**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA
SEQÜÊNCIA TURVO-CAJATI, NA REGIÃO
DO ALTO RIO JACUPIRANGUINHA, SP**

Fernando Campagnoli

Orientador: Prof. Dr. Marcos Egydio da Silva

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

**SÃO PAULO
1996**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA
SEQÜÊNCIA TURVO-CAJATI, NA REGIÃO
DO ALTO RIO JACUPIRANGUINHA, SP**

Fernando Campagnoli

Orientador: Prof. Dr. Marcos Egydio da Silva

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

	nome	ass.
Presidente:	<u>Marcos Egydio da Silva</u>	<u> </u>
Examinadores:	<u>Ginaldo Ademar da Cruz Campanha</u>	<u> </u>
	<u>Vicente Antonio Vitorio Girardi</u>	<u> </u>

SÃO PAULO
1996

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA
SEQÜÊNCIA TURVO-CAJATI, NA REGIÃO
DO ALTO RIO JACUPIRANGUINHA, SP**

Fernando Campagnoli

Orientador: Prof. Dr. Marcos Egydio da Silva

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004659

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

SÃO PAULO
1996

Dedico este trabalho a N3ris, Pedro, Thais e Rafael.

SUMÁRIO

Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Agradecimentos.....	v
Sumário de Figuras.....	vi
Sumário de Fotomicrografias.....	viii
Sumário de Tabelas.....	ix
Siglas.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Objetivos.....	02
1.2 Localização da área e acessos.....	02
1.3 Aspectos fisiográficos e geomorfológicos.....	04
1.4 Métodos utilizados.....	04
1.4.1 Estudos geológicos convencionais.....	05
1.4.2 Estudos geocronológicos.....	06
1.4.2.1 Datações pelo método K/Ar.....	06
1.4.2.2 Datações pelo método Rb/Sr.....	07
1.4.3 Estudo do metamorfismo.....	09
1.4.4 Posicionamento Estratigráfico e elaboração do mapa geológico-estrutural....	09
2. HISTÓRICO DOS TRABALHOS.....	10
3. GEOLOGIA LOCAL.....	21
3.1 Associação Alto Jacupiranguinha.....	23
3.1.1 Unidade dos Gnaisses Capelinha.....	23
3.1.2 Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado.....	23
3.1.3 Unidade dos Xistos Forquilha.....	24
3.2 Associação das Rochas Verdes.....	25
3.3 Associação Cajati.....	26
3.4 Granito Guarau.....	27
3.5 Sedimentos quaternários.....	27
4. METAMORFISMO.....	29
4.1 Classificação do metamorfismo Regional.....	29
4.2 Resultados Obtidos.....	41
4.2.1 Associação Alto Jacupiranguinha.....	41

4.2.2 Associação das Rochas Verdes.....	45
4.2.3 Associação Cajati.....	47
5. GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	53
5.1 Estruturas dúcteis.....	53
5.1.1 Foliações.....	53
5.1.2 Lineações.....	55
5.2 Estruturas rúpteis.....	57
5.3 Evolução estrutural.....	57
GEOCRONOLOGIA.....	59
6.1 Dados geocronológicos anteriores.....	59
6.2 Datações pelo método K/Ar.....	65
6.3 Datações pelo método Rb/Sr.....	66
6.3.1 Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado.....	68
6.3.2 Associação das Rochas Verdes.....	69
6.3.3 Unidade dos Gnaisses Capelinha.....	70
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

ANEXO A - Mapa Geológico-Estrutural

ANEXO B - Mapa de Pontos

RESUMO

A região do Alto Rio Jacupiranguinha situa-se no município de Cajati, no sul do Estado de São Paulo, e tem sido objeto de estudos regionais por vários autores. Seu posicionamento estratigráfico é ainda confuso, dada a carência de estudos de detalhe e de datações radiométricas.

Este trabalho apresenta uma síntese bibliográfica dos trabalhos realizados na região, uma descrição das unidades observadas, estudos de petrografia que procuram definir as condições de temperatura e pressão durante o metamorfismo, uma análise da geologia estrutural, e datações radiométricas pelos métodos K/Ar e Rb/Sr.

O metamorfismo na área evoluiu de grau fraco a grau médio-forte, com aumento de grau metamórfico de NW para SE, passando de xistos a clorita, biotita e muscovita até gnaisses bandados e migmatitos.

Foram reconhecidos três eventos deformacionais na região, sendo a principal fase decorrente do Brasiliano, que imprimiu marcante foliação de direção aproximadamente EW, com mergulho para sul, e um arranjo imbricado de terrenos suspeitos, com unidades de graus metamórficos distintos, sobrepostos entre si.

São observadas evidências de uma fase anterior e duas posteriores a esse evento. As duas fases posteriores foram responsáveis por dobras de crenulação por dobramentos suaves na foliação principal com falhamentos inversos e transcorrentes de baixo ângulo.

A geocronologia indicou que se trata de uma seqüência de rochas em parte de idade transamazônica, retrabalhadas no Ciclo Brasiliano. As razões iniciais sugerem que essas rochas são produto de retrabalhamento crustal.

Em relação ao posicionamento estratigráfico da Seqüência Turvo-Cajati, considera-se que se trata de rochas em parte do Proterozóico Inferior (Paleoproterozóico) e em parte do Proterozóico Superior (Neoproterozóico). As rochas do Proterozóico Inferior são as pertencentes à Associação Alto Jacupiranguinha, que constituem o embasamento do Grupo Açungui, podendo ainda estar relacionadas ao Domínio Curitiba, no Estado do Paraná.

As rochas do Proterozóico Superior, pertencentes às Associações Cajati e Rochas Verdes, podem ser correlacionadas às do Grupo Açungui.

ABSTRACT

The region of Jacupiranguinha river is situated in Cajati county and it has been subject of regional studies by many authors. Its stratigraphic positioning is still confused in face of the lack of detailed studies and radiometric datations.

This thesis presents a bibliographic synthesis of studies carried out in the region, a description of unities observed, petrographic studies aiming to define the conditions of pressure and temperature during the metamorphism, an analysis of structural geology and finally radiometric datations by K/Ar and Rb/Sr methods.

The metamorphism in the study area developed from a low degree to a medium-high degree, with an increase of metamorphic degree from NW to SE, passing from schists to clorite, biotite and muscovite to banded gneisses and migmatites.

Three events of strain were recognized. The most important phase is from Brazilian period, which has caused a strong foliation of approximately EW direction, deeping to south and an arrangement of lithologies with different metamorphic degrees.

Evidences of an anterior and other two later phases of that event were observed. The two later phases were responsible for crenulation folds and smooth foldings in the main foliation. Other consequence of that later phases were transcurrent and reverse faults of low angle.

As indicated by geochronology that some rocks are transamazonic age, with reworking during the Brazilian Cicle. The initial reazons show that these rocks are product of crustal rearregement.

Relating to the stratigraphic positioning of Turvo Cajati Sequence it is considered that part of the rocks dates from Low Proterozoic, and other part dates from High proterozoic. The rocks of Low Proterozoic belong to Alto Jacupiranguinha Association and constitute the embasament of Açungui Group and they may be related to Curitiba Dominion in Paraná State.

The rocks of Low Proterozoic belong to Cajati and Rochas Verdes Associations, and they may be correlated to Açungui Group.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro deste trabalho.

Aos técnicos do Centro de Pesquisas Geocronológicas, que muito me auxiliaram nas datações, principalmente à Liliane, Ivone e Valtão.

Ao professor Marcos Egydio da Silva, pela dedicação no trabalho de me orientar neste universo acadêmico.

Aos professores Wilson Teixeira e Oswaldo Siga Júnior, pelas consultas geocronológicas de urgência.

Ao setor gráfico do Instituto de Geociências, pela impressão e encadernação deste trabalho.

Aos amigos que participaram direta ou indiretamente deste trabalho, incentivando-me durante o percurso.

Aos colegas da Seção de Erosão e Assoreamento do IPT, pela força erosiva em que tracei meu caminho.

Ao técnico Nodil Andrade Pereira, pelo apoio na digitalização e edição dos mapas georreferenciados, e ao analista de sistemas Nivaldo Paulon, sem os quais os mapas teriam sido feitos à base da talhadeira. À geógrafa Ana Maria Dantas pela ajuda na tradução.

Ao colega de tropa Geólogo José Maria de Azevedo Sobrinho, pela ajuda petrográfica no mundo microscópico das imagens.

A minha tribo: Nóris, Pedro, Thais e Rafael que me faz gigante quando preciso.

Aos meus pais, que me mostraram o caminho das minhas primeiras pedras.

SUMÁRIO DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Mapa de localização da área de estudo.....	03
FIGURA 4.1 - Transformações minerais progressivas na região das zonas barrovianas da região das Scottish Highlands (segundo HARKER, 1932 e WISEMAN, 1934; extraído de MYIASHIRO, 1975).....	30
FIGURA 4.2 - Fácies metamórficas definidas por ESKOLA (1939, extraído de GIRARDI, 1979).....	33
FIGURA 4.3 Fácies metamórficos empregados até WINKLER (1967). A pressão de sólido é considerada igual a do fluido. Fsk significa feldspato potássico, Musc é muscovita e qtz é quartzo. Extraído de WINKLER (1977).....	34
FIGURA 4.4 - Diagrama de fácies metamórficos de TURNER (1968).....	35
FIGURA 4.5 - Diagrama de fácies metamórficos de MYIASHIRO (1975). As reações apresentadas na FIGURA são: 1) analcita + quartzo = albita + H_2O ; 2) lawsonita + quartzo + H_2O = laumontita; 3) aragonita = calcita; 4) jadeíta + quartzo = albita; 5) cianita = andaluzita; 6) cianita = sillimanita; 7) andaluzita = sillimanita; 8) muscovita + quartzo = feldspato potássico + Al_2SiO_5 + H_2O ; 9) início de fusão de granito; 10) início da fusão de olivina toleíta.....	36
FIGURA 4.6 - Classificação das séries faciais relacionadas aos campos de estabilidade aos polimorfos de Al_2SiO_5 e jadeíta (extraído de MYIASHIRO, 1975).....	37
FIGURA 4.7 - Classificação das séries de fácies metamórficos no metamorfismo regional (Extraído de MYIASHIRO, 1975).....	38
FIGURA 4.8 - Diagrama de classificação de graus metamórficos propostos por WINKLER (<i>op cit</i>). As condições de pressão consideradas são pressão de água = pressão de sólido.(Extraído de WINKLER, 1977).	39
FIGURA 4.9 - Graus metamórficos e suas divisões de pressão de WINKLER (<i>op cit</i>). Extraído de WINKLER (1977).....	40
FIGURA 4.10 - Diagrama isobárico T- XCO_2 para as reações (2), (3), (4) e (5). As linha cheias foram determinadas experimentalmente e as interrompidas foram calculadas. A pressão de fluido é de 1Kb. Extraído de WINKLER (1977).	44

FIGURA 4.11 - Diagrama isobárico de T- XCO ₂ com pressão de fluido de 5 Kb para reações em dolomitos silicosos. (METZ, 1973 "in" WINKLER, <i>op cit</i>). Extraído de WINKLER (<i>op cit</i>).....	45
FIGURA 4.12 - Reações metamórficas de grau fraco de metamorfismo. A reação (8) é representada pela curva 4 do diagrama, onde PG são as curvas dos pelitos e grauvaques, UM rochas ultramáficas e BA basaltos e andesitos. (Extraído de WINKLER, 1977).....	48
FIGURA 4.13 - Reações metamórficas de grau médio (Extraído de WINKLER, 1977).	51
FIGURA 5.1 - Diagrama de Schmidt-Lambert mostrando as atitudes dos planos de xistosidade (S _n) da fase de deformação D _n nos micaxistos.....	54
FIGURA 5.2 - Diagrama de Schimidt-Lambert mostrando as atitudes dos eixos e planos axiais da fase D _{n+1} medidos na área.....	55
FIGURA 5.3 - Quadro esquemático da possível evolução estrutural da área de estudo.	58
FIGURA 6.1 - Padrão de distribuição de idades do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina. Extraído de SIGA JR (1995).....	62
FIGURA 6.2 - Mapa de pontos de amostragem para geocronologia.(▲) corresponde a amostragem para K/Ar e (●) para Rb/Sr	64
FIGURA 6.3 - Diagrama isocrônico da Unidade Gnaisses Barra do Queimado.....	68
FIGURA 6.4 - Diagrama isocrônico da Associação das Rochas Verdes	69
FIGURA 6.5 - Diagrama isocrônico da Unidade dos Gnaisses Capelinha.....	70

...

SUMÁRIO DE FOTOMICROGRAFIAS

FOTOMICROGRAFIA 4.1 - Biotita gnaissé com titanita, epidoto e opacos da Unidade Barra do Queimado. A titanita apresenta opacos no núcleo e ao redor, produtos do retrometamorfismo. O lado menor da foto corresponde a 0,85 mm.....	42
FOTOMICROGRAFIA 4.2 - Talco tremolita mármore da Unidade dos Xistos Forquilha, exibindo a paragênese talco-tremolita-quartzo-carbonato. O lado menor da foto corresponde a 2,7 mm.....	44
FOTOMICROGRAFIA 4.3 - Rocha cálcio-silicática da Unidade dos Clorita Biotita Quartzo xistos. A paragênese actinolita-clinozoizita-clorita-quartzo é observada indicando efeitos retrometamórficos nesta unidade. O lado menor da foto corresponde a 0,4 mm.....	46
FOTOMICROGRAFIA 4.4 - Hornblenda poiquilitica com gotas de quartzo e restos de opacos, possivelmente da reação acima. O lado menor da foto corresponde a 0,85 mm.....	47
FOTOMICROGRAFIA 4.5 - Porfiroblasto de granada sin a tardi deformacional, com inclusões rotacionadas e exibindo sombras de pressão. O lado menor da foto corresponde a 2,7 mm.....	49
FOTOMICROGRAFIA 4.6 - Fibrolita (sillimanita) sin cinemática com muscovita, biotita e quartzo. O lado menor da foto corresponde a 0,85 mm.....	50
FOTOMICROGRAFIA 5.1 - Gnaissé milonitizado na Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado, na zona de Falha do Bairro do Queimado. O lado menor da foto corresponde a 2,7 mm.....	56
FOTOMICROGRAFIA 5.2 - Dobra de crenulação em quartzo muscovita biotita xisto com granada, da Associação Cajati. O eixo da dobra mergulha perpendicularmente ao plano da foto. O lado menor da foto corresponde a 2,7 mm.....	56

SUMÁRIO DE TABELAS

TABELA 3.1 - Unidades definidas por Silva & Agarte (1981a,b) e Campos Neto (1983b) para a região de estudo, onde PI é Proterozóico Inferior, pCS é pré-Cambriano Superior e pB é pré-Brasiliiano.....	22
TABELA 4.1 - Zonas Barrovianas.....	31
TABELA 6.1 - Datações pelo método K/Ar.....	65
TABELA 6.2 - Resultados das datações pelo método Rb/Sr.....	67

SIGLAS

Ar - argônio
Ca - cálcio
cm - centímetro
CPRM - Companhia de Recursos Minerais
E - este
i - composição isotópica
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG - Instituto Geológico
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
MMAJ/Jica - Metal Mining Agency of Japan -Japan International Cooperation Agency
K - potássio
km - quilômetro
m.a. - milhões de anos
Mg - magnésio
mm - milímetros
Mn - manganês
Nd - neodímio
NE - nordeste
NW - noroeste
Pb - chumbo
PR - Paraná
Rb - rubídio
r.i. - relação inicial
SE - sudeste
Sm - samário
Sr - estrôncio
SW - sudoeste
SUDELPA - Superintendência para o Desenvolvimento do Litoral Paulista
t - idade
U - urânio
W - oeste
 λ - constante de desintegração

1. INTRODUÇÃO

O Vale do Ribeira tem sido, desde o século passado, objeto de investigações geológicas, inicialmente pela de exploração de ouro e, mais tarde, com o desenvolvimento da região, como fonte de outros bens minerais como calcário, brita, areia, argila e etc. Com descoberta dos carbonatitos de Jacupiranga e a implantação da Serrana Mineração S.A., passou a ser importante produtora de fertilizantes.

A região de Cajati foi objeto de estudos regionais por parte de órgãos de pesquisa como IG, Sudelpa, CPRM, MMAJ/Jica e IPT, que se preocuparam em fornecer insumos aos estudos anteriormente realizados por pesquisadores COMO DERBY, LEONARDOS, OLIVEIRA, GUIMARÃES, MORAES REGO entre outros. Diversos autores procuraram definir e classificar estratigraficamente as rochas da região, perfazendo mais de uma centena de trabalhos de correlação destas com as rochas aflorantes no Estado do Paraná e sudeste de São Paulo. O que se tem hoje é uma vasta bibliografia e uma quadro estratigráfico confuso, pelo excesso de dados regionais e pela carência de dados mais detalhados, como mapeamentos em escalas maiores, datações radiométricas, geoquímica e estrutural.

Neste contexto, o presente trabalho desenvolveu-se na linha de pesquisa do Programa de Geotectônica do Departamento de Geologia Geral do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Para tal foi selecionada uma área de estudo no município de Cajati, no sudeste do Estado de São Paulo, próximo à divisa com o Paraná (FIGURA 1.1). A área apresenta boas exposições de rochas do Pré-Cambriano, por ser uma região de relevo bastante acidentado, com solos rasos, que favorece estudos de detalhe e amostragens para geocronologia. Desta forma, o trabalho procurou estudar essas rochas do ponto de vista da geologia estrutural e da geocronologia, na tentativa de contribuir com o conhecimento da evolução geológica desta porção do Pré-Cambriano paulista.

1.1 Objetivos

A seqüência metassedimentar estudada, denominada Seqüência Turvo Cajati por SILVA & ALGARTE (1981a,b), apresenta problemas ainda não elucidados quanto ao seu posicionamento estratigráfico e suas correlações com outras unidades do Pré-Cambriano paulista e paranaense. Dentro deste contexto, este trabalho procura contribuir com a geologia da área, através dos seguintes objetivos:

- a) estudar a geologia da área visando adequar o posicionamento estratigráfico desta seqüência através de datações radiométricas (Rb/Sr e K/Ar) e seções geológicas, correlacionando-as às rochas regionais;
- b) caracterizar as principais paragêneses minerais, visando à determinação das condições de metamorfismo;
- c) analisar geometricamente as estruturas, caracterizando suas principais fases de deformação, se possível correlacionando-as com os eventos metamórficos;
- d) propor um posicionamento estratigráfico mais seguro para essas rochas, integrando-as às unidades regionais.

1.2 Localização da área e acessos

A área de estudo localiza-se aproximadamente entre os paralelos $-24^{\circ} 45'$ e $-24^{\circ} 55'$ e os meridianos $W48^{\circ} 10'$ e $W48^{\circ} 15'$, formando um quadrilátero de aproximadamente 180 km^2 , no município de Cajati, no sudeste do Estado de São Paulo (FIGURA 1.1).

O acesso principal se faz pela rodovia federal Régis Bittencourt (BR-116) tanto no sentido São Paulo- Curitiba, entrando-se na área a 9 quilômetros a sul da cidade de Cajati, como no sentido Curitiba - São Paulo, entrando-se na área a 46 quilômetros a norte da divisa Paraná - São Paulo.

FIGURA 1.1 - Mapa de localização da área de estudo

1.3 Aspectos fisiográficos e geomorfológicos

A geomorfologia da área de estudo caracteriza-se pela Zona Serrania Costeira - Subzona Serrania do Ribeira, com relevo predominante de Serras Alongadas (Ponçano *et al*, 1981) e, secundariamente, relevo de Morros com Serras Restritas. O relevo encontra-se bastante dissecado, com altitudes que vão desde 50 a 1.100 metros, em declividades variando de 20 a 40% na maior parte da área, com alguns trechos superiores a 40%.

