UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

METACONGLOMERADOS E ROCHAS ASSOCIADAS DO GRUPO SÃO
ROQUE A NOROESTE DA CIDADE DE SÃO PAULO: PROVENIÊNCIA
E IMPLICAÇÕES PARA A IDADE DA SEDIMENTAÇÃO

Renato Henrique Pinto

Orientador: Prof. Dr. Valdecir de Assis Janasi

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO
2008

Abstract

The São Roque Group is composed of low-grade metamorphic rocks deposited in marine environment with coeval volcanic activity. The Morro Doce Formation is dominated by meta-arkose and feldspathic meta-sandstone with expressive metaconglomeratic lenses, which form a sequence regarded as the basal unit of São Roque Group. The metaconglomerates with wide prevalence of granite pebbles have excellent potential to identify their sources and ages. Metavolcanic acidic and basic rocks interspersed in this sequence are an important tectonic and geochronologic marker.

The petrographic study of the granite pebbles from the Morro Doce Formation metaconglomerates allowed the identification of four petrographic varieties: *porphyritic biotite monzogranite*, *inequigranular biotite monzogranite*, *equigranular biotite monzogranite* and *inequigranular leucogranite*. The comagmatic character of these pebbles is confirmed by petrographic and geochemical data.

Acid metavolcanic rocks interlayered with meta-arkose and metaconglomerates in the Morro do Polvilho region correspond to trachydacite and porphyritic meta-rhyolite. The meta-arkose shows geochemical affinities with metaconglomerate granitic pebbles, and differs from the acid metavolcanic rocks both in their geochemical signature and in its sedimentary fabrics defined by the predominance of detritic subangulose feldspars. Their geochemical characteristics are typical of within-plate magmatism, especially the low **mg #** (~ 20), high **Zr** (560-730 ppm), **Y**, **Nb**, and low **Sr** (70-120 ppm), and is similar to the acid metavolcanics from the on Espinhaço Supergroup.

U-Pb dating by LA-MC-ICP-MS in zircon crystals from the predominant varieties of granitic pebbles revealed Paleoproterozoic ages (**2199 ± 8.5 Ma** and **2247 ± 13**) for the main granitic source of the metaconglomerates. Comparable ages are found in the nuclei of Espinhaço Supergroup basement (Mantiqueira Complex) and Açungui (Tigre, Setuva and Betari nuclei).

The depositional age of the metaconglomerates (**1.75-1.79 Ga**), indicated by **U-Pb** dating of interlayered metavolcanic rocks, is consistent with the age of the granitic source, (~**2.2 Ga**), and with the lack of signals of contribution from younger source areas for the Morro Doce Fm metasediments.

Resumo

O Grupo São Roque caracteriza-se por rochas de baixo grau metamórfico, depositadas em ambiente marinho com atividade vulcânica submarina. As ocorrências da Formação Morro Doce são dominadas por metarcóseos e metarenitos feldspáticos com expressivas lentes metaconglomeráticas, que formam uma seqüência considerada como unidade basal do Grupo São Roque. Os metaconglomerados, com o amplo predomínio de clastos graníticos, têm excelente potencial para identificação de suas fontes e idades. Rochas metavulcânicas ácidas e básicas intercaladas nesta seqüência constituem importante marcador tectônico e cronológico.

O estudo petrográfico dos clastos graníticos dos metaconglomerados da Formação Morro Doce permitiu a identificação de quatro variedades petrográficas: *biotita monzogranito porfirítico*, *biotita monzogranito inequigranular*, *biotita monzogranito equigranular* e *leucogranito inequigranular*. O caráter comagmático entre os clastos é confirmado pelos dados petrográficos e geoquímicos.

Rochas metavulcânicas ácidas que ocorrem intercaladas a metarcóseos e metaconglomerados, na região do Morro do Polvilho, correspondem a meta-traquidacitos e meta-riolitos porfiríticos. Os metarcóseos mostram afinidades geoquímicas com os clastos de granito dos metaconglomerados, e diferenciam-se das rochas metavulcânicas ácidas associadas pela geoquímica e pela petrografia sedimentar composta predominantemente por feldspatos detríticos sub-angulosos. De características geoquímicas típicas de magmatismo intraplaca, em especial baixo **mg#** (~20), altos teores de **Zr** (560-730 ppm), **Y** e **Nb**, além de baixo **Sr** (70-120 ppm), as rochas metavulcânicas ácidas do Grupo São Roque apresentam similaridades com as metavulcânicas ácidas da base do Supergrupo Espinhaço.

Datações **U-Pb** por LA-MC-ICP-MS em cristais de zircão extraídos das variedades predominantes de seixos graníticos revelaram idades Paleoproterozóicas (**2199 ± 8.5 Ma** e **2247 ± 13 Ma**). Idades comparáveis só são encontradas regionalmente em núcleos do embasamento do Supergrupo Espinhaço (Complexo Mantiqueira) e Açungui (núcleos Tigre, Setuva e Betari).

A idade de deposição dos metaconglomerados (**1.75-1.79 Ga**), indicada pelas datações **U-Pb** em rochas metavulcânicas intercaladas é consistente com a idade dos clastos (granito fonte), datados em **2.2 Ga**, e com a ausência de indicações de contribuições de áreas-fontes mais jovens para os metassedimentos da Fm. Morro Doce.

Agradeço ao Prof. Valdecir por toda a dedicação ao longo destes oito anos de parceria.

Agradeço a minha amada e companheira Bruna, que faz parte integrante de todas as etapas desta dissertação. Agradeço a minha família e amigos.

Agradeço a Lucelene (o que seria desta dissertação sem ela?) e Adriana (Bisteca). Agradeço as colaborações em diversos setores na elaboração desta dissertação: Chuck, Samar, Vinícios (Mikuim), Bruno (Melado), Baseiado, Brenda, Carrapato, Chico Mineiro, Sagui, Polegar, Guano, Monocelha, Braga, Pulga, Iscoria, Argolinha, Titica, Gaston... e muitos amigos da Pós-Graduação.

Agradeço a Sandra, Inês, Margarete, Ricardo e Paulinho. Agradeço ao Vasco (não é o time), Zé Paulo, Zé Carlos, Henrique e a todos os funcionários dos diversos laboratórios por onde “andei”. Ah! Claro Dona Celina. Agradeço aos Profs. Ginaldo, Silvio, Romalino e Renato (ninguém).

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	2
I. 1. INTRODUÇÃO	2
I. 2. MATERIAIS E MÉTODOS	4
I. 2. 1. Levantamento Bibliográfico	4
I. 2. 2. Trabalhos de Campo e Coleta de Amostras	4
I. 2. 3. Petrografia	5
I. 2. 4. Geoquímica	5
I. 2. 4. 1. Preparação de amostras e procedimentos analíticos	5
I. 2. 4. 2. Controle de Qualidade Analítica	5
Fluorescência de Raios-X (FRX)	5
Espectrometria de Massa por Plasma (ICP-MS)	6
Comparações entre os Métodos FRX e ICP-MS	11
I. 2. 5. Geocronologia U-Pb por LA-MC-ICPMS	12
CAPÍTULO II - GEOLOGIA REGIONAL	14
II. 1. HISTÓRICO DOS TRABALHOS SOBRE A GEOLOGIA DO PRÉ-CAMBRIANO PAULISTA, ATÉ O ANO DE 1955.	14
Resumo	14
Histórico	15
II. 2. ESTRATIGRAFIA E AMBIENTES DE SEDIMENTAÇÃO	27
II. 3. GEOCRONOLOGIA	33
II. 3. 1. Sequências Supracrustais do Domínio Apiaí-São Roque	33
II. 3. 2. Rochas Plutônicas do Domínio São Roque	35
II. 3. 3. Embasamento	36
CAPÍTULO III – METACONGLOMERADOS, METARCÓSEOS E ROCHAS METAVULCÂNICAS ASSOCIADAS	37
III. 1. SITUAÇÃO TECTÔNICA	37
III. 2. GEOLOGIA LOCAL	38
III. 2. 1. METACONGLOMERADOS	41
III. 2. 1. 1. Petrografia dos Clastos	42
III. 2. 2. METARCÓSEOS	43
III. 2. 3. ROCHAS METAVULCÂNICAS	44
III. 3. GEOQUÍMICA DOS CLASTOS GRANÍTICOS, METARCÓSEOS E ROCHAS METAVULCÂNICAS	45
III. 4. DATAÇÃO U-PB DOS SEIXOS (LA-MC-ICP-MS)	59
III. 5. CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXO – I	
(Fotos de Campo)	
ANEXO – II	
(Fotomicrografias)	
ANEXO – III	
(Resumo expandido, publicado no Congresso Brasileiro de Geoquímica, 2007)	

