 1997. *Radiogenic Isotope Geology*. Cambridge, Cambridge University Press, 490 p.

FAURE, G. 1986. *Principles of isotope geology*. New York, Wiley, 589 p.

LUDWIG KR 1993. PBDAT, a computer program for processing Pb-U-Th isotope data. USGS Open File Report, 88, 34 pp.

LUDWIG KR 2003. User's manual for Isoplot 3.0: A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, Special Publication n.4, 71p.

MOYA F.A., SZABÓ G.A.J., ANDRADE F.R.D., GUIMARÃES G.B. 2002. Metamorfismo e metassomatismo das rochas dolomíticas do Grupo Itaiacoca, com ênfase na gênese dos depósitos de talco e ocorrências de tremolita asbestosiforme na região de Itaiacoca – Socavão, nordeste do Estado do Paraná. *In: SBG, XLI Congres. Bras. De Geol., Anais*, p. 321.

PASSARELLI, C.R.; BASEI, M.A.S.; SIGA JR., O.; SATO, K.; SPROESSER, W.M.; LOIOS, V.A. ID-TIMS (isotope-dilution thermal ionization mass-spectrometry) U-Pb dating on CPGeo – IGc – USP in times of *in situ* analysis.

PRAZERES FILHO H.J., GUIMARÃES G., BASEI M.A.S., SIGA JR O., REIS NETO J.M., CAMPANHA G., SALLUN FILHO W. 1998. Mapa geológico 1:50.000 da porção centro-sul da Faixa Itaiacoca – PR. *In: XL Congres. Bras. Geol., Belo Horizonte, MG, Resumos*, p. 36.

REIS NETO, J. M. 1994. *Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no Neoproterozóico*. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 253 p.

SALLUN FILHO W., & FAIRCHILD T.R. 2005. Estudo comparativo entre estromatólitos do tipo CONOPHYTON das Faixas Ribeira e Brasília. *Rev. Do Inst. Geológico de São Paulo*, **26(1/2)**:1-18.

SANTORO E. & FRASCÁ M.H.B. de O. 1989. A Formação Itaiacoca na região de Itapeva, SP. *In: 1º Simp. De Geol. Do Sudeste – Rio de Janeiro - RJ, Anais*, 1:99-100.

SIGA JR O., BASEI M.A.S., WEBER W., SATO K., REIS NETO J.M., PRAZERES FILHO H.J., NUTMAN A.P. 2001. The Itaiacoca Group: U-Pb (zircon) records of a Neoproterozoic Basin: *In: III South American Symposium on Isotope Geology*.

SIGA JR O., WEBER W., BASEI M.A.S., SATO K., REIS NETO J.M. 2002. O Grupo Itaiacoca: registro U-Pb (zircões) de uma Bacia Neoproterozóica. In: 41º Simp. Bras. De Geol., João Pessoa – PB, v. 1, p. 510.

SIGA JR O., BASEI M.A.S., SATO K., PRAZERES FILHO H.J. dos, CURY L.F., WEBER W., PASSARELI C.R., HARARA M., NETO J.M. dos. 2003. U-Pb (zircon) ages of metavolcanic rochas from Itaiacoca Group: tectonic implications. *Rev. do Inst. De Geociências – USP*, 3:39-49

SIGA JR O., CURY L.F., KAULFUSS G.A., HARARA O.M., SATO K., RIBEIRO L.M., BASEI M.A.S. 2005. Evidências de regimes extensionais do Estateriano no leste paranaense, com base em estudos geocronológicos. In: X Simp. Nac. de Est. Tect., v. 1, p. 353-356.

SIGA JR O., BASEI M.A.S., PASSARELI C.R., SATO K., PRAZERES FILHO H.J., CURY L.F., HARARA O.M.M., REIS NETO J.M., BASEI G.B. 2006. Geochronology of the Itaiacoca Belt (Paraná – Brazil): Tectonic implications. In: V South American Symposium on Isotope Geology, Uruguay, *Short Papers*, p. 186-189.

SOARES P.C. 1987. Seqüências tectono-sedimentares e tectônica deformadora no centro-oeste do Escudo Paranaense. In: SBG, Simp. Sul Brasileiro de Geologia, 3, *Atas*, 1:245-258.