Os solos são normalmente rasos, com associações litólico-cambissolo e litólico-paredão rochoso, segundo o Projeto Radambrasil (MME/SG,1983). Localmente, ocorrem latossolos vermelho-amarelo de textura média-argilosa nas superfícies cimeiras das serras, associados a cambissolos e litólicos nas encostas.

Os principais cursos d'água da região são o Rio Jacupiranguinha e seus ribeirões tributários Quilombo, Queimado, Grota Funda e Anta Gorda. O Rio Jacupiranguinha tem seu traçado no sentido sul para norte, desembocando no Rio Jacupiranga, que tem sua foz no Rio Ribeira de Iguape, a nordeste da área de estudo.

A cobertura vegetal na área é parcialmente preservada com mata natural, fazendo parte do Parque Estadual de Jacupiranga. Porém, na área predominam pastagens não-cultivadas e culturas localizadas de banana e chá, que avançam significativamente sobre as áreas do Parque.

1.4 Métodos utilizados

Os métodos utilizados neste trabalho partiram de estudos geológicos convencionais, passando por estudos de geocronologia e de metamorfismo, procurando chegar a um modelo geológico evolutivo para a área.

1.4.1 Estudos geológicos convencionais

O trabalho foi iniciado com um levantamento bibliográfico da área, procurando entender seu estado de conhecimento geológico e seu contexto geotectônico.

Posteriormente realizou-se visita de reconhecimento da área e de seus limites geográficos, utilizando-se as seguintes cartas topográficas do IBGE: Rio Guarau (SG.22-X-B-VI-4 / MI-2828-4) e Rio Turvo (SG.22-X-B-VI-3 / MI-2828-3), ambas na escala 1:50.000, datadas de 1987. Nesta incursão, procurou-se identificar as principais unidades geológicas pré-cambrianas que afloram na área.

A seguir desenvolveram-se, em escritório, trabalhos de fotointerpretação geológica e de estruturas, utilizando-se imagem de satélite Landsat em 1:100.000 e fotos aéreas na escala 1:35.000 do levantamento realizado pela Terrafoto em 1989.

Seguiram-se etapas consecutivas de campo com a elaboração de perfis geológicos transversais às estruturas observadas na fotointerpretação, de coleta de amostras para geocronologia, petrografia, e o tratamento dos dados estruturais.

Trabalhos laboratoriais foram realizados com a seleção de amostras para a geocronologia e petrografia. Para as datações radiométricas utilizou-se os métodos Rb/Sr e K/Ar. Descrições de lâminas delgadas foram realizadas procurando definir a petrografia e as paragêneses minerais envolvidas.

As unidades geológicas foram então posicionadas estratigraficamente, a partir dos resultados obtidos, e representadas em mapa geológico-estrutural.

1.4.2 Estudos geocronológicos

Foram realizadas coletas de amostras para geocronologia em 7 pontos da área de estudo, pelos métodos K/Ar e Rb/Sr, descritos a seguir.

1.4.2.1 Datações pelo método K/Ar

O método K/Ar pode ser aplicado em uma grande variedade de minerais, pois o K é um dos elementos mais comuns na crosta terrestre, ocorrendo nas micas, feldspatos, leucita, glauconita, ilitas e outros.

O isótopo radioativo do potássio, o K^{40} , tem como um dos seus isótopos radiogênicos o Ar^{40} , que é um gás nobre, não se ligando aos átomos vizinhos, e ficando retido dentro da estrutura atômica dos minerais. Dada esta natureza, pode escapar do retículo cristalino com o aquecimento provocado por um evento metamórfico regional da ordem de 450 a 500°C nos anfibólios e da ordem de 250 a 300°C nas micas (CORDANI, 1980). Desta forma, as datações K/Ar costumam indicar, em áreas policíclicas, o resfriamento regional, pois em temperaturas baixas a mobilidade do Ar é quase desprezível (CORDANI *op cit*) quando inferiores a certos limites críticos.

O método K/Ar apresenta resultados bastante confiáveis tratando-se de terrenos que não sofreram reaquecimento por metamorfismo regional posterior a sua formação. Normalmente, nestes casos, o Ar é liberado do sistema e obtêm-se idades mais jovens. Por outro lado, também podem ser obtidas idades superiores às indicadas por amostras da mesma região, devido ao fenômeno de "degaseificação incompleta de argônio" (Cordani, *op cit*), quando o sistema é parcialmente aberto e algumas amostras apresentam datações mais antigas que o último evento metamórfico importante.

Devido a essas limitações, em terrenos de evolução policíclica é importante que sejam utilizados também outros métodos como Rb/Sr, Sm/Nd, U/Pb, Pb/Pb por exemplo.

Neste trabalho, as determinações pelo método K/Ar foram executadas em minerais separados, micas, anfibólios e feldspato. A técnica empregada para o método K/Ar foi descrita por THOMAZ FILHO & TORQUATO (1974).

1.4.2.2 Datações pelo método Rb/Sr

O rubídio é um metal alcalino que costuma substituir o potássio em muitos minerais, como feldspatos alcalinos e micas. O isótopo radioativo do rubídio é o Rb^{87} , que gera por decaimento radioativo Sr^{87} radiogênico, com raio iônico menor que do Rb^{87} , dotando-lhe de mobilidade potencial muito maior. Normalmente, o Sr^{87} acompanha o Ca no ciclo geoquímico, substituindo-o nos plagioclásios, anfibólios cálcicos e piroxênios.

A mobilidade do Sr nas fases potássicas torna possível o fenômeno de homogeneização isotópica, que ocorre quando a temperatura ultrapassa 250-300°C. O Sr migra por entre as fases minerais da rocha, sem escape como no caso do argônio, mantendo uma distribuição aproximadamente uniforme por toda a rocha, permitindo que suas relações ao nível de rocha total sejam mensuráveis e representativas. Esse fenômeno ocorre durante o resfriamento regional, da mesma forma que na metodologia do K/Ar.

O método Rb/Sr em rocha total fornece informações relativas a conjuntos cogenéticos que sofreram migmatização, metassomatismo, granitização, anatexia e metamorfismo de fácies anfibolito. A relação inicial ($\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$) indica, de modo grosseiro, a fonte do material, sendo que $\text{r.i.} > 0,705$ indicam fonte crustal e $\text{r.i.} < 0,705$ como fontes do manto superior ou crosta inferior.

O cálculo da idade utiliza como referência o isótopo Sr^{86} , e é feito através da equação (1) abaixo:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \left[\frac{1 + (\text{Sr}^{87} / \text{Sr}^{86})_p - (\text{Sr}^{87} / \text{Sr}^{86})_i}{(\text{Rb}^{87} / \text{Sr}^{86})} \right] \quad (1)$$

em que a relação $(\text{Sr}^{87} / \text{Sr}^{86})_p$ é medida diretamente no material; a relação $(\text{Sr}^{87} / \text{Sr}^{86})_i$ refere-se à composição inicial isotópica do Sr no sistema, t é a idade e λ é a constante de desintegração do Rb^{87} , que é de $1,42 \times 10^{-11} \text{ anos}^{-1}$. Rb^{87} e Sr^{86} são calculados a partir de determinações absolutas.

As idades aparentes Rb/Sr são significativamente representativas quando os valores medidos são bastante diferentes da razão inicial assumida (Cordani *op cit*)

Essas idades são plotadas em um diagrama isocrônico, pois a equação (1) acima pode ser expressa na forma de uma equação $y = ax + b$, onde b significa a razão inicial $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$, no caso de amostras reconhecidamente cogenéticas alinhadas em uma reta, cuja inclinação fornece a idade da rocha. Neste caso, amostras cogenéticas possuem a mesma razão inicial, e sua inclinação no gráfico fornece a idade de formação da rocha, se não ocorreram homogeneizações isotópicas posteriores.

A determinação dos componentes medidos foi feita de acordo com os procedimentos do Centro de Pesquisas Geocronológicas, de Kawashita *et al* (1974).

Após a fase inicial referente às operações de fragmentação, britagem e moagem, as amostras foram levadas, para dosagem por fluorescência de Raios X, no aparelho de marca Philips com tubo de tungstênio (W). Os cálculos dos teores em Rb e Sr foram feitos por microcomputador através dos métodos de Willianson (1968).

1.4.3 Estudo do metamorfismo e da geologia estrutural

O metamorfismo da área de estudo foi abordado em três fases de trabalho. A primeira fase contou com uma pesquisa bibliográfica abordando as principais classificações mais utilizadas na literatura.

A segunda fase consistiu essencialmente em descrições petrográficas de lâminas delgadas de cada unidade observada na área, com o objetivo de procurar paragêneses minerais

representativas, minerais índices e microestruturas que indicassem as possíveis condições de temperatura e pressão durante o metamorfismo.

A terceira fase procurou integrar os dados observados na petrografia, classificá-los de acordo com a literatura, e por fim, sintetizá-los nos seus limites mínimos e máximos de temperatura e pressão, e os vetores de crescimento do metamorfismo regional

Os dados estruturais foram analisados a partir da elaboração de diagramas de Schimdt-Lambert e de Igual-área, contendo orientações de planos de xistosidade, planos axiais, eixos de dobramento e lineações minerais medidos em campo.

1.4.4 Posicionamento Estratigráfico e elaboração do mapa geológico-estrutural

Os resultados obtidos neste estudo foram integrados, procurando-se definir o melhor posicionamento estratigráfico para as rochas da região.

O mapa geológico-estrutural foi elaborado a partir das descrições dos pontos visitados em campo e da compilação de trabalhos anteriores. O mapa de base cartográfica foi digitalizado na escala 1:10.000, sobre os quais foram adicionados os dados geológicos em 1:35.000, com apresentação final na escala 1:50.000.

Finalmente foram feitas considerações sobre a evolução geológica da área, a partir dos dados de geologia estrutural, da análise do metamorfismo e da geocronologia.

2. HISTÓRICO DOS TRABALHOS

A referida área fez parte das incursões do início do século XIX, onde a primeira investigação geológica no Pré-Cambriano Brasileiro foi feita por Martim Francisco Ribeiro de Andrada, de 1803 a 1805, na então denominada Província de São Paulo. Mais tarde DERBY, em 1878, definiu a "Série Assunguy", como uma seqüência de metassedimentos que vai desde o leste paranaense até o sul de São Paulo. Posteriormente, Oliveira (1916, 1925, 1927 "in" CAMPANHA, 1992) englobou na "Série Assunguy" de DERBY os metamorfitos localizados a W e NW da cidade de Curitiba, de idade ordoviciana, separados de um embasamento Arqueano. MARINI *et al* (1967) caracterizaram a Série Açungui como Grupo Açungui.

Em 1967, Cordani & Bittencourt apresentam as primeiras determinações de idade K/Ar para a região, com datações do denominado Complexo Migmatítico Indiferenciado, considerado como o embasamento do Açungui, e do Granito Guaraú.

Os autores definiram que as rochas do Complexo Migmatítico Indiferenciado, que constituiria o embasamento do geossinclinal Açungui, aflorariam em núcleos de anticlinórios indicando idade mínima de 1.400 m.a. para os ciclos orogenéticos anteriores que deram origem ao Cinturão Paraíba de EBERT (1957, "in" Cordani & Kawashita, 1971). A sedimentação do Açungui seria anterior a 650 m.a., com a fase orogenética principal ocorrida entre 600 e 650 m.a., acompanhada da colocação de granitos sintectônicos. Os eventos metamórficos da formação dos metassedimentos estariam entre 650 e 450 m.a., os granitos tardi-tectônicos apresentariam idades próximas de 590 m.a. e granitos pós-tectônicos em diversos períodos entre 500 e 580 m.a.. O Granito Guaraú foi considerado por esses autores como pós-tectônico, apresentando idade próxima de 500 m.a.. Os autores ressaltam que essas datações podem estar rejuvenescidas por eventos metamórficos posteriores à formação desta rochas.

Em 1969, PETRI & SUGUIO estudaram os metassedimentos do Grupo Açungui que afloram na região de Eldorado e Apiaí e concluíram que a sedimentação destas rochas deu-se em uma bacia marinha, com a borda a norte e a oeste, "em faixa situada entre as atuais cidades de Bonsucesso e Itararé e desta alongando-se em direção NE-SW, atingindo Brancal a NE,

poucos quilômetros ao sul de Itapeva, e Itaiacoca a SW, alguns quilômetros a ESE de Ponta Grossa, PR; sendo parte desta área formada em ambiente misto de planície de maré. Para S e E os metassedimentos foram depositados em mares de profundidade cada vez maior, que não ultrapassaram os limites da plataforma continental ". Desta forma a área fonte continental teria sido a noroeste

CORDANI & KAWASHITA (1971) apresentam um estudo pelo método Rb/Sr nas rochas graníticas intrusivas no Grupo Açungui. Nesse trabalho os autores já utilizaram a terminologia de ALMEIDA *et al* (1973), ainda em fase de elaboração na época, de Cinturão Orogênico Ribeira, no qual o Grupo Açungui já estaria inserido, em substituição ao termo Cinturão Paraíba de EBERT (*op cit*). A razão para tal mudança deveu-se ao fato de DELHAL *et al* (1967) mostraram que as rochas da Fm. Paraíba de EBERT (*op cit*) eram mais antigas que os eventos do ciclo brasileiro e pertenciam, na verdade, ao embasamento do cinturão. CORDANI & KAWASHITA (1971) tentaram caracterizar alguns eventos formadores de rochas graníticas associados ao Grupo Açungui. Para a área de interesse deste trabalho, cabe destacar a datação do Granito Guaraú, com 559 ± 40 m.a. sendo considerado pelos autores como pós-tectônico à formação do Grupo Açungui. Os autores ressaltam a importância da precisão analítica das medidas que proporcionaram a datação de 560 m.a. como a idade da fase pós-tectônica principal do Grupo Açungui (e o Granito Guarau localiza-se exatamente nesta faixa). Os autores acrescentam que as relações iniciais Sr^{87}/Sr^{86} das isócronas apresentadas não diferem muito de valor, ficando próximas de 0,71, sugerindo a formação dos magmas graníticos a partir do próprio cinturão orogênico, com considerável adição de material vulcânico, provavelmente separado do manto superior durante os primeiros estágios da evolução da unidade. Os valores apresentados pelos autores neste trabalho concordam com os datações K/Ar de CORDANI & BITTENCOURT (1967).

Até essa época, as rochas da região do Alto Rio Jacupiranguinha estavam classificadas, em parte, como pertencendo aos metassedimentos do Grupo Açungui (micaxistos) e parte, ao Complexo Migmatítico Indiferenciado ou Complexo Cristalino (gnaisse e migmatitos), que eram considerados como embasamento do Açungui, dentro do Cinturão Orogênico Ribeira de ALMEIDA *et al* (1973). Coube a MELCHER *et al* (1973) levantarem a hipótese de que essas rochas gnáissicas, localizadas próximo à rodovia BR-116, pertencentes ao Complexo Migmatítico Indiferenciado, representariam material cogenético ao Grupo Açungui

s.s. apenas metamorfoisado em grau mais alto. Os autores levantaram tal possibilidade por observarem uma passagem gradual dos filitos e micaxistos do Grupo Assungui com os gnaisses do Complexo Migmatítico Indiferenciado, e, em particular, pelas intercalações de rochas carbonáticas nessas rochas gnáissicas e migmatíticas.

MELCHER *et al* (*op cit*) descrevem os micaxistos do Grupo Açungui na área com estruturas porfiroblásticas freqüentes, com estratificação ainda reconhecível pela alternância de leitos claros e escuros, devido a maior ou menor riqueza em quartzo ou por variações de granulação. Como se tratam de rochas constituídas essencialmente por quartzo e muscovita, os autores destacam a presença de granada e estaurolita, sendo granada, biotita e estaurolita os porfiroblastos mais comuns. Granada assume, na maior parte das vezes, caráter poiquiloblástico com quartzo e opacos como inclusões. Para as rochas gnáissicas e migmatíticas do Complexo Migmatítico Indiferenciado, os autores identificaram dois tipos de migmatitos: "os migmatitos homogêneos (гнаisses leucocráticos), de bandamento ausente, irregular ou difuso, freqüentemente granoblásticos, e portadores de espessas bandas quartzofeldspáticas, que se acham separadas por delgados leitos de biotita; e migmatitos heterogêneos (гнаisses fitados), com bandamento pronunciado, portadores de espessura geralmente centimétrica, e mostrando por vezes dobramentos ptigmáticos. Ocorrem, subordinadamente, segundo os autores, intercalações de anfíbolitos e anfíbolio xistos". Os autores avaliam também o grau metamórfico do Grupo Açungui, estimando-o na fácies Xisto Verde de TURNER (1968), dada a presença de estruturas sedimentares preservadas e pelas paragêneses constituídas por quartzo-muscovita, quartzo-muscovita-clorita nos xistos e filitos (a NW da área de interesse) e carbonatos-quartzo, carbonatos-quartzo-muscovita, carbonatos-muscovita nas seqüências carbonáticas (também a NW da área de interesse) e actinolita-albita-epídoto na seqüência básica (dispersa por toda a área). Os autores constatarem o crescimento do grau metamórfico de NW para SE, ou seja, de Bonsucesso para Jacupiranga.. A região do Alto Rio Jacupiranguinha encontra-se a sudeste da área trabalhada por esses autores, representando, com o desenvolvimento de minerais aluminosos como biotita, granada, estaurolita e cianita, grau metamórfico mais elevado, chegando ao fácies Anfíbolito de TURNER (1968). Neste caso, ocorrem as paragêneses dos micaxistos como quartzo-biotita (granada-estaurolita), quartzo-feldspato-biotita (hornblenda),

sendo K-feldspato microclínio e o plagioclásio da ordem do oligoclásio, e nas seqüências básicas ocorre a paragênese hornblenda-andesina.

Ao mesmo tempo em que se discutia o posicionamento estratigráfico do Grupo Açungui, em São Paulo, no Estado do Paraná, discutia-se o posicionamento estratigráfico da Formação Setuva, definida por BIGARELLA E SALAMUNI (1956), que trabalharam nas regiões de Setuva, Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul. A Formação Setuva constituiria o núcleo de uma anticlinal na localidade de Santaria, PR, formada por sericita-quartzitos, quartzitos e filitos, com o núcleo da anticlinal intrudida por granito-pórfito, que nas suas proximidades apresenta anfíbolitos, biotita xistos e rochas de textura gnáissica. Mais tarde, essas rochas da Formação Setuva seriam correlacionadas às da área de estudo deste trabalho.

MARINI *ET AL* (1967), SALAMUNI E BIGARELLA (1967a,b), FUCK *ET AL* (1969) posicionaram a Fm. Setuva na base do Grupo Açungui em quatro núcleos distintos: Betara, Setuva-Bocaina, Anta Gorda e Ouro Fino. PETRI & SUGUIO (1969), MARINI (1970) e FUCK *et al* (1971), consideram a Fm. Setuva como desvinculada do Grupo Açungui, com posicionamento estratigráfico entre o Complexo Gnáissico Migmatítico e o referido Grupo. EBERT (1971) separa os gnaisses da Fm. Setuva denominando-os de Formação Pré-Setuva, desvinculada e mais antiga que o Grupo Açungui, com a unidade basal Formação Setuva, constituída apenas pelos micaxistos e quartzitos.