Capítulo I – *Introdução*

I. 1. Introdução

A cadeia de montanhas que compõe as faixas dobradas da porção leste do Brasil, chamada por Eschwege (1824) de “serra do Espinhaço”, abriga antigas bacias sedimentares cujas idades e correlações ainda são temas controversos. Parte desta cadeia de montanhas, localizada nos Estados de Minas Gerais e São Paulo recebe o nome Serra da Mantiqueira, e especificamente a norte de São Paulo, serra da Cantareira (Derby, 1895). A “serie de xistos metamorphycos” (Oliveira, 1887) que compõe parte do substrato rochoso que sustenta as regiões elevadas no Estado de São Paulo foi chamada por Gonzaga de Campos (1888) de “*camadas* de São Roque”. Este conjunto de camadas que afloram a norte da cidade de São Paulo foi elevado à categoria de Grupo São Roque em 1963 (Paoliello, 1964).

O Grupo São Roque caracteriza-se por rochas de baixo grau metamórfico, depositadas em ambiente marinho (Moraes Rego, 1933) com atividade vulcânica submarina (Carneiro *et al.*, 1984). As ocorrências da Formação Morro Doce (Juliani, 1999) são dominadas por metarcóseos e metarenitos feldspáticos com expressivas lentes metaconglomeráticas, que formam uma seqüência considerada como unidade basal do Grupo São Roque. Os metaconglomerados que afloram a norte da cidade de São Paulo têm chamado a atenção dos geólogos desde os trabalhos de Coutinho (1955), e o amplo predomínio de clastos graníticos tem excelente potencial para identificação de suas fontes e idades.

Datação **U-Pb** em monazita de rocha metabásica apresentada por Hackspacher *et al.* (2000) (**628 ± 9 Ma**) foi interpretada como indicativa de que o Grupo São Roque se depositou no Ediacarano, o que seria coerente, tratando-se de unidade mais jovem que o Grupo Serra do Itaberaba, do Proterozóico Médio (Juliani *et al.*, 2000). Datações **K-Ar** em biotita do arcabouço do metaconglomerado sugerem, no entanto, idades de metamorfismo da ordem de **800 Ma** (Tassinari *et al.*, 1985).

A deposição do Grupo São Roque tem sido determinada com maior segurança através de datações **U-Pb** de rochas metavulcânicas ácidas e básicas que ocorrem intercaladas na Formação Morro Doce (Carneiro *et al.*, 1984), e indicam idades na passagem Estateriano-Caliminiano (**1.79 Ga**; van Schmus *et al.* 1986; **1.75 Ga**; Oliveira *et al.* 2008). Esta idade sugere que a sedimentação do Grupo São Roque teve início a partir da

“Tafrogênese Estateriana” (Brito Neves *et al.*, 1995), o que abre a possibilidade de cronocorrelação com a base do Supergrupo Espinhaço (Schobbenhaus *et al.*, 1994; Brito Neves *et al.*, 1979) e a base do Supergrupo Açungui (Basei *et al.*, 2003; Weber *et al.*, 2004).

Em uma fase inicial, a presente pesquisa explorou a possibilidade de proveniência dos metaconglomerados do Grupo São Roque a partir de um arco magmático continental neoproterozóico, sugerido pela datação e interpretação paleogeográfica (bacia de “backarc”) de Hackspacher *et al.* (2000). Foi feita uma comparação geoquímica detalhada entre os clastos dos metaconglomerados e os granitos neoproterozóicos, a partir das variedades petrograficamente similares às identificadas nos clastos. Embora tenham sido reveladas similaridades com alguns dos granitos neoproterozóicos do batólito Agudos Grandes (Henrique-Pinto & Janasi, 2007), discrepâncias para alguns elementos traços como **Rb**, **Nb** e **Ga** mostraram que os clastos não têm equivalência com nenhum dos granitos neoproterozóicos regionais conhecidos.

Os clastos graníticos do metaconglomerado foram estudados em detalhe no presente trabalho, e datados em **2.2 Ga (U-Pb)** por LA-MC-ICP-MS), que é, portanto a idade da área-fonte predominante da Fm. Morro Doce, consistente com a idade de deposição dos metaconglomerados de **1.75-1.79 Ga**, indicada pelas datações **U-Pb** em rochas metavulcânicas intercaladas.

I. 2. Materiais e Métodos

I. 2. 1. Levantamento Bibliográfico

A região da cidade de São Paulo e arredores conta com o maior e mais antigo acervo de estudos geológicos do Brasil, que nem sempre é de fácil acesso para aqueles que iniciam seus trabalhos de revisão bibliográfica. A maior parte dos trabalhos consultados encontra-se na biblioteca do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, porém arquivos mais antigos só foram encontrados em específicas bibliotecas*, como é o caso dos trabalhos consultados para a revisão histórica que consta no item ***II. 1. Histórico***.

* Bibliotecas: Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo, SP; Instituto Geográfico e Cartográfico, SP; Instituto Geológico, SP; Museu Paulista, Universidade de São Paulo, SP; Museu Republicano, Universidade de São Paulo, cidade de Itu, SP; Club Militar, RJ; Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP; Centro de Estudos Históricos e Culturais, Belo Horizonte, MG; Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, SP.

I. 2. 2. Trabalhos de Campo e Coleta de Amostras

Um primeiro perfil geológico de detalhe foi levantado em uma exposição que aflora por cerca de 200 metros na pista sul do Rodoanel Viário Metropolitano de São Paulo (km 9,5), na região do Morro Doce (Henrique-Pinto, 2004; Henrique-Pinto & Janasi, 2006). Trata-se da maior exposição de metarcóseos e metaconglomerados sem alteração intempérica existente na região, na qual existe significativa variedade de clastos graníticos.

A carta topográfica da Folha Santana do Parnaíba (IBGE, 1984) e o mapa geológico da mesma Folha (IPT, 1983) serviram como guia para novas visitas de campo a outras exposições; os estudos de campo e a coleta de amostras se concentraram nas regiões da Fazenda Itahyê e Morro do Polvilho. Importante volume de metarcóseos e rochas metavulcânicas foi coletado nas exposições das rodovias Anhanguera e Bandeirantes.

As medidas de susceptibilidade K foram obtidas em um medidor portátil *Exploranium Kappameter KT-9*, que fornece leituras em unidades SI (Sistema Internacional). A susceptibilidade magnética K mede a razão entre J (momento magnético

dipolar por volume unitário) e H (intensidade do campo magnético aplicado), tal que $K=J/H$.

I. 2. 3. Petrografia

Os estudos petrográficos foram feitos em secções delgadas a partir de luz transmitida em microscópios *Zeiss Axioplan*. As amostras foram descritas em termos texturais e mineralógicos, e as feições mais importantes foram fotografadas e são apresentadas no **Anexo II**. Seções polidas de duas amostras (clastos de monzogranito equigranular MD-01C e arcabouço MD-01B) foram obtidas para o estudo petrográfico a partir de luz refletida.