SOARES P.C., STEVANATTO R., CAMARGO C.R. 1987. Geologia do Nordeste da Faixa Itaiacoca – Paraná. In: SBG, Simp. Sul – Bras. De Geologia, 3, *Atas*, 1:245-262

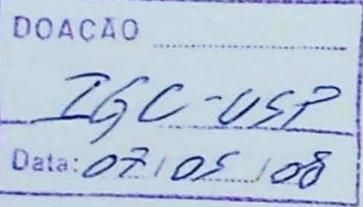
SOUZA A.P. 1990. *Mapa Geológico na escala 1:50.000 e esboço de evolução tectônica e sedimentar do Grupo Itaiacoca, nas folhas Barra do Chapéu e Ouro Verde (SP)-(PR)*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 200 p.

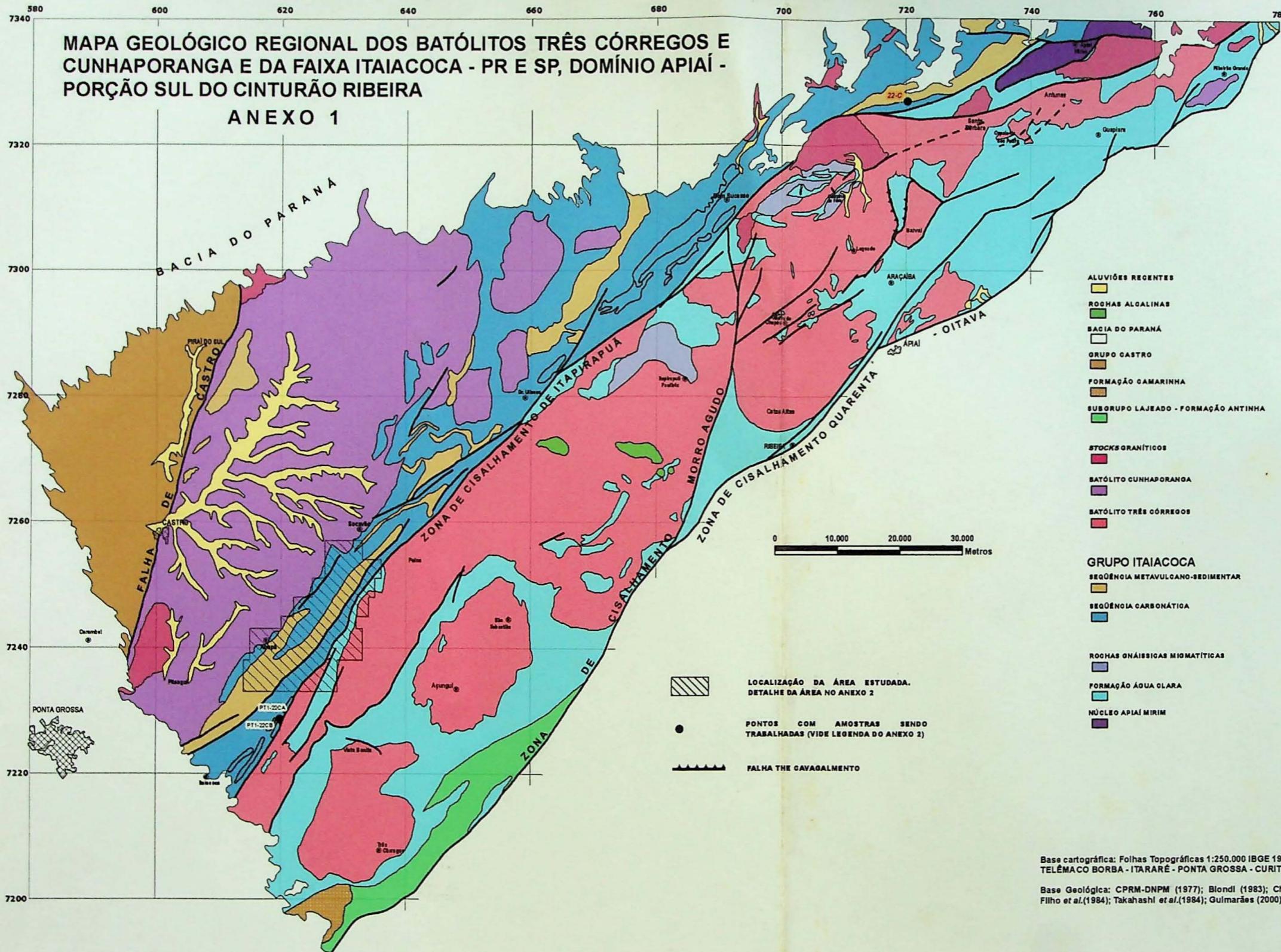
STEIGER, R. H. & JÄGER, E. 1977 – Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geochronology and cosmochronology. *Earth Planet Science Letters* 36: 359-362.