HASUI *et al* (1975) fazem uma diferenciação tectônica regional de todo o Cinturão Ribeira, que vai desde o Uruguai até a Bahia, ao longo da região costeira. Os autores identificam um *Segmento Setentrional*, definido pela Faixa Dobrada Paraíba do Sul, do Transamazônico (1800-2200 m.a.) remobilizada no Brasiliano (451-650 m.a.), e pela infra-estrutura da Faixa Dobrada Ribeira, formada neste último ciclo; e um *Segmento Meridional* mais complexo, que se diferencia de NW para SE, constituído pelo Sistema Dobrado Apiaí, o Maciço Mediando Joinville, o Sistema Dobrado Tijucas, o Maciço Dobrado Tijucas, o maciço Dobrado Pelotas e o Maciço Dobrado Uruguai Oriental. Assim, os sistemas de dobramentos seriam formados por rochas ectiníticas da fácies xisto verde a anfíbolitos, por vezes migmatizados. O Maciço Mediano de Joinville abrigaria as rochas da região do Alto Rio Jacupiranguinha, sendo formado por seqüências gnáissico-migmatíticas, em boa parte Brasileira e de consolidação precoce. O

Maciço Mediano de Joinville funcionaria então como área fonte do Grupo Assungui, tendo sofrido ação de processos termomecânicos posteriores, a começar pelo Brasileiro, e seria sítio de depósitos vulcano-sedimentares finais destes processos. Dentro deste contexto, o referido Maciço separaria as Faixas Dobradas Apiaí e Tijucas. Trabalhos que corroboram com HASUI *et al* (*op cit*) foram os de CARNEIRO *et al* (1974) e HASUI & SADOWSKI (1976).

BATTOLA JR *et al* (1977), trabalhando em área a sudoeste da área de estudo, apresentam datações radiométricas K/Ar e Rb/Sr para rochas do leste do Paraná. Amostras coletadas em gnaisses da Formação Setuva na região norte de Bocaiúva do Sul, PR, forneceram idade isocrônica de 1.395 ± 145 m.a., enquanto que em charnoquitos do Complexo Gnáissico Migmatítico os autores obtiveram de 1030 ± 12 m.a. a 2.715 ± 15 m.a. para datações K/Ar em feldspatos, e em migmatitos dessa mesma unidade apresentaram idade convencional de 1.535 ± 80 m.a. e 1.730 ± 100 m.a. no neossoma do migmatito e de 680 ± 10 em anfibólio de migmatito. A partir destes dados, os autores concluíram que o Complexo Gnáissico Migmatítico apresenta núcleos mais velhos, possivelmente do Arqueano Médio. O diagrama isocrônico indicou, segundo os autores, que as rochas do Complexo Gnáissico Migmatítico sofreram metassomatismo por volta de 1.400 m.a., e foram submetidas aos efeitos do Ciclo Brasileiro. As idades convencionais Rb/Sr revelaram que os gnaisses da Formação Setuva e os neossomas do Complexo Gnáissico Migmatítico ter-se-iam originado no Transamazônico, ambas as unidades sendo anteriores ao Grupo Açungui. O padrão radiométrico indica, segundo os autores, que a Formação Setuva seria produto de retrabalhamento crustal do antigo embasamento.

POPP *et al* (1979) elevaram a Fm. Setuva a Grupo Setuva, com as Formações Betara (composta de quartzitos e micaxistos) e Meia Lua (composta pelos gnaisses).

SCHÖLL *et al* (1980) estudando a região do anticlinal do Setuva, em Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul, PR, subdividem o Complexo Pré-Setuva, dentro do anticlinal, em paragneisses e migmatitos, considerando essa unidade, a Formação Setuva e o Grupo Açungui como correspondentes a três ciclos geotectônicos, evidenciado pelas diferenças estruturais e metamórficas.

Em 1981, surge na literatura o primeiro trabalho que, embora de âmbito regional, procura definir crono-litoestratigraficamente as rochas da Região do Alto Rio Jacupiranguinha. Em levantamento realizado pela CPRM, SILVA & ALGARTE (1981a,b) definiram as rochas da área deste estudo como "Seqüência Turvo Cajati". Os autores descrevem uma associação ectinítica (subdividida em três subseqüências: a Subseqüência Cajati, a Subseqüência Turvo-Areado e a Subseqüência Capela do Cedro) com feldspatização e migmatização incipientes, uma outra de natureza gnáissica migmatizada predominante (os Gnaisses Bandados Serra do Azeite) e uma subseqüência eminentemente migmatítica (a Subseqüência Migmatítica).

A associação ectinítica seria constituída da Subseqüência Cajati formada por metapelitos como micaxistos, quartzos xistos, granada xistos com quartzitos e metassiltitos, ardósias, filitos, mármore, metabasitos e metaultrabasitos; a Subseqüência Turvo Areado, formada por metapsamitos como quartzitos, metarcóseos com intercalações de quartzos xistos; e a Subseqüência Capela do Cedro, formada por metacarbonáticas como mármore dolomítico, calcítico com intercalações de xistos, quartzitos e rochas calciossilicatadas. Os Gnaisses Bandados Serra do Azeite seriam constituídos por biotita gnaisses bandados com intercalações subordinadas de mármore dolomítico, calciossilicatadas, anfíbolitos, metaultrabasitos, quartzitos e xistos. A Subseqüência Migmatítica seria formada por migmatitos heterogêneos de estruturas variadas, com predominância de estromatitos e por migmatitos homogêneos, diatexitos e/ou anatexitos com núcleos granitóides esparsos. Para esses autores a Seqüência Turvo Cajati localizar-se-ia no sul e sudeste do Estado de São Paulo apenas atingindo o extremo este-nordeste do Paraná, estando distribuída pelas regiões sudeste da Folha Apiaí, central da folha Eldorado Paulista, oeste-noroeste da Folha Cananéia, na escala 1:100.000. Ficaria então localizada entre o Rio Pardo, lineamentos Itapeúna-Ribeira, Rio Ribeira de Iguape (a leste de Pariquera-Açu) e a Ilha do Cardoso. Os autores posicionaram a referida seqüência no Proterozóico Inferior, balizando-se pela datação K/Ar de CORDANI & BITTENCOURT (1967) de 1.380 m.a. como idade mínima da seqüência. Atestam também para o metamorfismo a fácies Xisto Verde a Anfíbolito Alto, com retrometamorfismo generalizado. Segundo os autores, o padrão das foliações respeitam orientação E-W da fase de dobramentos do Transamazônico e NE-SW do Brasileiro superimposta nas anteriores.

TAKAHASHI *et al* (1981) e SILVA *et al* (1982) admitem o limite entre os Grupos Açungui e Setuva, propondo que Fm. Pré-Setuva de EBERT (1971) fosse denominada Grupo Setuva e a Fm. Setuva de EBERT (*op cit*), de Seqüência Perau, dentro do Grupo Açungui.

SCHÖLL *et al* (1982) apresentam a seguinte coluna litoestratigráfica para a Formação Setuva, da base para o topo: seqüência clástica carbonatada basal, seqüência química inferior, seqüência química superior a clastoquímica e seqüência vulcano-sedimentar. A seqüência basal corresponde à Fm. Pré-Setuva de EBERT (*op cit*), ao Grupo Setuva de TAKAHASHI *et al* (1981) e SILVA *et al* (1982), ao Complexo Pré-Setuva de Fritzsons *et al* (1982) e as demais à Fm. Setuva de EBERT (*op cit*), à Seqüência Perau de TAKAHASHI *et al* (*op cit*) e SILVA *et al* (*op cit*), à Formação Perau de FRITZSONS *et al* (*op cit*) e Formação Açungui I de MMAJ-JICA (1981,1982).

A Carta Geológica do Brasil em 1:2.500.000 (SCHOBENHAUS FILHO *et al*, 1984), considerando que na "Seqüência Turvo Cajati" de SILVA & ALGARTE (1981a,b) as relações estratigráficas não seriam claras o suficiente, prevalecendo o enfoque litológico sobre o estratigráfico, propõem a denominação Complexo Turvo Cajati, termo utilizado também por BISTRICH *et al* (1981), ambos adotando o posicionamento desta seqüência no Proterozóico Inferior.

CAMPOS NETO (1983b) estudou mais pormenorizadamente as rochas da região do Alto Rio Jacupiranguinha, com enfoque para as relações estruturais e estratigráficas, em mapeamento na escala 1:100.000. O autor define, paralelamente outras associações litoestratigráficas, com base em critérios metamórficos e estruturais, denominadas Associação de Rochas Verdes, Associação Alto Jacupiranguinha e Associação Cajati. Essas associações são descritas a seguir:

a) Associação Cajati - Refere-se aos xistos rítmicos, metagrauvascas, quartzitos, anfíbolitos e filitos, encontrados sob o cavalgamento da Associação Alto Jacupiranguinha. O autor define duas unidades dentro desta associação :

aa) Leitões Metassedimentares Imaturos Basais, exibindo, da base para o topo, meta-ritmito turmalínífero com alternância de bandas de metassiltito arcoseano, muscovita-biotita-quartzo xisto, e quartzito fino; metagrauvascas quartzosas a muscovita, clorita e biotita; quartzititos a biotita alternados com muscovita-quartzo xistos localmente encontrados no topo.

- ab) Leitos Metassedimentares Maturos Superiores, que possuem da base para o topo ortoquartzitos alternados com anfibolitos e clorita xistos, um pacote de filitos sedosos com níveis pretos carbonosos e níveis rítmicos sericito quartzosos no topo;
- b) Associação de Rochas Verdes - Predomina xisto esverdeado com clorita, biotita e quartzo com intercalções de anfibolitos e níveis carbonáticos a epidotos, tremolita e antofilita. São sobrepostos por um metaparaconglomerado oligomítico. Encontram-se também anfibolitos na base dos xistos, junto a corpos de granitóides foliados e localmente porfiróides;
- c) Associação Alto Jacupiranguinha - São características desta associação a presença de boudinages de anfibolito com dimensões variadas, a presença de ortognaisses concordantes e de composição intermediária e uma intensa migmatização. O autor define nesta associação três unidades, a saber: a *Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado*, que possui da base para o topo biotita-hornblenda gnaisse; biotita-hornblenda gnaisse quartzoso ; anfibolito verde escuro foliado alternado com anfibólio gnaisse; biotita-hornblenda gnaisse com intercalações locais de calcossilicáticas; biotita gnaisses bandados; a *Unidade dos Gnaisses Capelinha*, que se encontra tectonicamente sobre os xistos Forquilha a norte e está sotoposta, normalmente, por estes a sul.. Dentro desta unidade, o autor ainda subdivide-a em duas subunidades litoestratigráficas: os Gnaisses Bandados Basais com perfeita alternância composicional em bandas ricas em hornblenda ou biotita e bandas quartzo-feldspáticas, gnaisses graníticos róseos e biotita gnaisses homogêneos intercalando-se localmente; e os Gnaisses Migmatíticos Superiores, que ocorrem na forma de migmatitos estromáticos transpostos do flanco norte invertido, ricos em biotita e hornblenda e migmatitos ocelares cortados localmente por corpos diatexiticos gnaissificados; e a *Unidade dos Xistos Forquilha*, superior, sendo definida pela predominância de biotita-muscovita-quartzo xisto, a porfiroblastos de granada poiquilítica, dolomitos brancos , anfibolitos e biotita gnaisses, com veios de pegmatitos concordantes. Para o autor, a Associação Alto Jacupiranguinha teria idade pré-Brasiliana, fora do Grupo Açungui, e as Associações das Rochas Verdes e Cajati seriam brasileiras (Pré-Cambriano Superior), ambas dentro do Açungui.

CHIODI FILHO (1984) propõe que a "Seqüência Turvo Cajati" de SILVA & ALGARTE (1981a,b) sejam integradas ao Grupo Setuva, junto com as Formações Perau e correlatos, Água Clara e Itaiacoca, no Proterozóico Médio. O autor apresenta as rochas da região do Alto Rio

Jacupiranguinha como pertencentes ao embasamento pré-Setuva a sul, com a Seqüência Turvo Cajati a norte. Segundo o modelo de evolução tectônica apresentado, a Seqüência Turvo Cajati ter-se-ia depositado no Proterozóico Médio, submetida a um evento rift-sinéclise no Proterozóico Médio-Superior, com a deposição do Açungui. No Proterozóico Superior-Eopaleozóico, teriam ocorrido eventos deformacionais com a colocação dos corpos graníticos.

ALMEIDA & HASUI (1984) consideram a Seqüência Turvo Cajati de SILVA & ALGARTE (1981a,b) como Unidade Turvo Cajati dentro do Complexo Setuva, uma vez que, segundo os autores, não há elementos suficientes para deslindar as diferentes características petrográficas dessas rochas quanto a formação e grupo. A Formação São Sebastião DE VEIGA E SALOMÃO (1980) e a Seqüência Perau de SILVA *et al* (1981) também são incluídas no Complexo Setuva, com posicionamento estratigráfico no Proterozóico Inferior, como janelas dentro do Grupo Açungui.

CAMPANHA *et al* (1986) trabalhando nas folhas Iporanga e Gruta do Diabo, adotam a denominação de Complexo Setuva, com as Seqüências Turvo Areado e Cajati, no sentido aproximado às subseqüências definidas por SILVA & ALGARTE (1981a,b), e seqüências Serra das Andorinhas e Serra da Bandeira. O posicionamento estratigráfico do Complexo Setuva foi considerado como sendo entre o Arqueano e o Proterozóico Médio.

OLIVEIRA *et al* (1987) descreveram detalhadamente parte do Granito Guaraú, subdividindo-o em duas unidades denominadas informalmente de Desembarque e Azeite. A primeira com características de granito 3A (IUGS, 1973, "in" OLIVEIRA *op cit*) e a segunda no campo do granito 2 (mesopertitas granitos) com granitos 3A subordinados. O Granito Guaraú é interpretado pelos autores como pertencentes ao grupo dos granitos alcalinos e peralcalinos, do Tipo A intraplacas de White (1979, "in" OLIVEIRA *op cit*). Os autores consideram o Granito Guaraú como sendo do Proterozóico Superior-Cambriano.

ZIMBRES *et al* (1990) elaboraram um modelo histórico para o soerguimento no eixo central da Faixa Ribeira (ALMEIDA *et al*, 1973), que vai desde São Paulo pela região litorânea até o Espírito Santo. Baseados em datações K/Ar, os autores sugerem que a "redução gradativa das idades coletadas em biotitas da borda noroeste para o centro da Faixa é explicada por diferenças no soerguimento regional simultâneo à denudação", de forma que as rochas teriam atravessado a

isoterma de 310°C (temperatura de bloqueio do Ar pela biotita) em momentos distintos, com taxas variáveis de soerguimento durante o tempo geológico. Essas taxas foram calculadas pelos autores como sendo de 77,3 m/m.a. no intervalo de 571 m.a. a 474m.a.; 15,6 m/m.a. no intervalo de 474m.a. a 110 m.a.; e 34,5 m/m.a. de 110 m.a. até o presente.

HASUI *et al* (1993a, b, 1994) redefinem a área deste trabalho dentro de uma reestruturação do Pré-Cambriano de São Paulo. Os autores consideram, para a área específica deste trabalho, o Grupo Setuva na porção norte e Complexo Ubatuba-Itatins no centro e sul, para a Seqüência Turvo Cajati de SILVA & ALGARTE (1981a,b). Os autores propõem a evolução geológica em quatro episódios tectônicos principais. O primeiro episódio teria ocorrido em tempos Pré-Cambrianos antigos na forma de cavalgamentos de leste para oeste, com desmembramentos de litotipos, deslocamentos e empilhamentos de lascas, gerando um cinturão compressivo. No final deste processo ocorreria conseqüentemente o bloqueio do empilhamento de lascas, fazendo com que os alívios de tensão se desse por transcorrências de direção NE-SW de tipo dextral, formando um cinturão transcorrente. Os alívios finais de tensão formariam ondulações e juntas de altos mergulhos.

O segundo episódio teria ocorrido no início do Paleozóico, com geração de intrusões granitóides e da bacia onde se depositou a Formação Quatis. O terceiro episódio corresponderia à Reativação Wealdeniana de Almeida (1969), e o quarto corresponde aos eventos da Neotectônica.

CAMPANHA & SADOWSKI (1994) sugerem um modelo tectônico para a Faixa Ribeira com o sistema de cisalhamento de inicial de baixo ângulo e transcorrente tardio gerando "terrenos suspeitos", justapondo blocos alóctones tectonicamente. Os autores distinguem três grandes domínios paleogeográficos homogêneos dentro do Sistema de Dobramentos Apiaí de HASUI *et al* (1975). Na porção sudeste deste sistema, os autores descrevem uma plataforma carbonática de águas rasas, associada a pacotes terrígenos e vulcanitos, composta das Formações Capiçu e Setuva, e Seqüência Turvo Cajati, geralmente com contatos tectônicos com o embasamento gnáissico-migmatítico do Maciço de Joinvile. Desta forma, a evolução tectônica das supracrustais do Sistema de Dobramento Apiaí foi caracterizada por rifteamento, abertura oceânica, formação de arcos de ilhas e colisão arco de ilhas com bloco continental, no

Proterozóico Médio. No Brasileiro, teria ocorrido magmatismo associado à subducção vinculada ao Cinturão Dom Feliciano, seguido de colisões com massas cratônicas e terrenos suspeitos de vindos de SE, relacionado com a evolução do Oceano Adamastor.

Há uma grande polêmica em torno da evolução das rochas objeto de estudo deste trabalho. Os posicionamentos atribuídos à Sequência Turvo-Cajati e Grupo Setuva carecem de dados mais elucidativos, como mapeamentos de detalhe, datações radiométricas por diferentes métodos, estudos de análise estrutural e metamórfica específicos, geoquímica, etc. Nota-se uma grande variedade de nomes e nomenclaturas (sequência, subsequência, formação, grupo, complexo) que dificultam o entendimento da geologia da região.

Os modelos tectônico-evolutivos são muitos e geralmente incluem a referida área como parte integrante de sistemas maiores, de âmbito regional, que acabam por desconsiderar características mais específicas das rochas aqui focalizadas.

3. GEOLOGIA LOCAL

A geologia da área de estudo foi pesquisada por diversos autores, com destaque para os trabalhos de SILVA & ALGARTE (1981a,b) e CAMPOS NETO (1983b). Esses autores procuraram definir mais pormenorizadamente a estratigrafia e a evolução da seqüência metassedimentar que aflora na região do Alto Rio Jacupiranguinha. Os autores trabalharam na escala 1:100.000; neste trabalho porém, procurou-se uma escala menor, da ordem de 1:50.000. O mapa geológico apresentado neste trabalho foi elaborado a partir de uma compilação dos mapas desses autores, com modificações julgadas relevantes, apoiadas em observações de campo realizadas na área.

Devido à variedade de litologias e às denominações utilizadas por esses autores, não se definiu nenhum outro termo ou denominação adicional neste trabalho, com o objetivo de não gerar excessos de nomes para as unidades já conhecidas na literatura. Assim, o mapa geológico apresenta os litotipos observados, as denominações dos autores citados às unidades e as adotadas neste trabalho.

As unidades definidas por SILVA & ALGARTE (1981a,b) e CAMPOS NETO (1983b) são apresentadas na TABELA 3.1. Esses autores definiram a seqüência metassedimentar de forma distinta, com empilhamentos estratigráficos bastante diferentes, apoiados nas relações estruturais e metamórficas que observaram. Neste trabalho, foram identificadas as litologias e os contatos geológicos de ambos os autores, porém o mapa apresentado por CAMPOS NETO (*op cit*) foi escolhido como referência pelo fato de subdividir os Gnaisses Barra do Azeite de SILVA & ALGARTE (*op cit*) de forma compatível com a escala 1:50.000, aqui adotada. As litologias são descritas seguindo a compartimentação definida por CAMPOS NETO (*op cit*).