I. 2. 4. Geoquímica

I. 2. 4. 1. Preparação de amostras e procedimentos analíticos

A geoquímica de rochas, uma das ferramentas principais deste trabalho, contou com um quadro de 55 amostras analisadas, que incluem clastos extraídos do metaconglomerado (granitos, rochas metavulcânicas básicas e quartzitos), metarcóseos, anfibolitos, rochas metavulcânicas básicas e ácidas e granitos regionais.

O tratamento das amostras processou-se no *Laboratório de Tratamento de Amostras* do *IGc-USP*, e envolveu as etapas de fragmentação de amostras representativas e livres de alteração em britador de mandíbulas de aço ou prensa hidráulica até a fração grânulo, seguida de quarteamento e moagem em moinho de ágata do tipo planetário. Pastilhas de rochas prensadas e fundidas foram analisadas por Fluorescência de Raios X (*Laboratório de FRX* do *IGc-USP*), seguindo o protocolo descrito por Mori et al. (1999). Um subconjunto dessas amostras foi analisado por *ICP-MS* no *Laboratório de Química e ICP* do *DMG-IGc-USP*, segundo o procedimento analítico descrito em Navarro (2004).

I. 2. 4. 2. Controle de Qualidade Analítica

Fluorescência de Raios-X (FRX)

Pastilhas de rochas prensadas e fundidas foram analisadas por Fluorescência de Raios X (*Laboratório de FRX* do *IGc-USP*) em quatro etapas, denominadas de **FRX 1**,

FRX 2, FRX 3, FRX 4. A qualidade destas análises é atestada pelas similaridades entre os valores obtidos e recomendados para os materiais de referência (**JB 1- basalto; JG1-granito**). Neste sentido, nenhuma discrepância relevante também aparece quando comparadas às amostras com duplicatas (**MD-01F, MD-26B, MD-43, MD-34A, MD-10A, MD-11B**). Sutis diferenças aparecem somente para os elementos que se aproximam do limite de detecção do método, como **Cl, S, F, Co, Ni**. (*Figura 1, 2 e 3*).

Espectrometria de Massa por Plasma (ICP-MS)

Os dados obtidos por *ICP-MS* no *Laboratório de Química e ICP* do *DMG-IGc-USP* são referentes a variedades de clastos coletados na região do Morro Doce e Morro do Polvilho. A qualidade destas análises é atestada pela coerente similaridade entre os valores obtidos e recomendados para os materiais de referências **JG-3 -granito** e **JR-1 -riolito (GSJ - Japão)**, e pela similaridade entre os valores da amostra com duplicata - **MD-10B**. (*Figura 4*)

Figura 1: Comparação entre os valores obtidos e recomendados para o material de referência **JB 1a** - método *FRX* (elementos maiores (óxidos) - % em peso; elementos traços – ppm).

Figura 2: Comparação entre os valores obtidos e recomendados para o material de referência JG 1a - método FRX (elementos maiores (óxidos) - % em peso; elementos traços – ppm).

Figura 3: Comparação entre os valores obtidos para as amostras com duplicatas – método *FRX* (elementos maiores (óxidos) - % em peso; elementos traços – ppm).

Figura 4: Comparação entre os valores (ppm) obtidos e recomendados para o material de referência **JG – 3** e os valores (ppm) da amostra com duplicata **MD-10B** – método *ICP-MS*.

Comparações entre os Métodos FRX e ICP-MS

A comparação para elementos traço analisados por ambos os métodos analíticos (*Fluorescência de Raios X* e *ICP-MS*) mostra que, em linhas gerais, não existem diferenças significativas nas amostras **MD-01B**, **MD-01C**, **MD-01D**, **MD-01E**, **MD-01N**, **MD-10B**. Apenas o elemento **Nd** aparece superestimado na amostra **MD-01D**, para o método *FRX*. (

Figura 5: Comparação entre os valores (ppm) obtidos nos métodos FRX e ICP-MS.

I. 2. 5. Geocronologia U-Pb por LA-MC-ICPMS

Para determinar a idade dos seixos graníticos do metaconglomerado, foram separados cristais de zircão em duas amostras de clastos da variedade predominante *monzogranito equigranular* das ocorrências do Morro Doce (MD-01C) e Morro do Polvilho (MD-10B). Os concentrados foram obtidos no *Laboratório de Separação Mineral* do *IGc-USP*, segundo procedimento padrão de moagem em moinho de anéis, seguida de peneiramento. A separação mineral por diferença de densidade foi feita através do uso de mesa vibratória, e líquidos densos (bromofórmio e iodeto de metileno).

Os concentrados foram submetidos a processo de separação usando propriedades magnéticas em separador do tipo *Frantz*. A partir dos concentrados das frações não magnéticas a 1,0 A, seguiu-se com uma nova triagem no separador *Frantz*, mantendo uma amperagem constante de 1,5 A, e alternado apenas o ângulo de queda dos cristais em relação às canaletas de coleta, objetivando a seleção dos cristais menos magnéticos, com faces prismáticas bem preservadas, brilho vítreo e poucas inclusões.

Esses cristais foram colocados em montagens feitas em resina (araldite), que foram posteriormente polidas manualmente até expor os grãos. Os procedimentos seguintes foram feitos pelo Prof. Valdecir de Assis Janasi, orientador desta Dissertação, durante visita ao Department of Earth and Atmospheric Sciences da Universidade de Alberta em Edmonton, Canadá, em novembro de 2007, com o apoio do Dr. Antonio Simonetti e outros colaboradores.

Foram obtidas inicialmente, em Microsonda Eletrônica, imagens de elétrons retroespalhados de cada cristal, que permitiram identificar zoneamentos internos, e realçar feições como inclusões e fraturas dos grãos, que foram evitadas quando da escolha das posições de incidência do laser.

As determinações isotópicas foram feitas por LA-MC-ICPMS em espectrômetro Nu Plasma acoplado a um sistema de ablação a laser Nd:YAG ($\lambda=213$ nm) New Wave Research. O espectrômetro é dotado de três contadores iônicos e doze contadores Faraday, configuração que permite a detecção simultânea de sinais de íons da massa ^{238}U até ^{203}Tl , e permite a obtenção de razões Pb-Pb e U-Pb altamente precisas e reproduzíveis. A precisão e exatidão das análises foram verificadas pela análise dos padrões de zircão BR266 e

91500. Em vista do elevado conteúdo de Pb nos cristais em estudo, foi possível obter sinal de intensidade adequada para “spots” com 20 μm de diâmetro, uma resolução espacial bastante satisfatória que permitiu obter análises nas porções mais preservadas dos grãos. Maiores detalhes dos procedimentos analíticos são apresentados em Simonetti *et al.* (2005).

Capítulo II - Geologia Regional

II. 1. Histórico dos Trabalhos Sobre a Geologia do Pré-Cambriano Paulista, até o ano de 1955.

Resumo

Segundo *Adalbert Orville Derby*, o “primeiro impulso dado à mineração no Brasil (...) foi devido à descoberta das lavras auríferas do Jaraguá”, onde já se anunciava a existência de ouro, desde **1562**. No entanto, os primeiros escritos sobre a geologia paulista se dão a partir do “Diário de uma viagem mineralógica pela província de São Paulo no ano **1805**”, escrito por *Martim Francisco Ribeiro de Andrada*.

Muitos viajantes naturalistas vieram para o Brasil após a chegada da família real no ano de **1808**, e deixaram curtos registros sobre a geologia do Estado de São Paulo. O primeiro trabalho de peso chama-se “Jornal do Brasil”, escrito por *Wilhelm Ludwig von Eschwege*, onde se encontram anexados os estudos de *Friedrich Ludwig Wilhelm Varnhagen*, sobre parte da capitania de São Paulo. Em “Brasil, novo mundo” publicado em **1824**, *Eschwege* descreve uma cadeia de montanhas que se prolonga de Pernambuco até o Rio Grande do Sul, nomeada de “*serra do Espinhaço*”. “As series metamorphicas não crystallinas”, que compõem este conjunto de serras, são correlacionadas por *Derby* em **1878** e **1882**.