SZABÓ G.A.J., ANDRADE F.R.D., GUIMARÃES G.B., CARVALHO F.M. de S., MOYA F.A. 2006. As jazidas de talco no contexto da história metamórfica dos metadolomitos do Grupo Itaiacoca, PR, *Geologia USP, Série Científica*, 5(2): 13-32.

TREIN E., REIS NETO J.M., BIONDI J.C., MONASTIER M.S., 1985. Revisão da Formação Itaiacoca: identificação de uma seqüência metavulcanossedimentar em Abapá (PR). In: SBG, Simp. Reg. De Geologia, 5, Atas 1:169-186

WETHERILL, G. W. 1956 Discordant uranium-lead ages. *Transactions American Geophysical Union*, v. 37, n.3, p. 320-326.



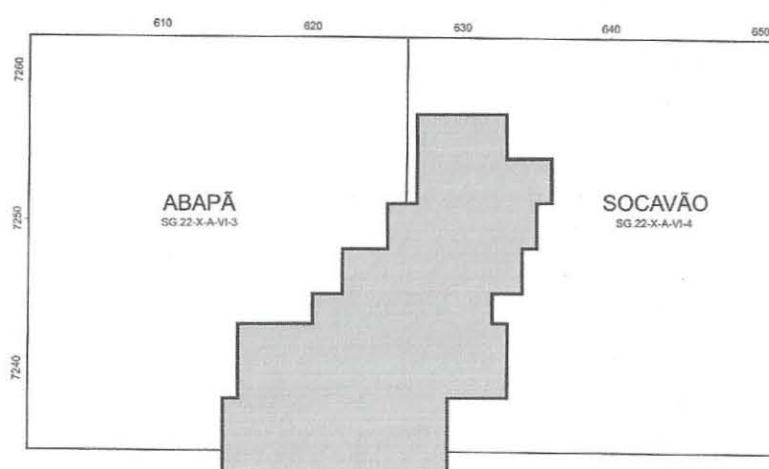


MAPA GEOLÓGICO E DE PONTOS DA ÁREA ESTUDADA

ANEXO 2



ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS



Datum horizontal SAD 69. Meridiano central: 51

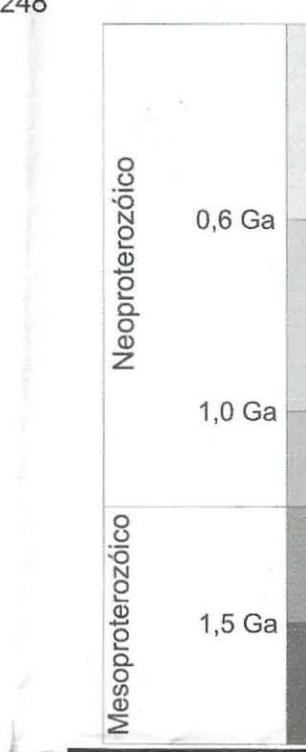


0 1.000 2.000
 Metri

LEGENDA

- | | | | | |
|--|-----|---|---|-----------|
| Estradas | — | $S_n // S_0$ | — | S_{n+1} |
| Falha transcorrente com sentido de movimento | | | | |
| Falha transcorrente sem indicação de sentido | | | | |
| Contato tectônico | |  | Localidades | |
| Contato geológico inferido | LKO | | Pontos estudados durante a etapa de campo de 13 a 19 de maio de 2007. | |
| | GIT | | Pontos estudados no trabalho de formatura de G. B. Basei (2005) | |
| | LKO | | Amostras encaminhadas para laminação | |
| | LKO | | Amostras encaminhadas para análises Sr | |
| | LKO | | Amostras encaminhadas para análises U/P | |

- Pontos estudados durante a etapa de campo de 13 a 19 de maio de 2007.
- Pontos estudados no trabalho de formatura de G. B. Basei (2005)
- Amostras encaminhadas para laminação
- Amostras encaminhadas para análises Sr
- Amostras encaminhadas para análise U/P



1 - Calciossilicáticas; 2 - Quartzitos; 3 - Muscovita-granada xistos; 4 - Metadolomitos estromatolíticos; 5 - Metamargas; 6 - Metarenitos feldspáticos e metaconglomerados; 7 - Metavulcânicas e metavulcanoclásticas; 8 - Filitos e metapelitos.