SILVA & ALGARTE (1981a,b)	CAMPOS NETO (1983b)		Litologias
Subseqüência Cajati (PI)	Associação Cajati (pCS)	Leitos metassedimentares imaturos	mica quartzo xistos, granada mica quartzo xistos, micaxistos e granada mica xistos
Migmatitos de paleossoma ectinítico (PI)	Associação Alto Jacupiranguinha (pB)	Unidade dos Xistos Forquilha	migmatitos de paleossoma ectinítico e mica xistos
Gnaisses Barra do Azeite (PI) (com a Subseqüência Capela do Cedro intercalada)	Associação das rochas verdes (pCS)	Granitóides foliados	granitóides foliados e granitos pórfiro
		clorita biotita quartzo xisto	clorita xistos, anfibolitos, níveis carbonáticos
	Associação Alto Jacupiranguinha (pB)	Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado (pB)	piroxênio biotita anfibólio gnaisses, granada biotita anfibólio gnaisses e intercalações de anfibolitos, cálciossilicáticas, meta-ultrabasitos, mármore, micaxistos, metagrauvacas calcíferas
	Associação Alto Jacupiranguinha (pB)- Unidade dos Gnaisses Capelinha (pB)	Subunidade dos gnaisses migmatíticos	migmatitos e diatexitos homogêneos, migmatitos com paleossomas de granada muscovita biotita quartzo xistos, sericita biotita clorita quartzo xistos
		Subunidade dos gnaisses bandados	biotita gnaisses, hornblenda gnaisses, gnaisses graníticos róseos

TABELA 3.1: Unidades definidas por SILVA & ALGARTE (1981a,b) e CAMPOS NETO (1983b) para a região de estudo. PI é Proterozóico Inferior, pCS é Pré-Cambriano Superior e pB é Pré-Brasiliano.

3.1 Associação Alto Jacupiranguinha

Esta associação é subdividida em três unidades descritas a seguir.

3.1.1 Unidade dos Gnaisses Capelinha

Essa unidade é subdivida em duas subunidades: Gnaisses Bandados e Gnaisses Migmatíticos.

A Subunidade dos Gnaisses Bandados apresenta gnaisses bandados com porfiroblastos de feldspato. Os bandamentos são leucocráticos e melanocráticos e possuem espessuras da ordem de 5 cm. O bandamento leucocrático é composto de quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e muscovita. O bandamento melanocrático é composto de biotita e anfibólio, com biotitas desenvolvidas de até 5cm, paralelas à foliação principal.

A Subunidade dos Gnaisses Migmatíticos apresenta migmatitos estromáticos, com bandas melanocráticas ricas em biotita e hornblenda. Localmente esses migmatitos passam a textura nebulítica e a hornblenda gnaisses. Essas rochas apresentam estrutura bandada, com bandamento leucocrático e melanocrático, e textura oftalmítica. O bandamento leucocrático é composto de quartzo e plagioclásio estirados, de granulação média fina. O bandamento melanocrático é composto de biotita e anfibólio de hábito prismático e orientados. Os porfiroblastos são de feldspato potássico e plagioclásio e apresentam orlas de pressão e extinção ondulante. Dobras intrafoliais apertadas e corpos lenticulares de anfibolito também são observados.

3.1.2 Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado

Os gnaisses apresentam-se na forma de hornblenda gnaisses, hornblenda biotita gnaisses, biotita gnaisses e gnaisses migmatíticos, com passagens graduais entre si. São bastante

abundantes na área e ocorrem numa faixa que vem de SW, passando pelo centro e indo para NW.

Biotita gnaisses ocorrem nesta unidade com a foliação principal levemente ondulada por dobras suaves com charneira rompida por veios de quartzo. Essas rochas apresentam estrutura bandada e textura granoblástica em bandas leucocráticas de quartzo, feldspato plagioclásio (andesina) sericitizado e com epídoto resultante de saussuritização. Nas bandas melanocráticas a textura é nematoblástica, com predomínio de biotita, com os acessórios titanita, opacos, zircão, apatita e carbonato, que ocorrem dispersos por toda a rocha. A biotita encontra-se cloritizada por retrometamorfismo, que também é evidenciado pelos opacos em torno da titanita e no seu núcleo. O epídoto deve ser do tipo alanita, uma vez que se observam efeitos de metamização provocando zoneamento da estrutura do mineral. A presença de Ca no sistema é evidente pela ocorrência de minerais como titanita, epídoto e carbonato. Ocorrem na Subunidade dos Gnaisses Barra do Queimado.

Intercalações de biotita xistos e de rochas metabásicas e veios de pegmatitos concordantes com a foliação principal são freqüentes.

Hornblenda-biotita gnaisses também ocorrem nesta unidade e apresentam textura nematoblástica e granoblástica, com hornblenda retrometamorfisada passando a biotita e eventualmente para epídoto. A biotita também apresenta reação semelhante, passando a clorita. O feldspato plagioclásio é da ordem da andesina e encontra-se, por vezes, saussuritizado, com sericita e epídoto (zoizita/clinozoizita). O quartzo ocorre recristalizado. Como acessórios, ocorrem zircão, titanita e opacos.

3.1.3 Unidade dos Xistos Forquilha

Esta unidade é composta por biotita quartzo xistos, muscovita quartzo xistos e metacalcários.

Os biotita quartzo xistos são finamente laminados, com dobras na foliação principal geradas por pequenos falhamentos inversos e dobras inversas, rompendo a foliação e veios de

quartzo concordantes com esta. A vergência desses esforços são de sul para norte. Bancos de metacalcários são freqüentes e concordantes com a foliação principal. Estruturas do tipo “mullion” são também observadas nessas rochas.

Os muscovita quartzo xistos apresentam quartzitos feldspáticos intercalados e corpos de pegmatitos em bolsões de até 1 metro aproximadamente.

Os metacalcários dão-se na forma de rochas calciossilicáticas e metamargas concordantes com a foliação principal. Os metacalcários apresentam estruturas “mullion” e veios ricos em tremolita. Variações ocorrem na forma de talco-tremolita mármores, talco mármores e tremolita mármores. Apresentam textura granoblástica e com a tremolita retrometamorfisada para talco.

3.2 Associação das Rochas Verdes

Esta unidade é subdividida em Clorita Biotita Quartzo Xistos e Granitóides Foliados. A primeira é constituída de biotita quartzo xistos com intercalações de quartzitos feldspáticos, rochas metabásicas e calciossilicáticas. Em veios quartzo-feldspáticos concordantes nos xistos notam-se dobramentos da foliação principal, com figuras em laço. Metagabros ocorrem com textura blastogranular, preservando ainda a textura granular da rocha ígnea pretérita, constituindo um metagabro. A mineralogia dessas rochas é composta de hornblenda com quartzo associado, epídoto, plagioclásio (oligoclásio), e traços de carbonato, opacos, apatita, zircão. O plagioclásio encontra-se bastante saussuritizado em epídoto, e em parte recristalizado para agregado granoblástico. A hornblenda ocorre em monocristais ou em agregados pseudomórficos, com piroxênio, e inclusões de quartzo na forma de gotas e opacos.

Os Granitóides Foliados ocorrem também nesta unidade, exibindo marcante cisalhamento com porfiroblastos de feldspato potássico. Essas rochas têm coloração rosa clara, com algumas porções avermelhadas ricas em feldspato potássico. São constituídas de quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e hornblenda. Localmente esses granitóides apresentam englobam pedaços de gnaisses migmatíticos.

Corpo de granito pórfiro ocorre nas cabeceiras do Rio Azeite, descrito por OLIVEIRA *et al* (1987) como álcali-granito pórfiro, com contato discordante com os xistos por intrusão e/ou falhamento.

3.3 Associação Cajati

Os xistos são os constituintes principais da sequência metassedimentar de Cajati. Eles variam em composição e intensidade de metamorfismo, indo desde mica xistos com presença de clorita, muscovita e biotita, até quartzo xistos e xistos com sillimanita e granada.

Esta unidade ocorre no norte da área de estudo, onde predominam biotita muscovita plagioclásio xistos, muscovita quartzo xistos com granada, biotita-muscovita-plagioclásio xisto e biotita muscovita plagioclásio xisto com sillimanita. Esses termos variam gradualmente entre si, mostrando tendência de aumento do grau metamórfico de NW para SE.

O exame microscópico dessas rochas mostrou que os biotita-muscovita-plagioclásio-xistos apresentam textura grano e lepidoblástica com estruturas reliquias do bandamento composicional de origem sedimentar. O bandamento é constituído de níveis de granulação grossa (cerca de 0,5 mm de diâmetro) até finas (0,1 a 0,2 mm de diâmetro). Os minerais constituintes são a biotita verde passando a clorita, a muscovita, o plagioclásio (oligoclásio) localmente sericitizado, quartzo, apatita, zircão e opacos. O bandamento é composto de muscovita, biotita com clorita, opacos, quartzo, plagioclásio, quartzo, apatita, opacos e zircão nas bandas grossas e plagioclásio recristalizado com contatos poligonizados, biotita, quartzo, apatita e zircão nas bandas finas. Bandas de granulação média também ocorrem com biotita como mica predominante. As micas estão deformadas e os grãos de quartzo também são afetados pela deformação, exibindo extinção ondulante. Normalmente essa litologia encontra-se bastante alterada pelo intemperismo.

Os muscovita-quartzo xistos com granada apresentam textura grano e lepidoblástica, com dobras de crenulação. Os minerais constituintes são muscovita, quartzo, granada, biotita, clorita, feldspato plagioclásio, apatita, titanita, turmalina, opacos. A granada apresenta-se na forma de pseudomorfos e com textura poiquilítica com inclusões de quartzo e opacos, por

vezes sendo substituída por clorita e argilominerais. Pelo conjunto dos minerais na seção delgada, a granada deve ser almandina, pois não ocorrem minerais com expressivos teores de Mg, Mn ou Ca. Os porfíblastos de granada são sin e pós-cinmáticas. O plagioclásio (oligoclásio) ocorre bastante sericitizado. Por efeito do retrometamorfismo, a biotita encontra-se bastante cloritizada.

Os biotita-muscovita-plagioclásio xisto com sillimanita apresentam textura grano e lepidoblástica, com bandas de quartzo com sillimanita com hábito fibroso (fibrolita), deformada junto com o quartzo. A mineralogia é composta de biotita avermelhada, muscovita como produto de retrometamorfismo da biotita, fibrolita, quartzo, plagioclásio (oligoclásio), turmalina, zircão, opacos e epidoto. A deformação no quartzo e na sillimanita (fibrolita) indica que esses minerais são anteriores ao evento deformacional.

3.4 Granito Guaraú

O batólito Guarau aflora em toda a parte oriental da área de estudo. Segundo MORGENTHAU *et al* (1975) seus contatos são nítidos e discordantes com as encaixantes, sobre os quais os autores atribuíram caráter ora intrusivo ora tectônico. OLIVEIRA *et al* (*op cit*), baseados em características texturais individualizaram esse maciço em dois tipos faciológicos distintos, os quais denominaram informalmente de Unidades Desembarque e Azeite. A primeira, composta de granitos equigranulares de granulação média fina, de coloração cinza claro, e a segunda de granitos equigranulares de granulação média a grossa, de coloração rósea.

3.5 Sedimentos quaternários

Sedimentos inconsolidados ocorrem ao longo das principais drenagens da região, como no Rio Jacupiranginha, e seus tributários. Constituem-se de areias inconsolidadas de granulação variável, cascalhos, siltes e argilas, em depósitos de calha e terraços (BISTRICH *et al* ,

1981). Sedimentos elúvio-coluvionares de encostas são bastante freqüentes, com seixos angulosos e matacões em matriz areno-argilosa

4. METAMORFISMO

Neste capítulo são apresentados as principais classificações que definem as nomenclaturas mais utilizadas. Em seguida, apresentam-se os resultados da petrografia, a interpretação das possíveis reações metamórficas segundo as paragêneses observadas, com estimativas das condições de pressão e temperatura do metamorfismo regional.

4.1 Classificação do metamorfismo regional

O exemplo clássico de metamorfismo regional foi estudado por George Barrow, em 1893, na região das Scottish Highlands, a sul de Aberdeen (Escócia). O autor foi o primeiro a definir o zoneamento metamórfico progressivo em escala regional. Para tal, Barrow definiu os "minerais índices" que atestavam o aumento da temperatura do metamorfismo regional, de sul para norte com o aparecimento de estauroлита, cianita e sillimanita em zonas bem definidas, chegando até a ocorrência de granitos anatóticos.

O zoneamento progressivo de Barrow foi posteriormente comprovado por TILLEY (1925), HARKER (1932) E WISEMAN (1934) ("in MYIASHIRO,1975) que definiram a sequência Clorita - Biotita, Almandina, Estauroлита e Cianita - Sillimanita, com o aumento do grau metamórfico (FIGURA 4.1). Essas zonas foram utilizadas por outros autores e denominadas zonas barrobianas, sendo identificadas em outras áreas como representativas de metamorfismo de pelitos, que texturalmente evoluem para filitos, xistos e gnaisses, com o aumento da temperatura.

FIGURA 4.1: Transformações minerais progressivas na região das zonas barrobianas da região das Scottish Highlands (HARKER, 1932; WISEMAN, 1934; extraído de MYIASHIRO, 1975)

As zonas barrobianas são identificadas pelo aparecimento ou desaparecimento de minerais específicos. Podem ser resumidas como mostra a TABELA 4.1.

Zona Barroviana	Características
clorita	ocorre em clorita muscovita xistos ou clorita muscovita filitos
biotita	aparecimento da biotita, que persiste por zonas mais altas
almandina	aparecimento da granada almandina, que persiste por zonas mais altas
estaurolita	aparecimento da estaurolita
cianita	aparecimento da cianita
sillimanita	aparecimento da sillimanita em decorrência do desaparecimento da cianita

TABELA 4.1 - Zonas Barrovianas

A seqüência de Barrow é comumente encontrada em terrenos metamórficos de gradiente intermediário, muitas vezes sem a zona da estaurolita, que necessita da presença de ferro de certo teor não muito comum em pelitos. O método de Barrow pode ser aplicado com ressalvas, porque considera apenas minerais isolados e não paragêneses minerais. O aparecimento de biotita, por exemplo, pode ocorrer como produto de várias composições mineralógicas originais dos pelitos em diferentes temperaturas. Desta forma, o método tem sido utilizado acrescentando-se reações específicas às isógradas, na tentativa de melhor equacionar as condições de temperatura e pressão no metamorfismo.

O conceito de fácies metamórfico surgiu com esta finalidade, introduzido por ESKOLA (1915) e GOLDSMITH (1911) ("in" Myiashiro, *op cit*) que trabalharam nas regiões de Orijarvi e Oslo, respectivamente. Eskola (*op cit*) definiu a formação de determinadas paragêneses minerais em intervalos definidos de temperatura e pressão, partindo do princípio que rochas de mesma

composição química original, quando submetidas a diferentes condições de temperatura e pressão, produzem paragêneses minerais distintas. Por outro lado, para mesmas condições de temperatura e pressão, diferentes paragêneses significam diferenças na composição química original.

Posteriormente, ESKOLA (1920,1939, "in" GIRARDI, 1979) define fácies metamórfico como sendo um conjunto de rochas constituído por minerais característicos em equilíbrio químico durante a sua formação, em que variações de paragêneses representam variações de composição química original das rochas. As paragêneses devem obedecer a leis de equilíbrio, embora não tenha necessariamente que atingi-las.

Segundo MYIASHIRO (1975) "componentes móveis como H_2O e CO_2 não foram bem discutidos por Eskola (*op cit*) que presumiu que a ação fluida da água era igual a das fases sólidas Eskola não tinha nítida a idéia dos componentes móveis". MYIASHIRO (*op cit*) acrescenta que H_2O e CO_2 e possivelmente outros componentes parecem ser mais ou menos móveis em rochas submetidas à recristalização metamórfica. Quando sua mobilidade é alta, seus potenciais químicos tornam-se controlados por variáveis externas, como a temperatura e a pressão.

Desta forma, uma fácies metamórfica deve ser considerada com as variáveis temperatura - pressão dos sólidos - pressão H_2O - pressão CO_2 , quando os componentes H_2O e CO_2 possuírem alta mobilidade.

Eskola (1939, "in" GIRARDI, *op cit*) definiu 8 fácies metamórficos, que, em ordem crescente, são: xisto verde, epídoto-anfibolito, piroxênio-hornfells, granulito, sanidinito, glaucofane xisto e eclogito, mostrados na FIGURA 4.2.

Temperature increasing →				
Pressure increasing ↓	Development of zeolites in igneous rocks			Sanidinite facies (diabase facies)
	Greenschist facies	Epidote-amphibolite facies	Amphibolite facies (hornblende-gabbro facies)	Pyroxene-hornfels facies (gabbro facies)
				Granulite facies
	Glaucophane-schist facies			Eclogite facies (eclogite facies)

FIGURA 4.2: Fácies metamórficas definidas por Eskola (1939, extraído de GIRARDI, 1979)

Em 1960, Turner e Verhoogen definiram subfácies dentro de 10 fácies, procurando identificar paragêneses específicas de mudanças subambientais, ainda dentro de um modelo barroviano.

A tendência geral foi a de que diversos autores estudando diferentes regiões propuseram ampla variedade de fácies metamórficas, que acabaram por dificultar a normalização e entendimento da questão. Devem -se destacar os modelos de WINKLER (1976) mostrado na FIGURA 4.3, TURNER (1968) na FIGURA 4.4 e MYIASHIRO (1975) na FIGURA 4.5.

FIGURA 4.3: Fácies metamórficos empregados até WINKLER (1967). A pressão de sólido é considerada igual a do fluído. Fsk significa feldspato potássico, Musc é muscovita e qtz é quartzo. Extraído de WINKLER (1977).

FIGURA 4.4: Diagrama de fácies metamórficos de Turner (1968)

FIGURA 4.5: Diagrama de fácies metamórficas de MYIASHIRO (1975). As reações apresentadas na FIGURA são: 1) analcita + quartzo = albita + H_2O ; 2) lawsonita + quartzo + H_2O = laumontita; 3) aragonita = calcita; 4) jadeíta + quartzo = albita; 5) cianita = andaluzita; 6) cianita = sillimanita; 7) andaluzita = sillimanita; 8) muscovita + quartzo = feldspato potássico + Al_2SiO_5 + H_2O ; 9) início de fusão de granito; 10) início da fusão de olivina toleito.

MYIASHIRO (1961, "in" MYIASHIRO, 1975) definiu o conceito de séries faciais considerando que seqüências metamórficas dependem do gradiente geotérmico em que se formam. Assim, a série de Barrow na região das Scottish Highlands ter-se-ia formado em ambiente geotermal mais baixo, e com pressões mais altas, distinguindo-se das estudadas por MYIASHIRO (*op cit*) no Japão, em gradientes geotermiais mais altos e pressões mais baixas. Os tipos de séries faciais apresentados pelo autor foram ordenados em função de baixa, média e alta

pressão. A FIGURA 4.6 mostra essas séries faciais relacionadas aos campos de estabilidade aos polimorfos de Al_2SiO_5 . As características principais destas séries faciais são apresentadas na FIGURA 4.7.

FIGURA 4.6 : Classificação das séries faciais relacionadas aos campos de estabilidade aos polimorfos de Al_2SiO_5 e jadeíta (extraído de Myiashiro, 1975).