Fundada em abril de **1886**, a “Comissão Geographica e Geologica da Província de São Paulo” é responsável por gerar as primeiras cartas topográficas do Estado. Enquanto *Francisco de Paula Oliveira* dedicava-se aos estudos dos granitos e metassedimentos da província de São Paulo, *Luiz Felipe Gonzaga de Campos* estudava principalmente os “terrenos horizontaes” da Bacia do Paraná.

Das explorações realizadas nos rios paulistas em **1905**, por *Guilherme Florence*, aos importantes trabalhos efetuados no sul do estado por *Euzébio Paulo de Oliveira* e *Othon Henry Leonardos*, **1925** e **1934** respectivamente, muito se somou ao conhecimento da geologia na região. No entanto, coube a *Luiz Flores de Moraes Rego* em **1933** a primeira tentativa de reconstituição do paleoambiente sedimentar, admitindo uma origem marinha para as series metamórficas de São Roque. Tais considerações foram seguidas por *Fernando Flavio Marques de Almeida* em **1945** e *José Moacyr Vianna Coutinho* em **1955**.

Prefácio

A região da cidade de São Paulo e arredores conta com o maior e mais antigo acervo de estudos geológicos do Brasil, que nem sempre é de fácil acesso para aqueles que iniciam seus trabalhos de revisão bibliográfica. O autor não tem a pretensão de cobrir por completo o amplo e diversificado espectro do acervo literário sobre a geologia do Pré-Cambriano paulista até o ano de 1955 e sim, homenagear os mais brilhantes e pioneiros trabalhos da região.

Histórico

Segundo o “Retrospecto Histórico dos Trabalhos Geográficos e Geológicos Efetuados na Província de São Paulo”, escrito por *Adalbert Orville Derby*, em **1889**, “o primeiro impulso dado à mineração no Brasil (...), foi devido à descoberta das lavras auríferas do Jaraguá, perto da capital de São Paulo”. Local da primeira descoberta de ouro no Brasil, “segundo uma carta de Braz Cubas, datada de **1562**”, onde já se anunciava a “existência de ouro a 30 léguas de Santos”.

Em cartas enviadas a *von Eschwege*, *Friedrich Ludwig Wilhelm Varnhagen* atribui a Afonso Sardinha a descoberta “do minério de ferro em Araçoiaba”, e “as primeiras lavagens de

ouro da Serra de Jaraguá”, em **1590**. Tais minas de ouro, segundo *Francisco de Paula Oliveira*, são também referenciadas por Jean de Laet, na sua obra, “História do Novo Mundo”, em **1640**.

“A febre do ouro propagava-se por toda a parte e de Portugal partiam os navios conduzindo aventureiros e ferramentas para o novo *Perú brasileiro*” (*Oliveira*, **1892**).

No histórico apresentado por *Othon Henry Leonardos*, coube a D. Francisco de Souza, em **1609** o primeiro registro sobre as minas de prata na Capitania de São Vicente.

No entanto, os primeiros escritos sobre a geologia paulista, se dão a partir do “Diário de uma viagem mineralógica pela província de São Paulo no ano **1805**”.

Nesta viagem, *Martim Francisco Ribeiro de Andrada* descreve granitos com granada nos morros de Peruíbe, e através do rio Ribeira de Iguape, parte de Cananéia a Xiririca (atual Eldorado), onde descreve “*basaltos* em bolas”, “*xistos argilosos*” e “enormes massas de *rocha granítica* de grão fino”, por vezes porfiríticas. Em Iporanga, encontrou “bancos de pedra *calcárea*” com grutas estalactíticas.

Também importante registro sobre o Brasil de **1807** a **1811** coube a

inglês *John Mawe* que, ao passar pela cidade de São Paulo, descreve-a como sendo banhada na base por “dois riachos, que na estação das chuvas, quase a transformam em ilha. Os riachos desembocam em largo e belo rio, o Tietê, que atravessa a cidade, numa milha de extensão, tomando a direção sudoeste”.

Na excursão às “afamadas” minas de ouro do Jaraguá *Mawe* descreve a superfície da região como “irregular, ou antes, montanhosa. As rochas onde aparecem indicam ser *granito primitivo*, inclinado para *gnais* com certa porção de *anfíbólio* e não raro de *mica*. A terra é avermelhada, extraordinariamente ferruginosa (...) O ouro se encontra, na maioria num stratum de *seixos* redondos e *calhaus* (...), inteiramente sobreposto a uma rocha sólida”.

Somente com a transferência da Família Real portuguesa em **1808**, começou-se a registrar com maior detalhe a geologia do Brasil.

Contratado pela Coroa, *Wilhelm Ludwig von Eschwege* inicia seus estudos no ano de **1811**, e publica o “Jornal do Brasil”, em **1818**. Trata-se do primeiro estudo de maior profundidade sobre a geologia e a geografia do Brasil; esta obra contém também os estudos de *Varnhagen*, sobre parte da Capitania de São Paulo.

“Ao longo de toda a Serra do Mar, não observei rochas acamadadas, mas apenas depósitos *aluvionares* (...). Até a entrada do porto de Santos, a costa é formada por *granito*, que freqüentemente passa para *gnaisse* (...), em algumas regiões encontra-se *granada* disseminada (...), é comum encontrar *magnetita* associada ao granito (...). Às vezes, o *granito* é substituído completamente por *magnetita*, formando bolsões, camadas e veios (...). Ultrapassando, porém, o cume da serra em direção ao interior, encontra-se (...) *xisto argiloso* de transição, *xisto silicoso* (...) e rocha *calcária primária*, branca e granulada”.

“Sobe-se a serra entre dois cumes (...), e bem em cima chega-se ao platô, que prossegue (...) até além da cidade de São Paulo, que é delimitada pela segunda serra (denominada geralmente *Serra da Mantiqueira*), que tem direção de leste para oeste (...). As colinas mais elevadas (...), são formadas de *granito*, sobreposto por *grauvaca*, *xisto argiloso*, *xisto silicoso* e, nos vales, *filito*”.

“A cidade de São Paulo situa-se a uma elevação de 50 a 100 pés acima de uma planície pantanosa, formada pelo rio Tietê (...). O embasamento é *gnaisse*, sobrepõe-se a ele uma espécie de *carvão* alterado, semelhante à *turfa* (...), este, por sua vez é recoberto por um

conglomerado arenoso (...), segue-se um banco de *argila* (...), depois uma camada de *argila ferruginosa* (...) e, por fim, um *barro amarelo*".

Varnhagen também relata um pouco da história do *ferro* em São João de Ipanema, e na "Serra de Araçoiaba", onde a implantação da primeira fundição foi atribuída a Afonso Sardinha.

A origem do "*ouro primário*" na serra do Jaraguá, cuja "lavagem" era executada em aluviões sobrepostos a "*xistos argilosos, gnaisses e granitos*", é relacionada a um "*vieiro de limonita*", provável "rocha matriz" encontrada "ao pé do Morro".

Martim de Andrada e seu irmão José Bonifácio de Andrada e Silva, então denominado "Patriarca da Independência", partiram de Santos ao interior de São Paulo, em 1820. Lá descreveram o ponto mais elevado, chamado de *Monsserrat*, e cuja rocha "é composta de *gnais*, que passa por vezes ao verdadeiro *granito* (...) sobre este *gnais*, aparece, de vez em quando, o *xisto argiloso primitivo*, que se transforma em algumas partes em *micaxisto*".

Depois de passarem pelas unidades de *turfas* e as chamadas *minas de ferro argilosas* na cidade de São Paulo, os irmãos Andradas partem para "ver os montes e as minas de ouro do Jaraguá". No percurso cruzam o rio Tietê,

que "ocorre encaixado e com bastante água (...), logo que se tem subido as alturas que formam a serra anterior à do Japi, o terreno é cortado por pequenas descidas (...) em algumas partes achamos grandes fragmentos solitários de *granito*, de grão médio, misturado de *mica negra*".

Em "Brasil, novo mundo" publicado em 1824, Eschwege descreve uma cadeia de montanhas "chamada em algumas regiões de *serra da Mantiqueira*", que "sustenta na sua linha de cumeada os pontos mais altos do Brasil". Esta se prolonga "através da província de Minas Gerais em direção ao norte, através da Bahia e de Pernambuco, e em direção sul, através de São Paulo e o Rio Grande do Sul. Dei a essa cadeia o nome de *serra do Espinhaço*".

Derby, em 1895 caracteriza o sistema de cordilheiras da *Serra da Mantiqueira* em São Paulo, a partir do conjunto *Serra da Cantareira*, como um "macisso composto", e a *Serra do Jaraguá*, como "pico ou montanha isolada". Em 1898 as "*montanhas*" ao redor da cidade de São Paulo, são descritas como "*xistos* antigos em posição inclinada", cortados por *granitos* que passam "subterraneamente, por baixo do distrito urbano".

Para Derby, a necessidade de "novas expansões", onde os "trabalhos

geographicos embrionarios não mais podiam satisfazer”, levou o governo imperial, no ano de **1874**, à criação da Comissão Geológica, que foi dirigida por *Charles Frederick Hartt*.

Em **1870**, na região da província de São Paulo, *Hartt* relata que, ao subir a Serra do Mar, aparece “um imenso tabuleiro de *gnais*, encrespado por uma linha de consideráveis morros (...), tornando-se gradualmente mais baixo para oeste, até que em Campinas, largas planícies são alcançadas (...) A oeste de São Paulo, encontram-se algumas montanhas elevadas; a mais notável delas é Jaraguá, em cuja vizinhança as minas de *ouro* foram outrora trabalhadas”.

Parte da “Província do Paraná”, estudada por *Derby* em **1878**, “foi por muito tempo conhecida como *região diamantífera*”. Sendo pequenas as “pedras preciosas ahi achadas, conquanto de boa qualidade e côr”.

“As *series metamorphicas* não *crystallinas* compostas de *quartzitos* (*itacolumito*, *itabirito*, *jacutinga*), *schistos talcosos* e *marmores* (...), são “caracteristicos do interior das provincias da Bahia e Minas Gerais”, estendendo-se “em uma zona continua em direcção ao sul, provavelmente até o Rio Grande do Sul, apresentando em toda parte os mesmos caracteres essenciaes”. Tais associações também são propostas em

estudos praticados por *Derby* em **1882**, nos “Valles do rio das Velhas e alto S. Francisco”.

São comparados também, *mármore*s associados a “*schistos* vermelhos da *região de Assunguy*”, com equivalentes descritos perto de Sorocaba, em São Paulo.

“O mais interessante é um bloco de *conglomerado metamorphoseado* contendo seixos redondos do tamanho de um punho (...), unidas por um cimento silicoso”.

Fundada em abril de **1886**, a “Comissão Geographica e Geologica da Província de São Paulo” é responsável por gerar as primeiras cartas topográficas do estado.

Em um “esboço geologico da região compreendida entre os rios Sorocaba e Tieté”, *Francisco de Paula Oliveira*, em **1887**, separa geologicamente a região da província em quatro séries:

A serie de “*schistos metamorphicos*, incluindo *schistos argilosos*, *quartzitos* e *calcareos*”; a “serie *gneissica*” que se intercala com a “serie de *schistos metamorphicos*”; a serie “*sedimentaria* não *metamorphisada*”; e a serie de “*rochas eruptivas* composta principalmente de *granitos* de varios typos”, onde aparecem “as cadeias de montanhas da serra de São

Francisco, S. Roque e Itaquí”. Estas serras são constituídas de uma rocha “*granítica amphibolica*”, conhecida como “olho de sapo” e por “*granitos a turmalinas* e a *granadas* das pedreiras de Cayeiras”.

“Não resta duvida que o granito de Caieiras é eruptivo e posterior não somente aos *micaschistos* como também aos *schistos argillosos* (...). Ainda, porém, não me foi possível determinar a relação dos *schistos argillosos* com os *micaschistos*”.

São descritos como parte da serie de “*schistos metamorphicos*, os chamados “*schistos amphibolicos*”, que por vezes adquirem textura maciça, e nos quais “o desenvolvimento da schistosidade é devido ao movimento de sublevação que soffreram em comum com as rochas sedimentarias, em que foram injectadas”.

Coube a *Oliveira* o pioneirismo no que diz respeito ao estudo dos granitos do Estado de São Paulo, como o granito do *Tico-Tico*, *Pirituba*, *Itaquí*, *Sorocaba*, *Salto de Itu* e granitos com “*lepidolitha*” como o de *Perus*.

A gênese do ouro na região do Jaraguá é atribuída por *Oliveira* em **1888** e **1892**, a “grossos veieiros que atravessam os *micaschistos* em diversas direcções e que são encontrados *in situ*

perto do *morro Ururuqueçava* ou *morro Doce*”.

Em extensas e detalhadas secções, percorrendo principalmente as linhas férreas do estado, *Luiz Felipe Gonzaga de Campos* em **1888**, caracteriza os “*schistos inclinados* (...) e grandes massas de *granito*”, como constituintes da serra de São Roque, São Francisco e Paranapiacaba, que “prolongam-se até cerca da cidade de Castro”.

Os “*schistos argillosos inclinados*”, com direção geral de “N. 75° L”, da Serra de Paranapiacaba “análogos aos da Serra de São Roque”, associam-se “com camadas de um *quartzito* impregnado de silicatos magnesianos (...), a *calcareos* (...), e também com camadas de um *calcareo escuro* impregnado de substancia carbonosa”.

São descritas variedades de granitos “*côr de carne* semelhante ao do Salto de Itu (...) de muito quartzo”, com “pequena proporção de biotita”, “*granito de duas micas* que passa a ser muito quartzoso na descida para o rio Turvo” e “*granitos amphibolicos porphyroides*” com “grandes e bem formados cristaes”, que aparecem próximos a Piedade.

Gonzaga de Campos separa todo o conjunto de metassedimentos “em dois grupos: o mais *metamorphisado*, dos *schistos micaceos*, e o que menos o é, dos

schistos argillosos contendo depósitos de *calcareo carbonoso*”.

Guilherme Florence em “Notas geológicas sobre o rio Tieté”, através das explorações realizadas pela Comissão Geográfica e Geológica nos rios paulistas em **1905**, percorre desde a cabeceira até o Salto de Itu. O rio, neste trajeto, atravessa “*schistos argillosos (phyllites)* fortemente inclinados”, “*calcareo*” incluído nos “*schistos*”, *gabros*, *quartzitos* e “*schistos amphibolicos*”.

Em **1925**, Euzébio Paulo de Oliveira provavelmente introduz na literatura o nome “serie de São Roque”, ao descrever metacalcários do Estado de São Paulo. Porém o termo “camadas de São Roque”, já era consagrado na geologia paulista por Gonzaga de Campos em **1888**, como unidade lioestratigráfica.

“O Dr. Euzébio de Oliveira denominou as formações análogas do Estado do Paraná de Serie de Assunguy. O Dr. Gonzaga de Campos já havia proposto para suas homologas em S. Paulo a denominação *Serie de S. Roque*” (Moraes Rego, **1930**).

Em **1927**, Euzébio Paulo de Oliveira define como “serie de Assunguy”, na região do Estado do Paraná, seqüências de rochas constituídas “especialmente de *schistos argillosos*, pouco metamorphisados (...), *calcareos*, e

algum *quartzito*”, outrora estudados por M. A. Pissis em **1848**, e Derby em **1878**.