Baric type	Characterized by	Common minerals	Common metamorphic facies series	Associated magmatism
Low-pressure	Andalusite	Biotite, cordierite, staurolite, sillimanite	Greenschist → amphibolite → granulite	Geosynclinal volcanics, ranging from basic to acidic, are present but usually scarce. Granites are very abundant, being accompanied in some cases by andesite and rhyolite
Medium-pressure	Presence of kyanite and absence of glaucofane	Biotite, almandine, staurolite, sillimanite	Greenschist → epidote- amphibolite → amphibolite → granulite	Both ophiolites and granites are present
High-pressure	Glaucofane, jadeite, lawsonite	Almandine, barroisite, stilpnomelane	Glaucofane schist: → epidote amphibolite; Glaucofane schist → greenschist; Prehnite-pumpellyite → glaucofane schist	Ophiolites, ranging from ultrabasic to basic, are abundant. Granites are usually absent

FIGURA 4.7: Classificação das séries de fácies metamórficas no metamorfismo regional. (Extraído de MYIASHIRO, 1975).

WINKLER (1974, "in" WINKLER, 1977) propõe a utilização de quatro graus de metamorfismo apenas, em substituição aos modelos de fácies e sub fácies adotados até então, que seriam: grau incipiente (*very low grade*), fraco (*low grade*), médio (*medium grade*) e forte (*high grade*), conforme mostra a FIGURA 4.8.

FIGURA 4.8 - Diagrama de classificação de graus metamórficos propostos por WINKLER (*op cit*). As condições de pressão consideradas são pressão de água = pressão de sólido. (Extraído de WINKLER, 1977).

A proposição de WINKLER (*op cit*) pretende simplificar os trabalhos de campo, no sentido de definir poucos e grandes intervalos entre os graus metamórficos. Desta forma, o autor

ajustou os limites entre os quatro graus metamórficos por reações metamórficas específicas. O limite entre o grau incipiente e fraco coincide com o começo da fácies xisto verde, e o limite entre o grau fraco e médio equivale ao começo da fácies anfibolito de Eskola (1939). o grau forte inicia na parte superior do fácies anfibolito, na coexistência de feldspato potássico com Al_2SiO_5 e ou almandina e cordierita.

WINKLER (*op cit*) considera que os campos de temperatura e pressão estão ligados a reações que dependem principalmente da temperatura, com pouca influência da pressão. Desta forma, os graus metamórficos podem ocorrer com grandes intervalos de pressão, como mostrado na FIGURA 4.9, abaixo.

FIGURA 4.9 - Graus metamórficos e suas divisões de pressão de WINKLER (*op cit*).
Extraído de WINKLER (1977).

4.2 Resultados Obtidos

As paragêneses observadas nas rochas da área de estudo indicaram as possíveis condições de pressão e temperatura do metamorfismo regional. As reações metamórficas da área de estudo são apresentadas a seguir, descritas para as unidades pertencentes a Sequência Turvo Cajati.

4.2.1 Associação Alto Jacupiranguinha

Os biotita gnaisses , hornblenda gnaisses e os gnaisses migmatíticos que constituem esta unidade são característicos da passagem de grau médio para grau forte de metamorfismo, segundo a classificação de WINKLER (*op cit*). O diagrama da FIGURA 4.8 apresenta a curva de anatexia de gnaisses, com temperaturas mínimas de formação de 620°C a 700°C, em pressões variando de 2 a 10 Kbars. Como ocorrem gnaisses migmatizados nesta unidade, pode-se admitir que o grau mais alto do metamorfismo correspondeu ao início da anatexia com limites definidos pela referida curva. Essas rochas possuem evidências de retrometmorfismo (FOTO 4.1).

FOTOMICROGRAFIA 4.1 - Biotita gnaiss com titanita, epídoto e opacos da Unidade Barra do Queimado. A titanita apresenta opacos no núcleo e ao redor, produtos do retrometamorfismo. O lado menor da foto corresponde a 0,85 mm.

Dentro desta unidade, foram identificadas reações metamórficas nos calcários, que ocorrem na forma de talco-tremolita mármore (FOTO 4.2), com a tremolita retrometamorfisada para talco. A paragênese observada talco + tremolita + quartzo + carbonato pode ser resultado de uma das seguintes reações:

que segundo WINKLER (*op cit*) ocorrem em intervalos de temperatura de 450°C a 530°C, para um intervalo muito amplo de pressão de CO₂ com pressão de fluido de 1 Kb. Para pressões de fluido superiores, da ordem de 5 Kb, a temperatura varia de 540 a 600°C. As FIGURAS 4.10 e 4.11, apresentam essas reações considerando que apenas a reação (2) foi determinada experimentalmente.

FOTOMICROGRAFIA 4.2: Talco tremolita mármore da Unidade dos Xistos Forquilha, exibindo a paragênese talco-tremolita-quartzo-carbonato. O lado menor da foto corresponde a 2,7 mm.

FIGURA 4.10 - Diagrama isobárico T- X_{CO_2} para as reações (2), (3), (4) e (5). As linhas cheias foram determinadas experimentalmente e as interrompidas foram calculadas. A pressão de fluido é de 1Kb. Extraído de WINKLER (1977).

FIGURA 4.11 - Diagrama isobárico de T- XCO₂ com pressão de fluido de 5 Kb para reações em dolomitos silicosos. (METZ, 1973 "in" WINKLER, *op cit*). Extraído de WINKLER (*op cit*).

4.2.2 Associação das Rochas Verdes

As rochas calciossilicatadas que estão intercaladas nos clorita biotita xistos desta unidade apresentam evidências de retrometamorfismo sugerindo a reação:

com transformação da hornblenda em actinolita e da actinolita em clorita. Essa reação é típica de metamorfismo de baixo grau, em pressão baixa e temperaturas da ordem de 500°C (FOTO 4.3).

FOTOMICROGRAFIA 4.3 - Rocha cálcio-silicática da Unidade dos Clorita Biotita Quartzo Xistos. A paragênese actinolita-clinozoizita-clorita-quartzo é observada indicando efeitos retrometamórficos nesta unidade. O lado menor da foto corresponde a 0,4 mm.

Os metagabros que ocorrem nesta unidade são constituídos de hornblenda com quartzo associado, epidoto, plagioclásio (oligoclásio), e traços de carbonato, opacos, apatita, zircão. A reação provável para a paragênese piroxênio-quartzo-hornblenda pode ser:

hornblenda + quartzo = ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio + H_2O , (7) que, segundo BEACH (1980), onde o retrometamorfismo se daria no sentido inverso da reação (FOTO 4.4).

FOTOMICROGRAFIA 4.4 - Hornblenda poiquilítica com gotas de quartzo e restos de opacos, possivelmente da reação acima. O lado menor da FOTO corresponde a 0,85 mm.

4.2.3 Associação Cajati

Os micaxistos desta unidade variam desde muscovita biotita xistos até xistos com granada e sillimanita. Nos xistos de grau mais baixo, a paragênese importante é a muscovita-biotita verde- clorita que sugere que o metamorfismo chegou até a formação da biotita verde (grau fraco segundo WINKLER,1977) e por retrometamorfismo passou a clorita. A reação em questão pode ter sido:

que corresponde em muitos casos ao limite entre a clássica zona da clorita e biotita (WINKLER,1977). Essa reação ocorre a partir de 420°C 470°C para pressões de 1 a 10 Kb (FIGURA 4.12).

FIGURA 4.12 - Reações metamórficas de grau fraco de metamorfismo. A reação (8) é representada pela curva 4 do diagrama, onde PG são as curvas dos pelitos e grauvaques, UM rochas ultramáficas e BA basaltos e andesitos. (Extraído de WINKLER, 1977).

Nos muscovita-quartzo xistos com granada, a paragênese importante é granada com biotita e clorita (FOTO 4.5) que sugere que o metamorfismo chegou até a formação da granada que, pelo retrometamorfismo, passou a biotita e clorita. Considerando a granada do tipo almandina, a reação para sua formação pode ter sido:

(segundo CHAKRABORTY & SEN, 1967, BROWN, 1969, "in" WINKLER, 1977), em que WINKLER (*op cit*) considera que para produzir granada devem ser ultrapassadas as seguintes pressões: 4 Kb em 500°C e 5Kb em aproximadamente 600°C.

FOTOMICROGRAFIA 4.5 - Porfiroblasto de granada sin a tardi deformacional, com inclusões rotacionadas e exibindo sombras de pressão. O lado menor da foto corresponde a 2,7 mm.

Nos biotita-muscovita-plagioclásio xisto com sillimanita, o aparecimento da pode ser produto da seguinte reação:

que pode ocorrer entre 0,5 Kb a 560°C a 3Kb a 655°C, em que, por retrometamorfismo, o feldspato potássico foi totalmente consumido, restando a paragênese muscovita-quartzo-sillimanita. Essa paragênese é característica do grau médio de metamorfismo (WINKLER, *op cit*). (FIGURA 4.13, FOTO 4.6)

FOTOMICROGRAFIA 4.6: Fibrolita (sillimanita) com muscovita, biotita e quartzo. O lado menor da FOTO corresponde a 0,85 mm.

FIGURA 4.13 Reações metamórficas de grau médio (Extraído de WINKLER, 1977).

Os resultados obtidos através da análise das reações minerais das unidades da área indicam que essas rochas foram submetidas a condições de temperatura e pressão que variam de grau fraco a médio-alto de metamorfismo, segundo a classificação de WINKLER (*op cit*).

A Associação Alto Jacupiranguinha apresenta temperaturas mínimas de 450° C, conforme indicam os metacalcários incluídos nesta unidade, até temperaturas máximas de anatexia de gnaiss, de 600° C a 700° C.

A Associação das Rochas Verdes apresenta temperaturas da ordem de 500° C, ainda dentro do grau fraco de metamorfismo.

A Associação Cajati apresenta evolução do grau metamórfico pelo modelo barrovidiano, partindo do aparecimento da biotita verde (420° a 470° C) passando pela formação de almandina (4Kb e 500° até 5Kb e 600° C) e desaparecimento da muscovita com formação de sillimanita (0,5 Kb a 560° C até 3 Kb a 655° C). Desta forma, a temperatura mínima deve ter sido da ordem de 420° C e a máxima de 650° C, com pressões variando de 0,5 Kb até 5 Kb.

5. GEOLOGIA ESTRUTURAL

A região do Alto Rio Jacupiranguinha mostra uma compartimentação tectônica e estrutural relativamente complexa. Trata-se de uma área que possui bons afloramentos, os quais favorecem trabalhos de detalhe. Entretanto, boa parte das estruturas apresentam-se mascaradas por forte transposição regional, que muitas vezes dificulta o reconhecimento de fases de deformação anteriores.

5.1 Estruturas dúcteis

5.1.1 Foliações

A principal foliação observada na área tem orientação de aproximadamente EW com caimento para sul, provavelmente formada no decorrer do Ciclo Brasileiro, e que representa a principal fase de deformação (D_n). Há evidências de uma fase anterior e de pelo menos uma fase posterior. Zonas de cisalhamento rompendo essa foliação principal também são observadas. Desta forma, as rochas da área apresentam evidências de pelo menos três fases de deformação.

A fase de deformação que tem expressão regional marcante (D_n) se manifesta nessas rochas através de uma foliação que possui atitude variando de N85W a EW, com mergulhos de 38° a 48° para sul, conforme o diagrama de Schmidt-Lambert na FIGURA 5.1. Evidências de uma fase D_{n-1} são sugeridas pela presença de uma foliação anterior, caracterizada pela forte orientação de minerais placóides, que se encontra dobrada e pode ser observada em charneiras de dobras intrafoliais, pertencentes à fase D_n , as quais possuem as direções de seus planos axiais em torno de N90 (ou EW).

FIGURA 5.1- Diagrama de Schmidt-Lambert mostrando as atitudes dos planos de xistosidade (S_n) da fase de deformação D_n nos micaxistos.

A análise do diagrama de Schmidt-Lambert acima sugere que as atitudes dos planos de foliação estão compreendidas em um círculo máximo, provavelmente devido às dobras e ondulações suaves posteriores à fase de deformação D_n . Essas ondulações caracterizariam uma fase de deformação tardia D_{n+2} com eixo B_{n+2} de atitude de aproximadamente $242 / 280^\circ$, com plano axial N58E/56SE.

As crenulações da foliação principal podem ser consideradas como uma fase de deformação posterior (D_{n+1}), cujos planos axiais possuem orientações predominantes N40-50/50-60 SE, muitas vezes estabelecendo novos planos de xistosidade (FIGURA 5.2).

FIGURA 5.2: Diagrama de Schmidt-Lambert mostrando as atitudes dos eixos e planos axiais da fase D_{n+1} medidos na área.

5.1.2 Lineações

Observam-se, regionalmente, dois padrões de orientação de lineações distintos: um com atitude N90-100 / 0-25°, e outro de atitudes variáveis no intervalo de 150-200/30-40° (FIGURA 5.2). O primeiro refere-se às orientações de minerais e lineações de estiramento, presentes no plano de foliação principal de direção EW (FOTO 5.1). O segundo é atribuído aos eixos de crenulações (B_{n+1}) da foliação principal S_n (FOTO 5.2).

Estruturas do tipo “mullion” são observadas com atitudes ora próximas de S80E/15-20° ora S80W/ 15°, cujos planos axiais indicam vergência de S para N. Essas estruturas devem estar relacionadas à fase de deformação principal D_n .

FOTOMICROGRAFIA 5.1 - Gnaiss milonitizado na Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado, na zona de Falha do Bairro do Queimado. O lado menor da foto corresponde a 2,7 mm.

FOTOMICROGRAFIA 5.2 - Dobra de crenulação em quartzo muscovita biotita xisto com granada, da Associação Cajati. O eixo da dobra mergulha perpendicularmente ao plano da foto. O lado menor da foto corresponde a 2,7 mm.

5.2 Estruturas rúpteis

Os dobramentos da fase D_n apresentam, de maneira geral, vergência de Sul para Norte ou SSE para NNW, que pode também ser constatada pela presença das falhas de baixo ângulo que mergulham para sul.

As estruturas disruptivas são representadas por quatro grandes falhas na região. De norte para sul, têm-se:

- a) a Falha do Bairro de Lavras, no contato entre a Associação Cajati e Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado. Trata-se de uma falha inversa (empurrão) que coloca rochas de grau metamórfico médio sobre rochas de grau fraco;
- b) a Falha Barra do Queimado, que apresenta atitude N90/43S, cujas lineações de estiramento mineral pertencem ao primeiro padrão exposto acima, de atitude N90-120/ 0-30°. Essas lineações sugerem que se trata de uma falha de baixo ângulo, de rejeito direcional;
- c) a Falha Capelinha, no contato entre as unidades dos Gnaisses Capelinha e a Unidade dos Xistos Forquilha. Trata-se de uma falha inversa de atitude N45E/30SE, que coloca rochas de grau metamórfico alto sobre rochas de grau médio;
- d) a Falha Anta Gorda, no contato entre as unidades dos Gnaisses Capelinha e a Associação das Rochas Verdes. Trata-se de uma falha inversa de atitude N30E/45SE, que coloca rochas de grau metamórfico fraco sobre rochas de grau médio-alto.

5.3 Evolução estrutural

A área de estudo foi submetida a pelo menos três fases deformacionais. Uma possível quarta fase, poderia explicar a orientação dos eixos B_{n+2} no plano axial construído N58E/56NW, na forma de ondulações suaves tardias. A FIGURA 5.3 representa esquematicamente essa evolução.

Fase deformacional	Características	Orientações espaciais	vergências	ilustrações
Dn-1	micas deformadas em charneiras de dobras intrafoliais da fase Dn.	?	?
Dn	foliação de transposição S _n de expressão regional.	planos de foliação S _n orientados a N85W-EW com mergulhos e 38 a 48° SE	de SSE para NNW
Dn+1	dobras de crenulação em S _n , com eixos B _{n+1} e foliação S _{n+1} . Falhamentos transcorrentes de baixo ângulo com componentes para leste.	S _{n+1} : N40 a 50E / 50 a 60SE. B _{n+1} : 150 a 200/30°	de SE para NW com componente para E
Dn+2 (?)	dobras suaves e ondulações na foliação principal S _n .	Planos axiais orientados a N58E/56NW, com B _{n+2} a 242/28°	de NW para SE

FIGURA 5.3 - Quadro esquemático da possível evolução estrutural da área de estudo.

6. GEOCRONOLOGIA

A carência de datações radiométricas da área de estudo fez com que um dos objetivos principais deste trabalho fosse a obtenção de dados geocronológicos inéditos que pudessem contribuir com o melhor posicionamento estratigráfico das rochas da área.

A geocronologia foi estudada primeiramente a partir dos dados apresentados por outros autores, procurando-se identificar lacunas de conhecimento que pudessem ser melhor tratadas neste trabalho. Desta forma, foram coletadas e selecionadas amostras da área de estudo a serem analisadas no Centro de Pesquisas Geocronológicas do IGUSP.

Os métodos utilizados para datação foram o K/Ar com 4 datações e o Rb/Sr com 3 diagramas isocrônicos.

6.1 Dados geocronológicos anteriores

A área de estudo foi objeto de apenas algumas datações radiométricas pelos métodos K/Ar, realizadas por CORDANI & BITTENCOURT (1967) e Rb/Sr por CORDANI E KAWASHITA (1971).

CORDANI & BITTENCOURT (1967) obtiveram 56 datações K/Ar em rochas do Grupo Açungui. Os autores interpretam que o embasamento do geossinclíneo Açungui, preservado em núcleo de um anticlinal, possui idade aparente mínima de 1.400 m.a. (datação realizada na Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado). Idades de vários corpos graníticos analisados corresponderiam a eventos sin, pós e tardi-tectônicos. A fase orogenética principal teria ocorrido entre 600 e 650 m.a., com intrusões de granitos sin-tectônicos. Colocações de granitos pós e tardi-tectônicos teriam ocorrido em diversos períodos entre 500 e 590 m.a.. A deposição do

Açungui iniciaria-se antes de 650 m.a., mas ainda no Pré-Cambriano Superior. A fase final de epirogênese estaria entre 200 e 400 m.a.

Dentro da área de estudo foi analisado por esses autores um anfibólio de migmatito com idade calculada de 1.380 ± 45 m.a., interpretada como idade mínima dessas rochas, e duas datações de biotita de granito da Serra do Guarau, com idades de 390 ± 10 e 490 ± 15 m.a., considerado pelos autores como tardi-tectônicos.

Posteriormente CORDANI E KAWASHITA (1971) apresentam datações Rb/Sr para os granitos do Grupo Açungui, em que o granito Guarau apresenta idade de 540 ± 40 m.a.. Os autores consideram que, numa isócrona de referência com outros corpos intrusivos do Grupo Açungui, alinham-se com este fornecendo idade de 541 ± 11 m.a., considerados assim como pós-tectônicos. Todos esses valores foram calculados com $\lambda^{Rb87} = 1,47 \times 10^{-11}$ anos⁻¹, que, recalculados para $\lambda^{Rb87} = 1,42 \times 10^{-11}$ fornece idade aproximada de 560 m.a..

CORDANI E KAWASHITA (*op cit*) encontraram razões iniciais $Sr^{87} / Sr^{86} = 0,710$, sugerindo que a formação dos magmas graníticos a partir do próprio cinturão orogênico, ou seja, sedimentos aos quais se adicionou considerável quantidade de material vulcânico, separado do manto superior durante os primeiros estágios de evolução da unidade. Os valores indicam também que os granitos não se originaram por palingênese do material que constituía a infraestrutura do cinturão orogênico.

A falta de dados radiométricos adicionais para as unidades litológicas da área dificultou seu posicionamento estratigráfico, que apoiou-se em correlações com outras unidades de fora da área de estudo, a partir de datações de mineralizações de Pb no vale do Ribeira, como CHIODI FILHO (1984) que utiliza isócronas de micaxistos da Formação Perau de TAKAHASHI *ET AL* (1981), e análises isotópicas de mineralizações de Pb, posicionando as rochas da área de estudo dentro da Sequência Turvo Cajati no Proterozóico Médio.