Luiz Flores de Moraes Rego em “As estruturas antigas do Brasil” e “Ensaio sobre as montanhas do Brasil e sua genesis” no ano de **1931**, chamou de *Pré-Brasilides* as “estruturas diastroficas” que se anexaram a “escudos arqueanos”, para dar origem à “grande molhe continental chamada *Brasilia*”. A esta se “havam de juntar outras estruturas, chamada de *Brasilides*, já paleozóicas”, dando origem à “Terra Gondwana”.

Moraes Rego compara o conjunto *serie São Roque*, em São Paulo, *serie Assunguy*, no Paraná, *serie de Brusque*, em Santa Catarina, com as camadas descritas no vale do Rio das Mortes em Minas Gerais.

“A ausencia de discordância entre os *phyllitos* do centro de Minas” e o do Rio das Mortes, “autorizam a negar que se tenha passado um intervallo de tempo apreciável a deposição da *serie Assunguy*”.

“As estruturas metamórficas de Minas se prolongam para sul. São terras constituídas de formações mais ou menos sincrônicas da *serie de Minas* (...), que se continuam até Sta. Catharina”.

Em **1932**, Moraes Rego divide as rochas de “*estructuras diastrophicas* antigas” em duas classes, “umas

completamente *granitisadas*, *gneiss* e *granitos* principalmente”, consideradas arqueanas, outras “*metamorphicas folhetadas*”, pertencentes à serie de São Roque, formadas por “*shistos* diversos, *quartzitos* e *calcareos*, injectadas pelos *granitos* e suas *apophysis*”.

Em trabalho mais amplo, como “Contribuição ao Estudo das Formações Predevoneanas de São Paulo”, *Moraes Rego* em **1933**, classifica as unidades metassedimentares da serie de São Roque como: “*materiaes de origem externa, clasticos, chimicos* ou mesmo *biogenicos*, transformados pelo *metamorphismo*”.

O grande trabalho realizado por *Moraes Rego* foi pioneiro no que diz respeito às primeiras tentativas de reconstituição do paleoambiente sedimentar, admitindo então para estes depósitos, uma “*origem marinha*”. “O mar devido á formação do *geosynclinal*, adquiriu grande profundidade”.

Para *Othon Henry Leonardos* em **1934**, na “série de São Roque encontram-se formações principalmente metamorfizadas na mesozona, muito semelhante a da *série de Minas*”, definida por *Derby* em **1906**.

Leonardos chama de “*formação Iporanga*”, “*filitos acetinados, folhelhos ardosianos*”, e “*conglomerados fluviais*

encontrados ao longo da Ribeira de Iguape”.

“Os conglomerados, que se acham encaixados nos filitos acetinados, encerram seixos de quartzitos, quartzo filonar, filitos com magnetita, eruptivas ácidas sericitizadas e cloritaxistos, ligados por um cimento sericítico”.

Avelino Ignácio de Oliveira em **1934** atribui para origem do ouro no Estado de São Paulo uma gênese relacionada a “*vieiros hydrothermaes de quartzo*”, outrora estudados por *Gonzaga de Campos* e *Francisco Oliveira*.

“Estes diques e vieiros se relacionam geneticamente aos grandes batholitos de granito porphyroidal”.

Importantes mineralizações são atribuídas aos granitos que limitam as ocorrências da “Série São Roque” (*Moraes Rego*, **1938** e **1943**).

“No meio de exposições limitadas de schistos reaparecem os granitos, como que em janellas”.

“Ao se collocar o magma em contacto com os *schistos*, já se haviam desprehendido os agentes *pneumatolithicos*”.

Avelino de Oliveira e *Leonardos* em **1943** apontaram para a “série São Roque e sua homóloga paranaense, série Assungui”, semelhanças estruturais e litológicas com a série Minas atribuindo à série de São Roque uma predominância

de membros *filíticos*, “outrora chamados de *xistos argilosos e talcosos*”.

Hipótese da existência de registros de vida na série de São Roque, já havia sido levantada por *Theodoro Knecht* em **1934**, com a descrição de uma “suposta” concha fóssil chamada de *Pteropodes*, que aparece no “cambriano inferior”.

A “primeira descoberta de estruturas sem dúvida fósseis, feita no pré-cambriano sul-amaricano”, coube a *Fernando Flavio Marques de Almeida* em **1944** e **1945**, que atribui para a série Assunguí, série Minas e “suas congêneres”, uma origem a partir de “mares epicontinentais”, com fósseis Pré-cambrianos referíveis ao gênero “*Collenia Itapevensis*”.

Almeida, em **1955**, identifica *estruturas retilíneas* (falhas) com aproximadamente 15,4 quilômetros de extensão, “indo pelo menos desde o morro Doce..., às nascentes do correio do Horto”.

Os quartzitos da serra do Japi são comparados aos do morro do Boturuna e Jaraguá por *Luciano Jacques de Moraes*, em **1944**.

“A área ocupada por essa serra se apresenta constituída predominantemente de quartzitos da Série de São Roque, ou de Assunguí, rochas que (...) se acham

encaixadas em filitos da mesma formação geológica”.

Já o Morro Doce, descrito por *Aziz Nacib Ab’Sáber* em **1947**, encontra-se “esculpido em um feixe de *chistos* e *filitos* menos resistentes” em relação aos *quartzitos* do Jaraguá, cuja orientação *E-W*, “escapa completamente ao sentido clássico *NE-SW* que geralmente se dá para as formações proterozóicas paulista (...). O batólito desnudado da Cantareira seria, no caso, o maior responsável pela orientação local *E-W* das estruturas do Jaraguá”.

José Moacyr Vianna Coutinho em **1955** relata a primeira inspeção científica realizada por *Otávio Barbosa* e *Fernando de Almeida* em **1953**, das então recentes escavações herdadas da construção da Rodovia Anhanguera. Esta inspeção permitiu o reconhecimento de *metaconglomerados polimíticos*. *Coutinho* refere-se à importância do achado, descrevendo estas rochas como um dos primeiros *conglomerados polimíticos metamorfizados* encontrado entre as rochas pré-devonianas brasileiras.

Ao fazer uma comparação com outros *metaconglomerados* do Brasil, *Coutinho* atribui semelhanças petrográficas e cronoestratigráficas aos descritos por *Leonardos* na região de

Iporanga, que *Otávio Barbosa*, em 1948, insere na “serie Açunguí”.

Muitos e importantes temas vieram com os anos que sucederam a estes trabalhos. No entanto, encerro aqui este histórico que dedico aos pioneiros estudos relacionados às rochas do Pré-cambriano paulista, “sobre as quais obrou a mão inexorável do volúvel tempo” (*Martim de Andrada – 1805*).

Referências Bibliográficas

AB’SÁBER, A. N. 1947. Geomorfologia da Região do Jaraguá, em São Paulo. *Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros*: 32- 40. ^{*(1)}

ALMEIDA, F. F. M. de. 1944. *Collenia Itapevensis sp. n.* – um fóssil pré-cambriano do Estado de São Paulo. *Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras*, Universidade de São Paulo, Boletim 1(45): 89-106. ^{*(10)}

ALMEIDA, F. F. M. de. 1945. A Vida Pré-Cambriana. *Geologia e Metalurgia*. Boletim 1: 81-90. ^{*(1)}

ALMEIDA, F. F. M. de. 1955. As Camadas de São Paulo e a Tectônica da Serra da Cantareira. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 2(4): 23-40. ^{*(1)}

ANDRADA, M. F. R. de. 1805. Diário de uma Viagem Mineralógica pela Província de São Paulo no Ano de 1805. (transcrição) *Boletim Paulista de Geografia*. São Paulo, outubro de 1954, 18: 35-42. ^{*(1)}

ANDRADA E SILVA, J. B. de. & ANDRADA, M. F. R. de. 1820. Viagem mineralógica na Província de São Paulo (Primeira Parte). (transcrição) *Boletim Paulista de*