TASSINARI *et al* (1988) sintetizaram várias datações Rb/Sr, Pb/Pb em rocha total, U/Pb em zircões e K/Ar em concentrados de minerais separados, procurando posicionar no tempo geológico as rochas do sudeste de São Paulo. A partir de padrões geocronológicos e

geotectônicos a área foi compartimentada em cinco domínios distintos, que de NW para SE, foram denominados Itapira-Amparo, Piracaia-Jundiá, São Roque, Embu e Costeiro. O Domínio Itapira-Amparo seria o mais antigo, submetido ao ciclo orogênico transamazônico (2.2 a 1.9 G.a.) e ao período de 1.400 a 1.300 m.a. caracterizado por um importante evento formador de rochas que ocorreu em todos os domínios, exceto no Costeiro. O Brasileiro aparece migrando entre os domínios em relação aos picos metamórficos, que decrescem em idades do Domínio Piracaia-Jundiá em direção ao Costeiro. O resfriamento regional também foi diferenciado entre os domínios, e a estabilização tectônica ocorreu entre 600 e 650 m.a.. Os granitóides intrusivos possuem tendência geral de aumento das idades no sentido de SE para NW (550 m.a. no Domínio Costeiro e 1.000 m.a. no Piracaia-Jundiá). No Proterozóico Superior grande quantidade de material ígneo foi introduzido na crosta superior, não constituindo a época principal de formação de crosta, porque os granitóides brasileiros foram gerados a partir de material proveniente de crosta continental reciclada.

SIGA JR (1995) apresenta uma série de datações radiométricas pelos métodos K/Ar, Rb/Sr e U/Pb, obtidas também por outros autores, desde Blumenau (SC) até o norte de Curitiba e Paranaguá (PR), a sul da área de estudo. O autor define três domínios geocronológicos com padrões de idades característicos (FIGURA 6.1).

DOMÍNIOS	PADRÃO Rb-Sr E U-Pb (Ma)	PADRÃO K-Ar (Ma)
MAGMATISMO (PÓS-OROGENICO)	— 600 / 570	— 580 / 520
PARANAGUÁ	— 620 / 570	— 560 / 480
CURITIBA	— 620 / 600 — 2.200 / 1.800	— 640 / 560
LUÍS ALVES	— 2.200 / 1.900 — 2.800 / 2.400	— 1.700 / 550 — 2.000 / 1.700 — 2.800 / 2.400

FIGURA 6.1 - Padrão de distribuição de idades do sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina. Extraído de SIGA JR (1995).

Os trabalhos realizados até então reconhecem, de alguma forma, padrões de distribuição de idades como domínios geocronológicos distintos, em regiões a norte e a sul da área objeto deste trabalho. Dentro deste contexto, procurou-se aqui obter-se dados mais específicos desta porção do Pré-Cambriano paulista.

Foram datadas algumas unidades da área pelos métodos K/Ar e Rb/Sr, nos locais mostrados na FIGURA 6.2. Os resultados são apresentados a seguir.

FIGURA 6.2: Mapa de pontos de amostragem para geocronologia. (▲) corresponde a amostragem para K/Ar e (●) para Rb/Sr.

6.2 Datações pelo método K/Ar

Neste trabalho foram realizadas 4 datações K/Ar, sendo que a do Granito Guarau está fora da área de estudo.

As amostras foram devidamente coletadas, selecionadas e tratadas segundo os procedimentos adotados pelo Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP, descritos por THOMAZ FILHO & TORQUATO (1974). As determinações foram executadas em minerais separados, micas, anfibólio e feldspato, e estão mostrados na TABELA 6.1.

N.º de campo	Unidade	Material	Idade
G-23	Xistos Forquilha	flogopita	587±21
G-19	Granito Guarau	biotita	434±20
FC-18	Gnaisses Capelinha	biotita	527±26
FC-18	Gnaisses Capelinha	hornblenda	565±39

TABELA 6.1 - Resultados das datações pelo método K/Ar

A amostra G-23, pertencente à Unidade dos Xistos Forquilha, apresentou idade brasileira. Como a análise foi feita utilizando-se a flogopita, a idade deve indicar a fase final de resfriamento do sistema, pois as micas têm grande facilidade de perder o Ar radiogênico já em baixas temperaturas. Portanto, esta idade deve estar relacionada ao último evento metamórfico que incidiu sobre essas rochas, responsável pela marcante foliação principal (S_n), discutida no CAPÍTULO 5.

A amostra G-19 do Granito Guarau, coletada a leste da área de estudo, acusa o resfriamento deste corpo, em 434 m.a.. CORDANI & BITTENCOURT (*op cit*) dataram este granito, pelo mesmo método, atribuindo-o a idade de 490 m.a.. CORDANI & KAWASHITA (*op cit*), dataram-no pelo método Rb/Sr, em 560 m.a. Desta forma, esse corpo deve ter se formado por volta de 490 m.a., com seu resfriamento indo até 430 m.a. pelo menos.

As amostras da Unidade dos Gnaisses Capelinha apresentaram resultados que podem ser relacionados à fase de homogeneização isotópica do Ar no sistema. O início do resfriamento regional, é apontado pela idade da hornblenda, que é um ótimo retentor de Ar; ou seja, por volta de 560 m.a. seu sistema fechou-se, em temperaturas inferiores a aproximadamente 450°C, iniciando-se o resfriamento regional. No mesmo local analisado, a idade da biotita, que tem seu sistema fechado em temperaturas inferiores a 250°C, acusa uma diferença de 40 m.a. mais jovem, embora os erros analíticos desta duas datações se sobreponham, essa hipótese não deve ser descartada.

6.3 Datações pelo método Rb/Sr

As determinações pelo método Rb/Sr foram realizadas a partir da seleção de 18 amostras coletadas em 6 pontos da área (FIGURA 6.1). Construiu-se 3 diagramas isocrônicos: para as Unidades Barra do Queimado, Associação das Rochas Verdes e Unidade dos Gnaisses Capelinha. Os resultados são apresentados a seguir, e são resumidos na TABELA 6.2

N.º de campo	Unidade	Idade (m.a.)	Razão Inicial (Sr87/Sr86) _i	MSWD	Coefficiente de Correlação
7c, 6e, 6f, 26d, 26e, 26g, FC24e, FC24g, FC24h	Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado	2024 ± 45.0	0.706871 ± 0.000289	12.2554	0.98666
13h, 13f, 13j, 13c, 13b, 13i	Associação das Rochas Verdes	594.0 ± 32.7	0.707613 ± 0.002493	0.4207	0.99817
FC18i, FC18j, FC18c	Unidade dos Gnaisses Capelinha	1931.4 ± 45.3	0.705204 ± 0.000120	2.0905	0.99966

TABELA 6.2 - Resultados das datações pelo método Rb/Sr

6.3.1 Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado

O diagrama isocrônico desta unidade é apresentado na FIGURA 6.2. Foram utilizados 8 pontos para a construção da reta isocrônica. As amostras pertencem a três afloramentos, distantes cerca de 300 metros entre si, dentro da mesma unidade.

A idade obtida foi de 2.024 m.a., com erro da ordem de 2%. O MSWD é razoavelmente alto, mas o coeficiente de correlação mostra bom alinhamento dos pontos. Como se trata de amostras de afloramentos distintos, pode ter ocorrido homogeneização parcial e/ou razões iniciais distintas. A amostra G6E não foi considerada no cálculo, pois a análise petrográfica constatou que se apresentava bastante sericitizada.

O diagrama isocrônico desta unidade indica que a idade de formação destas é transamazônica. A razão inicial tem seus valores variando de 0.70658 a 0.70716, ou seja, em torno de 0,707, considerando o experimental. Esse resultado pode indicar que essas podem ser produtos de retrabalhamento crustal.

FIGURA 6.2 - Diagrama isocrônico da Unidade Gnaisses Barra do Queimado

6.3.2 Associação das Rochas Verdes

O diagrama isocrônico desta unidade, apresentado na FIGURA 6.3, foi construído com 5 pontos do mesmo afloramento G13.

A idade obtida é de 594 m.a., com um erro de 5.5%. O alinhamento dos pontos é favorecido por se tratarem de rochas cogenéticas. A amostra G13h não foi incluída no cálculo, por se apresentar bastante alterada por saussuritização. A idade de formação dessas rochas é brasileira, do Proterozóico Superior. A razão inicial apresenta um grande variação de 0,70512 a 0,71010, que dificulta sua interpretação em relação a sua possível origem.

FIGURA 6.3 - Diagrama isocrônico da Associação das Rochas Verdes

6.3.3 Unidade dos Gnaisses Capelinha

Para a construção do diagrama isocrônico desta unidade, apresentado na FIGURA 6.4, foram utilizados 3 pontos de um único afloramento.

A idade obtida foi de 1931 m.a., com erro de 2.35%. O ponto FC18F não foi utilizado para o cálculo, devido a problemas na análise química desta amostra.

A idade desta unidade indica que foi formada no Ciclo Transamazônico. Como se trata de uma isócrona com apenas 3 pontos, esta deve ser considerada como isócrona de referência. A razão inicial é da ordem de 0.705, variando de 0,70508 a 0,70532 se considerarmos os erros analíticos. Entretanto a idade transamazônica para essas rochas desta unidade não deve ser descartada.

FIGURA 6.5: Diagrama isocrônico da Unidade dos Gnaisses Capelinha

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Seqüência Turvo Cajati constitui-se de um conjunto de rochas metassedimentares de idades distintas, que se encontram posicionadas lado a lado, possivelmente em decorrência do último evento tectono-metamórfico, o Ciclo Brasileiro do Proterozóico Superior.

A unidade mais antiga é a Associação Alto Jacupiranguinha, composta pelas unidades Gnaisses Capelinha, Gnaisses Barra do Queimado e Xistos Forquilha, sendo que as duas primeiras fornecem idades transamazônicas, em torno de 2.000 m.a.. As razões iniciais indicam que se trata de rochas paraderivadas.

As idades K/Ar em anfibólios da Unidade dos Gnaisses Capelinha mostra que a temperatura do metamorfismo no evento brasileiro foi suficientemente alta para a abertura do sistema nos anfibólios, compatível com as paragêneses encontradas nas rochas locais, as quais permitiram determinar grau metamórfico médio-alto para essa associação.

A Associação das Rochas Verdes possui idade aproximada de 600 m.a. A razão inicial em torno de 0,707, pode sugerir que essas rochas são produto de retrabalhamento de material crustal, com contribuição de material de manto/crosta inferior.

As idades K/Ar obtidas para a região, mostram a importância da tectônica brasileira em todas as rochas da Seqüência Turvo Cajati. Este evento metamórfico/deformacional deixou registrado pelo menos três fases deformacionais, cuja fase principal (Dn) é marcada pela foliação regional de direção E-W e pelas falhas inversas, as quais são responsáveis pela compartimentação tectônica das diferentes unidades desta Seqüência.

O transporte tectônico de sul para norte, sugerido pelas falhas inversas e vergências das dobras mesoscópicas, pode ser o resultado de uma colisão com o cráton do Congo no evento Brasileiro.

As rochas pertencentes à Associação Alto Jacupiranguinha constituem-se no embasamento do Grupo Açungui, podendo estar relacionadas ao Domínio Curitiba (de SIGA JR, 1995), localizado a sul da área de estudo.

As rochas das Associações das Rochas Verdes e Cajati, sendo a primeira datada como brasileira, estão posicionadas estratigraficamente no Proterozóico Superior, portanto correlacionáveis as rochas do Grupo Açungui.

No final do Ciclo Brasileiro, em sua fase pós-tectônica tem-se a intrusão do Granito Guaraú, por volta de 490 m.a.(CORDANI & BITTENCOURT,1971), que teve seu resfriamento pelo menos até 430 m.a., conforme mostra a idade K/Ar em biotita obtida neste trabalho.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALGARTE, J.P. & HAMA, M. 1984. Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais, folha SG-22-X-B Itararé; escala 1:250 000. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Salvador, 1984. *Anais...* Salvador, SBG. v.7, p.3441-3457.
- ALGARTE, J.P. *et al.* 1974. Projeto Sudeste do Estado de São Paulo; relatório final. São Paulo, Convênio DNPM/CPRM.
- ALMEIDA, E.B. *et al.* 1981. Mapa de jazidas e ocorrências minerais do Estado de São Paulo, escala 1:500 000. São Paulo, IPT/Pró- Minério, Secretaria de Industria e Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, v.3 (IPT. Monografia, 4. Publicação, 1 171).
- ALMEIDA, F.F.M. de 1964b. Fundamentos geológicos do relevo paulista. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, p.169-263. (IGG. Boletim, 41).
- ALMEIDA, F.F.M. de 1967. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM. p.1-36 (DNPM/DGM. Boletim, 241).
- ALMEIDA, F.F.M. de 1969. Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 23, Salvador, 1969. *Anais...* Salvador, SBG. p.29-46.
- ALMEIDA, F.F.M. de & HASUI, Y. 1984a. Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgar Blücher Ltda, 378 p.
- ALMEIDA, F.F.M. de & HASUI, Y. 1984a. O embasamento da Plataforma Sul-Americana. In: ALMEIDA, F.F.M. de & HASUI, Y. 1984. O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgar Blücher Ltda., p.1-5.
- ALMEIDA, F.F.M. de; AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. 1973. The precambrian evolution of the south american cratonic margin south of Amazon River. In: NAIRN, E.M. & STEHLI, F.G. 1973. The ocean basins and margins. New York, Plenum., v.1, cap.11, p.411-446.
- ALMEIDA, F.F.M. de *et al.* 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO de GEOLOGIA do NORDESTE, 8, Campina Grande, 1977. *Atas...* Campina Grande, SBG. p.363-391.

- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; NEVES, B.B.B. 1976. The Upper Precambrian of South America. São Paulo, Bol.IG, IGUSP. 7:45- 80.
- ALMEIDA, F.F.M. de *et al.* 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500 000. São Paulo, IPT/Pró-Minério, Secretaria de Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, v.1 (IPT. Monografia, 6. Publicação, 1 184).
- BARBOUR, A.P. & OLIVEIRA, M.A.F. 1979. Chumbo, zinco, cobre e barita do Distrito do Perau, PR; modelo sedimentar para sulfetos do Vale do Ribeira. São Paulo, Bol.IG, IGUSP. 10:97- 120.
- BASEI, M.A.S. 1985. Correlações dos cinturões do Proterozóico Superior do Brasil e África no Atlântico Sul. São Paulo (Exame de Qualificação - nível de Doutorado. Instituto de Geociências - USP) (inédito).
- BATOLLA JUNIOR, F.; HAMA, M.; LOPES JUNIOR, I. 1977a. Idades radiométricas Rb/Sr e K/Ar em rochas cristalinas pré-brasileiras da Região Leste do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 1, São Paulo, 1977. Atas... São Paulo, SBG. p.324-337.
- BATOLLA JUNIOR, F. *et al.* 1977b. Projeto Leste do Paraná, Folha Curitiba (SG.22-X-D-I); relatório final, geologia. São Paulo, DNPM. BADEP.IGUFP.CPRM. (inédito).
- BATOLLA JUNIOR, F.; SILVA, A.T.S.F.; ALGARTE, J.P. 1981. O Pré-Cambriano da Região Sul-Sudeste do Estado de São Paulo e Este-Nordeste do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas... São Paulo, SBG. v.1, p.94-108.
- BAUER, H.E. 1890. As minas de Iporanga (São Paulo). Rev.Engenharia, Rio de Janeiro, (232):85-87.
- BEACH, A. - 1980. Retrogressive metamorphic process in shear zones with special reference to the Lewisian Complex. Journal of Structural Geology, 2 (1,2): 257-263.
- BELOUSSOV, V.V. 1962. Basic problems in geotectonics. New York, McGraw Hill Book, 816 p.
- BIGARELLA, J.J. 1947a. Estudos preliminares na Série Açungui. I. Brecha calcárea de Toquinhas. Arq.Biol.Tecnol., IBPT. Curitiba, 2:41-61.

- BIGARELLA, J.J. 1947b. Ocorrência de dolomito no município de Cerne. An.Min.Met., 2(66):323-326.
- BIGARELLA, J.J. 1948. Estudos preliminares na Série Açungui. II. Rochas calcáreas. Arq.Biol.Tecnol., IBPT. Curitiba, 3:201- 354.
- BIGARELLA, J.J. 1953. Estudos preliminares na Série Açungui. III. Rochas calcárias da faixa central e sua classificação. Arq.Biol.Tecnol., IBPT. Curitiba, 8:473-502.
- BIGARELLA, J.J. 1956. Contribuição estudo dos calcários do Estado do Paraná. Curitiba, IBPT. 83 p. (Boletim, 37).
- BIGARELLA, J.J. & ANDRADE, G.O. de. 1965. Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. In: INTERNATIONAL STUDIES OF THE QUATERNARY, Denver, 1965. Separata... Denver, GSA. p.433-451. (Special Paper, 84).
- BIGARELLA, J.J. & MOUSINHO, M.R. 1965. Contribuição ao estudo da Formação Pariquera-Açu (Estado de São Paulo). Bol.Paran.Geogr. UFPR, Curitiba, (16-17):17-41.
- BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. 1956. Estudos preliminares na Série Açungui. V. Estruturas organógenas nos dolomitos da Formação Capiu (Estado do Paraná). Dusenía, Curitiba, 7(6):317-323.
- BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. 1958a. Contribuição a` geologia da região sul da Série Açungui (Estado do Paraná). Bol.Paul. Geogr., São Paulo, (29):1-14.
- BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. 1958b. Estudos preliminares na Série Açungui. VIII. A Formação Votuverava. Curitiba, Instituto de História Natural, 6 p. (Boletim. Geologia, 2)
- BIGARELLA, J.J. & SALAMUNUI, R. 1959. Planta geológica provisória de partes dos municípios de Rio Branco do Sul, Bocaíuva do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo. Curitiba, Instituto de Geologia, UFPR.
- BIGARELLA, J.J. *et al.* 1955. Estudos preliminares na Série Açungui. IV. Conglomerado do Cerne. Arq.Biol.Tecnol., IBPT. Curitiba, 10:245-251.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; PINTO, V.M. (editores). 1967. Geologia do Pré-Devoniano e intrusivas subseqüentes da porção oriental do Estado do Paraná. Bol.Paran.Geoc., Curitiba, (23-25):1-347.

- BISTRICHI, C.A. *et al.* 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500 000. São Paulo, IPT/Pró-Minério, Secretaria de Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, v.2 (IPT. Monografia, 6. Publicação, 1 184).
- BROWN, E.H. 1971. Phase relations of biotite and stilpnomelane in the "green schist facies". Contr.Mineral.Petrol., 31:275-299.
- CAMPANHA, G.A.C. - 1992 - Tectônica Proterozóica no alto e médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná. São Paulo, 296p.(Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- CAMPANHA, G.A. da C. & SADOWSKI, G.R. 1994. Tectônica da Faixa Ribeira. "IN" Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Balneário Camboriu, SC, 1994, Boletim de Resumos Expandidos, SBG, v(1), p271-272.
- CAMPANHA, G.A. da C.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, M.A. de 1987. Considerações sobre a organização litoestratigráfica e evolução tectônica da Faixa de Dobramentos Apiaí. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO de GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1987.
- CAMPANHA, G.A. da C. *et al.* 1985. Geologia das folhas Iporanga (SG.22-X-B-V-2) e Gruta do Diabo (SG.22-X-B-VI-1), Estado de São Paulo. São Paulo, Contrato IPT/Pró-Minério (IPT. Relatório, 22 352).
- CAMPANHA, G.A. da C.; GIMENEZ FILHO, A.; CAETANO, S.L.V.; PIRES, F.A.; DANTAS, A.S.L.; TEIXEIRA, A.L.; DEHIRA, L.K. 1986. Geologia e estratigrafia da região das folhas Iporanga e Gruta do Diabo, Vale do Ribeira, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. Anais... Goiânia, SBG. v.2, p.1058-1073.
- CAMPOS, J.M. 1937. Estudos petrográficos de algumas rochas da Série Açungui no Estado do Paraná. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, p.27-29 (SGM. Boletim, 71).
- CAMPOS NETO, M. da C. 1983a. Contribuição à litoestratigrafia do Grupo Açungui no Sudeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. Atas... São Paulo, SBG. p.103-112.