- Geografia*. São Paulo, 16 de março, 1954: 66-74. ^{*(1)}
- BARBOSA, O. 1948. A Chamada Série Ribeira. *Mineração e Metalurgia*. Vol. XIII, setembro-outubro, 75: 187-188. ^{*(1)}
- COUTINHO, J.M.V. 1955. Metaconglomerado e rochas associadas no Município de São Paulo. *Boletim Fac. Fil. C. Let. USP* 186, Mineralogia 13(186): 5-56. ^{*(1)}
- DERBY, O. A. 1878. A Geologia da Região Diamantífera da Província do Paraná no Brasil. *Archivos do Museu Nacional*, vol. III: 89-98.
- DERBY, O. A. 1882. Relatório acerca dos estudos geológicos praticados nos Valles do rio da Velhas e alto S. Francisco. *Apresentado ao Conselheiro Manoel de Araújo, 29 de março. Typographia Nacional*. Rio de Janeiro. ^{*(2)}
- DERBY, O. A. 1889. Retrospecto Histórico dos Trabalhos Geográficos e Geológicos (Efetuados na Província de São Paulo). In: *Revista do Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo, julho a dezembro de 1949* (transcrição) 7(3-4): 283-300. ^{*(1)}
- DERBY, O. A. 1895. A denominação “Serra da Mantiqueira”. *Revista do Instituto Historico e Geografico de São Paulo*, 1: 1-15. ^{*(6)}
- DERBY, O. A. 1898. Geologia do Sudeste Paulista. *Boletim da Agricultura, Secretaria da Agricultura*, 1951: 3-4. ^{*(1)}
- DERBY, O. A. 1906. The Serra do Espinhaço, Brazil. *Journal of Geology*, 14(5): 374-401.
- ESCHWEGE, W. L. von. 1818. *Jornal do Brasil*. Tradução Friedrich E. Renger, Tarcísia Lobo Ribeiro e Günter Augustin, *Centro de Estudos Históricos e Culturais. Fundação João Pinheiro*. Belo Horizonte, 2002: 407p. ^{*(9)}
- ESCHWEGE, W. L. von. 1824. *Brasil, novo mundo*. Tradução Domício de Figueiredo Murta. *Centro de Estudos Históricos e Culturais. Fundação João Pinheiro*. Belo Horizonte, 1996: 197p. ^{*(2)}
- FLORENCE, G. 1905. Notas geológicas sobre o rio Tietê. *Comissão Geographica e Geológica de São Paulo – Exploração do Rio Tietê*, 3ª Edição – 1930: 10-16. ^{*(3)}
- GONZAGA DE CAMPOS, L. F. 1888. Secção Geológica. *Relatório*

- apresentado ao Dr. Orville A. Derby. Comissão Geographica e Geológica da Província de São Paulo. 15 de Dezembro: 21-34. *⁽⁵⁾*
- HARTT, F. C. 1870. “*Geology and Physical Geography of Brazil*”. Tradução de Edgar Süsskind de Mendonça e Elias Dolianiti. *Companhia Editora Nacional*, 1941, 200: 543-549. *⁽¹⁾
- KNECHT, T. 1934. Occorencia de Suppostos Fosseis na Serie de S. Roque em Araçaeiro, S. Paulo. *Mineração e Metallurgia*. 1(6): 250. *⁽¹⁾
- LEONARDOS, H. O. 1934. Chumbo e Prata no Estado de São Paulo. *Serviço de Fomento da Produção Mineral*. Boletim 6: 3-43. *⁽¹⁾
- MAWE, J. 1812. Viagens ao Interior do Brasil. Tradução de Selena Benevides Viana. São Paulo. *Editora da Universidade de São Paulo*, 1978: 243p. *⁽¹⁾
- MORAES, L. J. de. 1944. A Serra do Japí, Estado de São Paulo. *Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Universidade de São Paulo*. Boletim 1(45): 34-40. *⁽¹⁰⁾
- MORAES REGO, L.F. de. 1930. A Geologia do Petróleo no Estado de S. Paulo. *Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*. Rio de Janeiro, Boletim 46: 1-70. *⁽¹⁾
- MORAES REGO, L.F. de. 1931. As estruturas antigas do Brasil. *Annaes da Escola de Minas*: 27-85. *⁽¹⁾
- MORAES REGO, L.F. de. 1931. Ensaio sobre as montanhas do Brasil e sua genesis. *Revista do Club Militar*. Rio de Janeiro: 83-118. *⁽⁷⁾
- MORAES REGO, L.F. de. 1932. Notas sobre a geomorphologia de S. Paulo e sua gênese. *Instituto Astronômico e Geographico de S. Paulo*. Editora Limitada. São Paulo: 28p. *⁽¹⁾
- MORAES REGO, L.F. de. 1933. Contribuição ao estudo das formações pré-devonianas de São Paulo. *Boletim do Instituto Astronômico e Geographico*. São Paulo – SP: 55p. *⁽¹⁾
- MORAES REGO, L.F. de. 1943. A Geologia do Estado de São Paulo. Separata do Boletim do Departamento de Estradas e Rodagem, 3(3): 538-556. *⁽¹⁾
- MORAES REGO, L.F. de. & SOUZA SANTOS. T. D. de. 1938. Contribuição para o estudo dos Granitos da Serra da Cantareira. *Instituto de Pesquisas*

- Technologicas de S. Paulo. Boletim* 18: 1-162. ^{*(8)}
- OLIVEIRA, A. I. de. 1934. Relatório da Directoria, 1934-1935. *Serviço de Fomento da Produção Mineral, Ministério da Agricultura. Boletim* 18: 1-99. ^{*(8)}
- OLIVEIRA, A. I. de. & LEONARDOS, O.H., 1943. Geologia do Brasil. *Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro. Serie didática 2: 813p.* ^{*(1)}
- OLIVEIRA, E. P. de. 1925. Analyses de Calcareos. *Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. Ministério da Agricultura Industria e Commercio. Boletim* 10: 1-45. ^{*(1)}
- OLIVEIRA, E. P. de. 1927. Geologia e Recursos Mineraes do Estado do Paraná. *Serviço geológico e Mineralógico do Brasil. Monographia. VI: 53p.* ^{*(8)}
- OLIVEIRA, F de P. 1887. Esboço Geológico da Região Compreendida entre os Rios Sorocaba e Tieté. *Relatório da Província de São Paulo, Comissão Geographica e Geológica. 19 de novembro: 26-28.* ^{*(4)}
- OLIVEIRA, F de P. 1888. Relatório da Província de São Paulo, enviado ao Sr. Adalbert Orville Derby . *Comissão Geographica e Geológica de São Paulo. 10 de dezembro: 35-42.* ^{*(6)}
- OLIVEIRA, F de P. 1892. Ouro em São Paulo. Contribuição para o estudo da mineração no Brazil. *Imprensa da Casa da Moeda – Republica dos Estados Unidos do Brazil: 37p.* ^{*(4)}
- PISSIS, M. A. 1848. Mémoire Sur La Position Geologique Des Terrains De La Partie Australe Du Brésil. *Academie des Sciences, Paris: 43-368.* ^{*(1)}
- * Documentos consultados:** **1-** Biblioteca do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, SP; **2-** Biblioteca do Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo, SP; **3-** Biblioteca do Instituto Geográfico e Cartográfico, SP; **4-** Biblioteca do Instituto Geológico, SP; **5-** Biblioteca do Museu Paulista, Universidade de São Paulo, SP; **6-** Biblioteca do Museu Republicano, Universidade de São Paulo, cidade de Itu, SP; **7-** Biblioteca do Club Militar, RJ; **8-** Biblioteca da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP; **9-** Biblioteca do Centro de Estudos Históricos e Culturais, Belo Horizonte, MG; **10-** Biblioteca da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

II. 2. Estratigrafia e Ambientes de Sedimentação

“Consideramos agora as formações, distintas do complexo archeano, que se encontram abaixo da formação glacial e do devoniano” (Moraes Rego, 1930).