- CAMPOS NETO, M. da C. 1983b. Os gnaisses do alto rio Jacupiranguinha e os xistos Cajati: relações estruturais e estratigráficas. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. Atas... São Paulo, SBG. p.91-102.
- CAMPOS NETO, M. da C. & BASEI, M.A.S. 1983. Evolução estrutural brasileira do nordeste de São Paulo: dobramentos superpostos e esboço estratigráfico e tectônico. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. Atas... São Paulo, SBG. p.61- 78.
- CAMPOS NETO, M. da C.; FIGUEIREDO, M.C.H.; SIGA JUNIOR, O.; VASCONCELLOS, A.C.B.C. de; FERNANDES, A.J. 1986. Considerações sobre a constituição e geometria do Cinturão Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. Resumos... Goiânia, SBG. p.135 (Boletim, 1).
- CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M.; THOMAZ FILHO, A. 1974. Esboço da diferenciação tectônica do Pré-Cambriano Superior do Sul-Sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. Res.Com.... Porto Alegre, SBG. p.698-700 (Boletim, 1).
- CARNEIRO, C.D.R. et. al. 1980. Geologia da região do alto curso do Rio São Lourencinho - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. Anais... Camboriú, SBG. v.5, p.2864-2878.
- CARVALHO, P.I. de & PINTO, E.A. 1937. Reconhecimento geológico da Série Assunguy, Brasil. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 29 p. (SGM. Boletim, 71).
- CARVALHO, W.S. de et al. 1981. Mapa de jazidas e ocorrências minerais do Estado de São Paulo, escala 1:500 000; fichas de ocorrências de bens minerais. São Paulo, IPT/Pró-Minério, Secretaria de Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, v.2 (IPT. Monografia, 4. Publicação, 1 171).
- CESAR, A.R.S.F. et al. 1982. Evolução geotectônica do Cinturão Dom Feliciano, uma contribuição através da Tectônica de Placas. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG. v.1, p.13-23.

- CHIODI FILHO, C. 1984. Contribuição à geologia das regiões sul paulista e leste paranaense, grupos Açungui e Setuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.5, p.2394-2406.
- CHIODI FILHO, C. *et al.* 1982. Geologia e mineralizações da região que abrange as minas do Rocha, Paqueiro e Barrinha, Vale do Ribeira, PR e SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG. v.3, p.1037-1049.
- CHIODI FILHO, C. *et al.* 1983. Projeto Capão Bonito; relatório final. São Paulo, contrato CPRM/Pró-Minério (inédito).
- COMISSÃO GEOGRÁFICA e GEOLÓGICA do ESTADO de SÃO PAULO. 1947. Mapeamento geológico do Estado de São Paulo; escala 1:1 000 000. São Paulo.
- COMISSÃO GEOGRAPHICA e GEOLOGICA do ESTADO de SÃO PAULO. 1914. Relatórios da exploração do Rio Ribeira de Iguape. São Paulo, 2.ed.
- CORDANI, U.G. 1980. Interpretação de dados geocronológicos - 1.a parte - Fundamentos de Interpretação Geocronológica. : CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 31. Boletim n.o 6, Balneário de Camboriú, 1980, p5-22.
- CORDANI, U.G. & BITTENCOURT, I. 1967. Determinações de idades potássico/argônio em rochas do Grupo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 21, Curitiba, 1967. Anais...Curitiba, SBG. p.218-233.
- CORDANI, U.G. & KAWASHITA, K. 1971. Estudo geocronológico pelo método Rb/Sr de rochas graníticas intrusivas no Grupo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais... São Paulo, SBG. v.1, p.105-110.
- COUTINHO, M.V.(coord.). 1985. Evolução do Pré-Cambriano paulista e regiões adjacentes (mesa-redonda). In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 5, São Paulo, 1985. Atas... São Paulo, SBG. v.2, p.561-611.
- COUTO, J.G.P. 1984. Algumas considerações sobre a evolução tectônica/metalogenética dos continentes sul-americano e africano no Proterozóico (formação das bacias rifeanas) e os efeitos de uma triplice colisão cratônica na região sul do Estado de Minas Gerais e áreas adjacentes dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo (Brasil). In: CONGRESSO

- BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.7, p.3044-3055.
- DAITX, E.C. 1985. Uma análise crítica dos chamados grupos Setuva e Açungui no Vale do Ribeira (PR e SP). São Paulo (Exame de Qualificação de Mestrado. Instituto de Geociências - USP).
- DAITX, E.C. *et al.* 1983. Projeto Anta Gorda, mapeamento geológico da área norte, fase III. São Paulo, convênio DNPM/CPRM (inédito).
- DAMASCENO, E.C. 1966. Nota sobre a composição isotópica de Pb em galenas de jazidas do Vale do Rio Ribeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 20, São Paulo, 1966. Resumos... São Paulo.
- DAVINO, A.; CAMPOS NETO, M. da C.; BASEI, M.A.S.; FIGUEIREDO, M.C.H. 1986. Gravimetria da Região Sudeste do Estado de São Paulo e considerações sobre os limites entre os cinturões móveis Paraíba e Ribeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. Anais... Goiânia, SBG. v.6, p.2673- 2683.
- DE MARTONE, E. 1943. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. Rev.Bras.Geogr., São Paulo, (4):523-550.
- DERBY, O.A. 1878. Geologia da região diamantífera da Província do Paraná no Brasil. Arq.Mus.Nac., Rio de Janeiro, 3:89-96.
- DERBY, O.A. 1889. Retrospecto histórico dos trabalhos geográficos e geológicos efetuados na Província de São Paulo. São Paulo, Comissão Geográfica e Geológica, 26 p. (Boletim, 1).
- DEWEY, J. & BURKE, K. 1973. Tibetan, Variscan and Precambrian basement reactivation: products of continental collision. J.Geol., 81:683-692.
- DIAS, M.V.F. & SALAZAR JUNIOR, O. 1983. Geologia e potencialidades econômicas da Sequência Antinha. Curitiba, Mineropar, Secretaria da Indústria e Comércio do Paraná (inédito).
- EBERT, H. 1956. Tectônica do Pré-Cambriano. In: DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Divisão de Geologia e Mineralogia. 1956. Relatório anual do diretor. Rio de Janeiro, p.96- 107.

- EBERT, H. 1968. Ocorrências da fácies granulítica no Sul de Minas e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem. An.Acad.Bras.Ci., Rio de Janeiro, 40(supl.):215-229.
- EBERT, H. 1971. Observações sobre a litologia e subdivisão do Grupo Setuva no Estado do Paraná com sugestões à tectônica geral do Geossinclíneo Açungui. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais... São Paulo, SBG. v.1, p.131-146.
- EBERT, H. *et al.* 1971. Observações sobre gnaisses da Formação Setuva, Estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais... São Paulo, SBG. p.185-186 (Boletim Especial, 1).
- ESCHWEGE, W.L.V. 1833. Pluto Brasiliensis. Berlim, G. Reimer, 622 p.
- FAGUNDES, P.R. *et al.* 1984. Evolução da mineralização de fluorita no depósito de Sete Barras, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.8, p.3755-3769.
- FAIRCHILD, T.R. 1982. New stromatolites from the Upper Precambrian Açungui Group, Eastern Paraná, Brazil and their potential stratigraphic use. Bol.IG, IGUSP. São Paulo, 13:43- 50.
- FLORENCE, G. & PACHECO, J. 1929. Carta geológica do Estado de São Paulo; escala 1:2 000 000. São Paulo, Comissão Geográfica e Geológica.
- FONSECA, M.J.G. *et al.* 1979. Carta geológica do Brasil ao milionésimo; folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF-24) e Iguape (SG-23). Brasília, DNPM.
- FRANZINELLI, E. 1970. Estudo sedimentológico da Formação Pariquera-Açu, Estado de São Paulo. São Paulo, 56p. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociência e Astronomia - USP).
- FRANZINELLI, E. 1971. Origem e proveniência dos sedimentos da Formação Pariquera-Açu, Estado de São Paulo pelo Trend Surface Analises das suas características. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais... São Paulo, SBG. p.14. (Boletim Especial, 1)

- FRITZONS JUNIOR, O.; PIEKARZ, G.F.; FALCADE, D. 1982. Geologia e potencial econômico do Grupo Setuva (PR). In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG. v.3, p.987-1001.
- FUCK, R.A.; MARINI, O.J.; TREIN, E. 1967a. Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. Bol.Paran.Geoc., Curitiba, (23-25):183-221.
- FUCK, R.A.; MARINI, O.J.; TREIN, E. 1967b. A Formação Guaratubinha. Bol.Paran.Geoc., Curitiba, (23-25):237-255.
- FUCK, R.A. *et al.* 1967c. Geologia e petrografia dos migmatitos do Paraná. Bol.Paran.Geoc., Curitiba, (23-25):5-41.
- FUCK, R.A. *et al.* 1969. Mapa geológico preliminar do litoral da Serra do Mar e parte do primeiro planalto do Paraná. Bol. Paran.Geogr., Curitiba, (27):123-152.
- FUCK, R.A. *et al.* 1971. Geologia do Leste Paranaense. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais... São Paulo, SBG. v.1, p.121-130.
- GIRARDI, V.A.V. 1979. Metamorfismo e seus produtos - parte 1 . Apostila do Depto Min. Petr. do IGUSP. São Paulo. 116p
- GUIMARÃES, J.E.P.; FERREIRA, B.A.; BARBOSA, A.F. 1947. Calcários no sul do Estado de São Paulo. Rev.Inst.Geogr.Geol., 5(4):358-413.
- HASUI, Y. 1975. Evolução polifásica do Pré-Cambriano a oeste de São Paulo. Bol.IG, IGUSP. São Paulo, 6:95-108.
- HASUI, Y. 1981. Mapa de jazidas e ocorrências minerais do Estado de São Paulo, escala 1:500 000; texto explicativo e síntese. São Paulo, IPT/Pró-Minério, Secretaria de Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, v.1 (IPT. Monografia, 4. Publicação, 1 171).
- HASUI, Y. 1982. The Mantiqueira Province: Archean structure and Proterozoic evolution. Rev.Bras.Geoc., São Paulo, 12(1-3):167- 171.
- HASUI, Y. 1983. Aspectos geológicos essenciais da Seção Caconde-Caraguatatuba e suas implicações na reconstituição da organização e evolução do Pré-Cambriano do Leste

- Paulista. In: JORNADA SOBRE A CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO em 1:50 000, 1, São Paulo, 1983. Atas... São Paulo, SICCT/Pró- Minério, p.227-252.
- HASUI, Y. 1986. Novo modelo geológico do Vale do Ribeira. São Paulo, IPT (IPT. Relatório, 23 742).
- HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. de 1984. Província Mantiqueira, Setor Central. In: ALMEIDA, F.F.M. de & HASUI, Y. 1984. O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgar Blücher Ltda, p.308-344.
- HASUI, Y. & SADOWSKI, G.R. 1976. Evolução geológica do Pré-Cambriano na Região Sudeste do Estado de São Paulo. Rev.Bras.Geoc., São Paulo, SBG. 6(3):182-200.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. 1980a. Os granitos e granitóides da Região de Dobramentos Sudeste nos Estados de iSão Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 30, Recife, 1980. Anais... Recife, SBG. v.6, p.2594-2608.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. 1980b. Estruturas e tectônica do Pré-Cambriano de São Paulo e Paraná. An. Acad. Bras. Ci., 52:61-76.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. Rev.Bras.Geoc., São Paulo, SBG. 15(4): 257-262.
- HASUI, Y.; CREMONINI, O.A.; BORN, H. 1984a. Considerações sobre o Grupo Açungui em São Paulo e porção adjacente do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.7, p.3297-3306.
- HASUI, Y.; CREMONINI, O.A.; BORN, H. 1984b. O "Granito Três Córregos" revisado e o Maciço Catas Altas. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.7, p.3023-3031.
- HASUI, Y.; EBERT, H.D.; QUADE, H. 1984c. Aspectos geológicos da megantiforma da Serra do Cadeado, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.5, p.2380-2393.
- HASUI, Y.; PENALVA, F.; HENNIES, W.T. 1969. Geologia do Grupo São Roque. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 23, Salvador, 1969. Anais... Salvador, SBG. p.101-134.

- HASUI, Y. *et al.* 1978. Geologia da região administrativa 3, vale do Paraíba e parte da região administrativa 2 do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT (IPT. Monografia, 1).
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. Rev.Bras.Geoc., São Paulo, SBG. 15(4): 257-262.
- HASUI, Y. *et al.* 1981. O embasamento Pré-Cambriano e eopaleozóico em São Paulo. In: ALMEIDA, F.F.M. de *et al.* 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500 000. São Paulo, v.1, p.12-45 (IPT. Monografia, 6. Publicação, 1 184).
- HASUI, Y. *et al.* 1983. O modelo de evolução do Pré-Cambriano paulista e suas implicações metalogenéticas. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. Bol. Resumos... São Paulo, SBG. p.1-2.
- HASUI, Y. *et al.* 1984. A parte central da Região de Dobramentos Sudeste e o Maciço Mediano de Guaxupé. In: SCHOBENHAUS FILHO, C. *et al.* 1984. Geologia do Brasil. Brasília, MME/DNPM. p.307- 329.
- HASUI, Y. *et al.* 1993a. Mapa geológico do Pré-Cambriano de São Paulo, 1:500.000. UNESP / Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado de São Paulo / Departamento Nacional da Produção Mineral, Rio Claro.
- HASUI, Y. *et al.* 1993b. A megaestruturação pré-cambriana do território brasileiro com base em dados geofísicos e geológicos. Geociências, v 12, n.º 1, p 7-31. Editora da Unesp, São Paulo.
- HASUI, Y.; MIOTO, J.A. & MORALES, N. 1994. Geologia do Pré-Cambriano. IN: Solos do litoral de São Paulo. Associação Brasileira de Mecânica dos Solos. São Paulo. p 41-68.
- HENNIES, W.T.; HASUI, Y.; PENALVA, F. 1967. O falhamento transcorrente de Taxaquara. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 21, Curitiba, 1967. Anais... Curitiba, SBG. p.159-168.
- HOBBS, B.E.; MEANS, W.D.; WILLIAMS, P.F. 1976. An outline of structural geology. New York, John Willey.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1981. Definição da potencialidade em chumbo e associados no sul do Estado de São Paulo. São Paulo (IPT. Relatório, 15 934).

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1982. Modelos metalogenéticos e possibilidades de mineralizações no Pré-Cambriano no Estado de São Paulo. São Paulo (IPT. Relatório, 17 818).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1985. Estudo geológico-geotécnico e levantamento de condicionantes do meio físico na área de interesse à implantação de barragens e reservatórios no Rio Ribeira (SP e PR) - fase de inventário. São Paulo, convênio CESP/IPT (IPT. Relatório, 21 717).
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO. 1963. Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:1 000 000. São Paulo.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO. 1974. Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:1 000 000.
- KAUL, P.F.T. 1984. Significado dos granitos anorogênicos da Suíte Intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do Sul-Sudeste do Brasil, no âmbito das folhas SG.22 - Curitiba e SG.23 - Iguape. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.6, p.2815- 2825.
- KAUL, P.F.T. 1985. Magmatismo e evolução da crosta no Sul-Sudeste do Brasil, durante o Proterozóico Superior - Eopaleozoico. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO de GEOLOGIA, 2, Florianópolis, 1985. Anais... Florianópolis, SBG. p.126-127 (Breve comunicação).
- KAUL, P.F.T. & TEIXEIRA, W. 1982. Archean and Early Proterozoic complexes of Santa Catarina, Paraná and São Paulo states, South-Southeastern Brasil: an outline of their geological evolution. Rev.Bras.Geoc., São Paulo, SBG. 12 (1-3):172-182.
- KAWASHITA, K.; MANTOVANI, M.; THOMAZ FILHO, A; TORQUATO, J.R. e BERENHOLC,M. - 1974 - Método Radiométrico Rubídio Estrôncio - Procedimento das Análises do CPGeo-USP - Manual Interno do CPGeo-USP
- KNECHT, T. 1929. As minas de Furnas no município de Iporanga. Bol.Agr., São Paulo, série 30 (9-10):735-742.
- KNECHT, T. 1935. Formações estruturais particularmente carsticas do município de Apiaí. Geografia, 1(1).

- KNECHT, T. 1937. Sobre a ocorrência de arsenopyrita e minerais secundários de zinco na mina de Furnas, SP. *Min.Metal.*, São Paulo, 2(10):249-250.
- KRÖNER, A. 1980. Pan African crustal evolution. *Episodes*, (2):3-8.
- LEONARDOS, O.H. 1931. Chumbo e prata no Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Serviço de Fomento da Produção Mineral, DNPM. 12 p. (DNPM/SFPM. Boletim, 6).
- LEONARDOS, O.H. 1934. Nota sobre a geologia do distrito de Iporanga, SP. Rio de Janeiro (DNPM. Relatório, 564).
- LEONARDOS, O.H. 1941. Notas petrográficas sobre a Série Ribeira do Sul do Estado de São Paulo. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras - USP, p.7-13. (Boletim, 21. Mineralogia, 4).
- LOPES, O.F. 1982. Um modelo de sedimentação epicontinental de Pré-Cambriano: análise comparada da área cratonizada do Médio São Francisco à Faixa Móvel Ribeira e suas conseqüências metalogenéticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG. v.3, p.957-971.
- LOPES, O.F. 1983. Faixa do Perau: uma unidade faciológica e tectono-metamórfica do Grupo Açungui. *Rev.Bras.Geoc.*, São Paulo, 13(3):190-203.
- MAACK, R. 1953. Mapa geológico do Estado do Paraná; escala 1:750 000. Curitiba, IBPT.
- MARINI, O.J. 1970. Geologia da Folha Rio Branco do Sul, PR. Rio Claro, 190 p. (Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras - UNESP).
- MARINI, O.J. & BIGARELLA, J.J. 1967. Rochas calcárias do Grupo Açungui. *Bol.Paran.Geoc.*, Curitiba, (23-25):105-150.
- MARINI, O.J. & LEPREVOST, A. 1967. Principais recursos minerais do Grupo Açungui, no Estado do Paraná. *Bol.Paran.Geoc.*, Curitiba, (23-25):157-181.
- MARINI, O.J.; TREIN, E.; FUCK, R.A. 1967. O Grupo Açungui no Estado do Paraná. *Bol.Paran.Geoc.*, Curitiba, (23-25):43-104.
- MARTIN, H. 1983. Alternative geodynamic models for the Damara Orogeny, a critical discussion. In: MARTIN, H. & EDER, F.W. 1983. *Intracontinental Fold Belts*. Berlim, Springer-Verlag, p.913-945.

- MARTIN, H. & PORADA, H. 1977. The intracratonic branch of the Damara Orogen in South West Africa. I. Discussion of geodynamic models. *Precambr.Res.*, 5:311-338.
- MELCHER, G.C. 1965. Contribuição ao conhecimento do distrito mineral do Ribeira de Iguape, estados de São Paulo e Paraná. São Paulo (Tese de Livre Doc[^]encia. Escola Politécnica - USP) (inédito).
- MELCHER, G.C. & JOHNSON, R.F. 1956. Geologia e depósitos minerais do Vale do Rio Ribeira de Iguape. Rio de Janeiro, Divisão de Fomento da Produção Mineral, DNPM. (inédito).
- MELCHER, G.C. *et al.* 1971. Geologia da Folha Apiaí, SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Anais... São Paulo, SBG. p.101 (Boletim especial, 1).
- MELCHER, G.C. *et al.* 1973. Geologia e petrografia das rochas metamórficas e graníticas associadas ao Vale do Rio Ribeira de Iguape, SP e PR. *Rev.Bras.Geoc.*, São Paulo, SBG. 3(2):97- 123.
- MELFI, A.J.; CORDANI, U.G.; BITTENCOURT, J. 1965. Reconhecimento fotogeológico de parte do Grupo Açungui. *Bragantia*, Campinas, 24(34):447-474.
- MELO, M.S. de & PONÇANO, W.L. 1983. Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozóicos no Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. 75 p.il. (IPT. Monografia, 9).
- METAL MINING AGENCY of JAPAN. Japan International Cooperation Agency. 1981. Report on geological survey of Anta Gorda, phase 1. Convênio DNPM/MMAJ/JICA.
- METAL MINING AGENCY of JAPAN. Japan International Cooperation Agency. 1982. Report on geological survey of Anta Gorda, phase 2. Convênio DNPM/MMAJ/JICA.
- METAL MINING AGENCY of JAPAN. Japan International Cooperation Agency. 1983. Report on geological survey of Anta Gorda, phase 3. Convênio DNPM/MMAJ/JICA.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - SECRETARIA GERAL. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Projeto Radambrasil. Levantamento de Recursos Naturais; v 32. Rio de Janeiro, 1983. 780p.MME/SG

- MORAES REGO, L.F. de 1930. Golpe de vista sobre os recursos minerais de São Paulo. Bol.Soc.Agric.Ser., 31(9-10):885-925.
- MORAES REGO, L.F. de 1933. Contribuição ao estudo das formações Prédevoneanas de São Paulo. São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico de São Paulo, 60 p.
- MORAES REGO, L.F. de & ALMEIDA, F.F.M. de 1946. Seção geológica de Capela da Ribeira a Curitiba. Geol.Metal., EPUSP. São Paulo, 3:5-30.
- MORGENTAL, A. *et al.* 1975. Projeto Sudelpa; relatório final, geologia. São Paulo, convênio SUDELPA/CPRM, 18 v.
- MORGENTAL, A. *et al.* 1981. Pesquisa de ouro no Vale do Ribeira; atuação da CPRM. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas... São Paulo, SBG. v.1, p.21-35.
- MURATORI, A.; FUCK, R.A.; BIGARELLA, J.J. 1967. Contribuição ao estudo da Formação Camarinha. Bol.Paran.Geoc., Curitiba, (23- 25):221-234.
- MYIASHIRO, A. 1975. Metamorphism and metamorphic belts. George Allen and Unwin, Great Britain, 2a. ed.
- OLIVEIRA, A.I. & LEONARDOS, O.H. 1943. Geologia do Brasil. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 2.ed., 813 p. (Série didática, 2).
- OLIVEIRA, E.P. 1916. Geologia do Estado do Paraná. Bol.Min. Agric.Ind.Com., Rio de Janeiro, 5(1): 77-143.
- OLIVEIRA, E.P. 1925. Mapa geológico do Estado do Paraná, escala 1:1 000 000. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil.
- OLIVEIRA, E.P. 1927. Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 172 p. (Monografia, 6).
- OLIVEIRA, F. de P. 1889. Reconhecimento geológico do Vale do Rio Paranapanema. São Paulo, Comissão Geográfica e Geológica da Província de São Paulo (Boletim, 2).
- OLIVEIRA, M.C.B.; RODRIGUES, E.P.; ZAPPAROLLI, L.H. 1986. Definição de modelos petrogenéticos dos maciços graníticos Mandira e Guarau' - Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. (IPT. Relatório, 24 337).

- OLIVEIRA, M.C.B. *et al* - 1987 - Petrologia de parte do Maciço Granítico Guaraú, SP. Atas do III Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Curitiba, 1987, (v) 2: p571-594.
- PAIVA, I.P. *et al*. 1977. Projeto Leste do Paraná; Folha Apiaí (SG.22-X-B-IV), Brasil; relatório final. São Paulo, DNPM. BADEP.IGUFP.CPRM. (inédito).
- PETRI, S. & SUGUIO, K. 1969. Sobre os metassedimentos do extremo sul do Estado de São Paulo. São Paulo, convênio USP/DAEE (Publicação especial).
- PETTIJOHN, F.J. & POTTER, P.E. 1964. Atlas and glossary of primary sedimentary structures. Berlim, Springer-Verlag, 370 p.
- PIEKARZ, G.F. 1981. Reconhecimento de unidades correlacionáveis à sequência mineralizada do Perau, Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas... São Paulo, SBG. v.1, p.148-154.
- PIEKARZ, G.F. 1984. Geologia e resultados preliminares de pesquisa mineral no núcleo Betara da Formação Perau (PR). In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.8, p.3682-3696.
- PONÇANO, W.L. *et al*. 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo; escala 1:1.000.000. São Paulo, IPT. v.1 (IPT. Mono grafia, 5).
- POPP, J.H. 1972. Contribuição à estratigrafia e sedimentologia da Formação Camarinha (Pré-Devoniano do Estado do Paraná). Bol.Paran.Geoc., Universidade Federal do Paraná, Curitiba, (30):5-72.
- POPP, J.H.; ANGULO, R.; BIGARELLA, J.J. 1979. Geologia. In: BIGARELLA, J.J. *et al*. 1979. Recursos Naturais, Folha Ouro Fino. Curitiba, COMEC, p.22-26.
- PORADA, H. 1979. The Damara-Ribeira Orogen of the Pan-African - Brazilian cycle in Namibia (South West Africa) and Brazil as interpretation in terms of continental collision. Tectonophysics, Amsterdam, 57:237-265.
- RIBEIRO, M.W. 1984. Evolução pré-cambriana da Região Sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.7, p.3133- 3142.

- RODRIGUES, J.C. *et al.* 1977a. Projeto Leste do Paraná. Folha Campo Largo (SG.22-X-C-III), Brasil; relatório final. São Paulo, DNPM.BADEP. IGUFP.CPRM. (mapa) (inédito).
- RODRIGUES, J.C. *et al.* 1977b. Projeto Leste do Paraná. Folha Cerro Azul (SG.22-X-V-IV), Brasil; relatório final. São Paulo, DNPM.BADEP. IGUFP.CPRM. (mapa) (inédito).
- ROSIER, G.F. 1957. A geologia da Serra do Mar entre os picos Maria Comprida e do Desengano, Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM., 58p. (DNPM/DGM. Boletim, 116).
- SALAMUNI, R. & BIGARELLA, J.J. 1967a. Contribuição à geologia do Grupo Açungui. Curitiba, Instituto de Geologia, UFPR, 26 p. (Boletim. Geologia, 23).
- SALAMUNI, R. & BIGARELLA, J.J. 1967b. Sumário das estruturas sedimentares singenéticas no Grupo Açungui. Bol.Paran.Geoc., Curitiba, (23-25):151-156
- SCHMUS, W.R.V.; TASSINARI, C.C.G.; CORDANI, U.G. 1986. Estudo geocronológico da parte inferior do Grupo São Roque. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. Anais... Goiânia, SBG. v.3, p.1399-1406.
- SCHOBENHAUS FILHO, C. *et al.*(coord.) 1984. Geologia do Brasil; escala 1:2.500.000. Brasília, MME/DNPM.
- SCHÖLL, W.V. 1981. Geologia do Grupo Açungui na região a noroeste de Rio Branco do Sul, PR. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas... São Paulo, SBG. v.1, p.170-184.
- SCHÖLL, W.V. *et al.* 1980. Geologia do Pré-Cambriano da região do anticlinal do Setuva, municípios de Bocaiuva do Sul e Rio Branco do Sul, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. Anais... Camboriú, SBG. v.5, p.3003-3012.
- SCHOLL, W.V.; SILVA, A.C.G. de A.; MONASTIER, M.S. 1982. A Formação Setuva do Pré-Cambriano no Estado do Paraná; uma revisão crítica. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG. v.1, p.55-63.
- SECRETARIA de ECONOMIA e PLANEJAMENTO. Coordenadoria de Ação Regional. 1973. Diagnóstico da 4a. região administrativa. São Paulo.

- SILVA, A.C.G. de A. 1984. Discussão sobre o controle litoestratigráfico e a gênese da jazida de barita de Água Clara, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.8, p.3710- 3723.
- SILVA, A.C.G. de A. & SCHOLL, W.V. 1982. Metalogênese da barita de Água Clara no âmbito da evolução da Formação Setuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG. v.3, p.1017-1032.
- SILVA, A.T.S.F. & ALGARTE, J. P. 1981a. Contribuição à geologia da Sequência Turvo-Cajati entre o Rio Pardo e Pariquera-Açu, Estado de São Paulo. 1. Litologia e petrografia. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas... São Paulo, SBG. v.1, p.109-120.
- SILVA, A.T.S.F. & ALGARTE, J. P. 1981b. Contribuição à geologia da Sequência Turvo-Cajati entre o Rio Pardo e Pariquera-Açu, Estado de São Paulo. 2. Estrutura, metamorfismo e evolução tectônica. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas... São Paulo, SBG, v.1, p.121-132.
- SILVA, A.T.S.F. *et al.* 1977. Projeto Santos - Iguape; relatório final de geologia. São Paulo, convênio DNPM/CPRM.
- SILVA, A.T.S.F. *et al.* 1978. Geologia integrada das folhas Iguape e Cananéia. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais... Recife, SBG. v.1, p.222-235.
- SILVA, A.T.S.F. *et al.* 1981. Projeto integração e detalhe geológico no Vale do Ribeira; relatório final de integração geológica. São Paulo, convênio DNPM/CPRM. 15 v.
- SILVA, C.D.; FELIPE, R. da S.; PONTES, J.B. 1981. Notas sobre as ocorrências de fluorita do Vale do Ribeira, PR. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas... São Paulo, SBG. v.1, p.21-35.
- SILVA, C.R. da *et al.* 1982. Geologia e mineralizações da região Perau-Água Clara, Vale do Ribeira, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG. v.3, p.1024-1036.

- SILVA, R.B. *et al.* 1982. Considerações sobre as mineralizações de chumbo, zinco e prata do Grupo Açungui no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG. v.3, p.972-986.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA. Comissão especial de nomenclatura estratigráfica. 1986. Código Brasileiro de nomenclatura estratigráfica, Guia de Nomenclatura Estratigráfica. Rev. Bras.Geoc., São Paulo, 16(4):370-415.
- STEIN,D.P. 1984a. Grupo Açungui; estado de conhecimento. São Paulo, 30 p. (Exame de Qualificação - nível de Mestrado. Instituto de Geociências - USP) (inédito).
- STREICKEISEN, A.L. 1973. Plutonic rocks, classification and nomenclature recommended by IUGS. Geotimes, 18(10):26-30.
- STREICKEISEN, A.L. 1978. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. N.Jb.Mineral.Abh., Stuttgart, 134(1):1-14.
- TAKAHASHI, A.T. *et al.* 1981. Projeto integração e detalhe no Vale do Ribeira, área Ribeirão do Perau. São Paulo, convênio DNPM/CPRM.
- TAKAHASHI, A.T.; FERREIRA, J.C.G.; THEODOROVICZ, A. 1984. Projeto Guapiara; relatório final. São Paulo, contrato CPRM/Pró- Minério.
- TAKAHASHI, A.T. *et al.* 1986. Projeto Engenheiro Maia - Ribeirão Branco; relatório final. São Paulo, contrato CPRM/Pró- Minério.
- TASSINARI, C.C.G.; KAWASHITA,K.; TAYLOR,P.N.; VAN SHMUS,W.R.. 1988. As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção sudeste do Estado de São Paulo. XXXV Congr. Bras. Geol., Belém, PA, (v) 6, p2840-2853.
- TEIXEIRA, W. 1982. Folhas SG.21 - Assuncion, SG.22 - Curitiba e SG.23 - Iguape. Considerações sobre os dados radiométricos: interpretação e evolução geocronológica. Ministério das Minas e Energia, Projeto Radambrasil (inédito).
- THOMAZ FILHO, A & TORQUATO - 1974 - Método Radiométrico Potássio-Argônio - Procedimentos das Análises no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP - manual Interno do CPGeo.

- TURNER, F.J. & VERHOOGEN, J. 1960. Igneous and metamorphic petrology. McGraw-Hill book Co. New York.
- TURNER, F.J. - 1968 - Metamorphic petrology - McGraw-Hill book Co. New York.
- VEIGA, A.T.C. & SALOMÃO, E.P. 1980. A Formação São Sebastião e sua importância econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. Anais... Camboriú, SBG. v.2, p.826-831.
- VEIGA, A.T.C. *et al.* 1980. O depósito de fluorita de Sete Barras, Adrianópolis - PR; perspectiva de duplicação das reservas brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. Anais... Camboriú, SBG. v.3, p.1827-1834.
- VIEIRA, A.J. 1973. Geologia do centro e nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 27, Aracaju, 1973. Anais... Aracaju, SBG. v.3, p.259- 277.
- VIEIRA, A.J. & MAINGUÉ, E. 1973. Geologia de semidetalhe do centro e nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo. Ponta Grossa, PETROBRAS/DESUL. 49 p.il. (DESUL. Relatório, 425).
- WERNICK, E. 1979. Aspectos petrológicos dos granitóides da Província Ribeira. In: SIMPÓSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 2, Rio Claro, 1979. Atas... São Paulo, SBG. v.1, p.101-117.
- WERNICK, E. 1982a. Contribuição à caracterização das linhagens de granitóides brasileiros do sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG. v.2, p.490-499.
- WERNICK, E. 1982b. Tipos de complexo granitóides do sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 32, Salvador, 1982. Anais... Salvador, SBG. v.
- WERNICK, E. 1984. Caracterização genética de alguns granitóides brasileiros dos Estados de São Paulo e Minas Gerais e implicações tectônicas preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v.6, p.2902-2918.

- WERNICK, E. & GOMES, C.B. 1974. Granitos e metamorfismo no Vale do Ribeira do Iguape, SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. Anais... Porto Alegre, SBG. v.5, p.145-154.
- WERNICK, E. & GOMES, C.B. 1977. Geoquímica de maciços graníticos da região da Ribeira. Parte 3. Considerações petrológicas. An.Acad.Bras.Ci., São Paulo, 49(1):157-170.
- WERNICK, E. & PENALVA, F. 1978. Contribuição ao conhecimento das rochas granitóides do sul do Brasil. Rev.Bras.Geoc., São Paulo, SBG. 8(2):113-133.
- WILLIAMSON, J.H. - 1968 - Least-squares fitting of a straight line. Canadian Journal of Physics, (46): 1845-1847.
- WINKLER, H.G.F. - 1976 - Petrogenesis of metamorphic rocks. 4a ed. New York. Springer-Verlag
- WINKLER, H.G.F. - 1977 - Petrogênese das rochas metamórficas. Tradução de Carlos Burger Jr; Revisão: Ruy Ozório de Freitas. São Paulo, Edgar Blücher; Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1977. 254p.
- ZIMBRES, E.; MOTOKI, A. & KAWASHITA, K - 1990 - História do soerguimento regional da Faixa Ribeira com base em datações K/Ar. IN: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, SBG. Natal, (v) 6 p2764-2769.

7260 kmN

LITOLOGIAS		UNIDADES		DATAÇÕES RADIOMÉTRICAS (MÉTODO)
CIgG	Alcaligranitos, granitos equigranulares de granulação média fina a média grosseira, de colorações cinza claro e rósea.	Granito Guarau	Unidades Desembarque e Azeite(CIgG)	434 ± 20 Ma (K/Ar-biotita)
PScX	mica quartz xistos, granada micaxistos e xistos com sillimanita.	Associação Cajati	Leitos metassedimentares imaturos (PScX)	
PSrG	granitóides foliados e granitos pórfiros	Associação das rochas verdes	Granitóides foliados(PSrG)	
PSrX	clorita xistos, anfibolitos, níveis carbonáticos		clorita biotita quartz xisto(PSrX)	594 ± 33 Ma (Rb/Sr-isócrona)
PlfX	migmatitos de paleossoma ectinitico, micaxistos, mármore, tremolita mármore.	Associação Alto Jacupiranguinha	Unidade dos Xistos Forquilha(PlfX)	587 ± 21 Ma (K/Ar-flogopita)
PIqG	piroxênio biotita anfibólio gnaisses, granada biotita anfibólio gnaisses e intercalações de anfibolitos, calciossilicáticas e metultrabásitos, mármore dolomítico e calcítico, metadolomitos com micaxistos alternados.		Unidade dos Gnaisses Barra do Queimado(PIqG)	2024 ± 45 Ma (Rb/Sr-isócrona)
PlcGM	migmatitos e diatexitos homogêneos, migmatitos com paleossoma de granada muscovita biotita quartz xistos, sericita clorita quartz xistos		Unidade dos Gnaisses Capelinha	527 ± 26 Ma (K/Ar-biotita) 565 ± 39 Ma (K/Ar-hornblenda) 1931 ± 45 Ma (Rb/Sr-isócrona)
PlcGB	biotita gnaisses, hornblenda gnaisses, gnaisses graníticos róseos		Subunidade dos gnaisses bandados(PlcGB)	

Modificado de Campos Neto(1983b)

SÍMBOLOS E CONVENÇÕES

- Contato geológico
- Falha inversa
- Falha inferida
- Xistosidade
- Lineação mineral
- Mullions
- eixos de dobra da fase Dn+1
- Dobra anticlinal

Proterozóico Unidade Inferior
Gnaisses Bandados
Capelinha

BASE PLANIMÉTRICA

- Limite Municipal
- Auto-estrada
- Via não-pavimentada
- Drenagem

ESCALA
500m 0 500 1000 1500 2000m

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

1996

Fonte cartográfica :

- IBGE (1987) 1:50 000 - Folhas Rio Guarau e Rio Turvo
- IGC (1986)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA GERAL

CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA SEQUÊNCIA TURVO-CAJATI, NA REGIÃO DO ALTO RIO JACUPIRANGUINHA, SP

MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL

Autor : FERNANDO CAMPAGNOLI

Orientador : Prof. Dr. MARCOS EGYDIO DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

1996

ANEXO A

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Digitalização e Edição : Nodli Andrade Pereira

SÍMBOLOS E CONVENÇÕES

- FC46 ● Ponto descrito e amostrado, com análise petrográfica e datação radiométrica
- FC24 ▲ Ponto descrito
- FC19 ⊙ Ponto descrito e amostrado, análise petrográfica

BASE PLANIMÉTRICA

- Limite Municipal
- Auto-estrada
- Via não-pavimentada
- Drenagem

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

1996

Fonte :
 IBGE (1987) 1:50 000 – Folhas Rio Guarau e Rio Turvo
 IGC (1986)

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Digitalização e Edição : Nodli André Pereira

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
 INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA GERAL

CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA SEQUÊNCIA TURVO-CAJATI NA REGIÃO DO ALTO RIO JACUPIRANGUINHA, SP

MAPA DE PONTOS

Autor : FERNANDO CAMPAGNOLI
 Orientador : Prof. Dr. MARCOS EGYDIO DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

1996

ANEXO B