A primeira proposta estratigráfica para o sudeste brasileiro encontra-se nos estudos de Derby (1878), e cabem bem as palavras de Moraes Rego. O termo “serie de São Roque” é, segundo Moraes Rego (*op. cit.*), pioneiramente introduzido na geologia paulista por Gonzaga de Campos, que já em 1888, escrevia sobre as “camadas de São Roque”, formadas pela serie de “schistos metamorphicos”, definidos por Oliveira (1887) – cf. item ***II. 1. Histórico***.

O conceito de *Série*, segundo o Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri *et al.*, 1986a), não representa um conjunto de unidades litoestratigráficas, e sim de unidades cronoestratigráficas (que geocronologicamente representa uma *Época*). Recomenda-se então (Petri *et al.*, 1986b) a substituição do termo *Série*, para *Grupo* ou *Supergrupo*.

Muitos autores que correlacionam as rochas metamórficas do Estado Paraná com as do Estado de São Paulo priorizam o termo “*serie* de Assunguy” (Oliveira, 1925), atribuindo a Derby (1878) a introdução deste termo na literatura, o que de fato não ocorreu, pois Derby (1878) apenas referia-se à “*região* de Assunguy”.

Gonzaga de Campos (1888) ao referenciar as “*camadas* de São Roque” (*camada*: “unidade formal de menor hierarquia na classificação litoestratigráfica” (Petri *et al.*, 1986a)), compostas pela *Série* de “schistos metamorphicos”, geradas portanto em uma mesma *Época*, pioneiramente introduz um termo litoestratigráfico para estas rochas, que, por geograficamente ocorrerem na região da Serra de São Roque, receberam tal denominação. Estas são separadas em dois grupos: o mais metamorfizado, chamado de “schistos micaceos”, e o que menos o é, dos “schistos argillosos”.

São pioneiras as propostas de Moraes Rego (1933) para o paleoambiente sedimentar, admitindo uma origem marinha para as series metamórficas de São Roque. Tais considerações foram seguidas por Almeida (1944) que encontrou em Itapeva, no Estado de São Paulo, quartzitos com estratificações que exibem marcas com “característica do refluxo das ondas em praias de areias finas”, recoberto por filitos que se intercalam com espessos pacotes dolomíticos, “contendo em seus horizontes mais

altos as estruturas organógenas”, caracterizadas como do gênero *Collenia itapevensis* sp. n..

Almeida (1957) chamou de “Formação Itaiacoca” uma seqüência que se inicia com um espesso pacote de quartzitos de granulação fina e filitos quartzosos, sobre o qual repousam em “aparente concordância” mármores dolomíticos, subordinadamente calcíticos. Para Almeida (1957) os gnaisses, xistos e quartzitos da serra do Mar se encontram sobrepostos, após um período de erosão, pelos sedimentos da Série de São Roque, fato atestado, segundo Coutinho (1955), pela presença de seixos de quartzitos, encontrados nos metaconglomerados basais, cuja sedimentação se deu em profundidade sob condições marinhas (Odman, 1955).

Semelhante à estratigrafia de Coutinho (1955), são as propostas de Cordani *et al.* (1961) para a geologia da região do Jaraguá, que contempla uma unidade inferior de metarcóseos com “leitos” metaconglomeráticos seguidos pela deposição de “grauvacas”, descritos como depósitos marinhos de grande profundidade gerados por correntes de turbidez.

Paoliello (1964), em nota explicativa do Mapa Geológico editado pelo Instituto Geográfico e Geológico em 1963, substitui o termo “Série São Roque”, para “Grupo São Roque”, posicionado no Pré-cambriano superior. Já no Estado do Paraná, o termo “Série Açungui”, também foi modificado para “Grupo Açungui”, com significado litoestratigráfico (Marini *et al.*, 1967).

O “Grupo Açungui” segundo Marini *et al.* (1967), representa uma seqüência do “Pré-Cambriano superior”, com “mais de 10.000 m de metassedimentos”, que estariam representados na base pela “Formação Setuva”, separada por discordância litológica e angular das Formações “Capiru”, “Votuverava” (Bigarella *et al.*, 1958) e “Água Clara” (Marini *et al.*, 1967).

A “Formação Capiru” (Bigarella *et al.*, 1958) é comparada à “Formação Itaiacoca”, que contém as “estruturas organógenas” descritas por Almeida (1944; 1945 e 1957). Ambas são compostas predominantemente por dolomitos, quartzitos e secundariamente por filitos. Já a “Formação Votuverava” é considerada a unidade litoestratigráfica mais espessa (Marini *et al.*, 1967), com aproximadamente 3.500 metros, sendo composta predominantemente por filitos, quartzitos, metaconglomerados e calcários. Assenta-se em “aparente discordância” sobre a “Formação Votuverava” a “Formação Água Clara”, definida por Marini *et al.* (1967) como um pacote de rochas “calcárias impuras” que ocupam o topo do Grupo Açungui.

Petri & Suguio (1969) atribuem uma possível correlação lateral entre as formações Votuverava, Capiru (Bigarella, 1958) e Itaiacoca (Almeida, 1957). Porém quanto às formações Capiru e Itaiacoca (que contêm os horizontes fossilíferos), Petri & Suguio (1969) preferem não juntá-las em uma mesma formação, devido às diferenças litoestratigráficas, e ao afastamento geográfico entre elas. Diferenças quanto ao conteúdo fossilífero são apontadas por Fairchild (1977) ao identificar formas distintas de estromatólitos, formados sob “condições calmas” (“sub-litorais”) na Formação Itaiacoca (ex: *Conophyton* cf. *C. garganicum*), e formados em ambiente “mais energético” (“planície de maré”) na Formação Capiru.

Coutinho (1968, 1971) retoma a proposta de continuidade geográfica entre os Grupos São Roque e Açungui, nos Estados de São Paulo e Paraná, respectivamente. Segundo Coutinho (1971), a “unidade mais extensa”, que aflora continuamente “desde o Paraná até o nordeste da Capital de São Paulo”, corresponderia à “Formação Votuverava” (Bigarella *et al.*, 1958), onde predominam filitos “secundados por calcários, quartzitos e conglomerados”, depositados em ambiente marinho de águas relativamente rasas e movimentadas.

Maiores detalhes sobre os estudos efetuados no sul do Estado de São Paulo e Paraná não serão citados no presente trabalho. O histórico sobre os trabalhos destas regiões encontra-se em Fiori (1990) e Campanha (1991).

Hasui (1973) mantém a proposta de correlação entre as unidades de São Paulo e Paraná, distinguindo-as apenas no padrão deformacional. A seqüência terrígena inferior, composta por metapelitos com intercalações lenticulares metapsamíticas, sotoposta a um pacote de metapelitos com intercalações de metacalcários, e uma seqüência superior de metapelitos e metapsamitos com estruturas rítmicas, cuja deposição se daria em um ambiente de sedimentação tido sob condições marinhas, permitiram a subdivisão do Grupo São Roque em duas unidades: a “Formação Boturuna” (seqüência inferior), e a “Formação Piragibu” (seqüência superior) (Hasui, 1975a e 1976).

Mesmo admitindo semelhanças metamórficas e de idades, Hasui (1975a; 1976) e Hasui & Sadowski (1976), preferiram manter os Grupos São Roque e Açungui como dois “tectonogrupos” estratigraficamente distintos.

As rochas região da Serra do Japi foram incluídas por Wernick (1976) no Grupo Amparo apresentam predominantemente membros pelíticos (“Formação Ermida”) e psamo-pelíticos (“Formação Japi”), sem continuidade com as rochas do Grupo São Roque, o que também foi observado por Hasui *et al.* (1978).

Foi caracterizada por Coutinho *et al.* (1982) uma seqüência vulcano-sedimentar na região da Serra do Itaberaba, provavelmente iniciada por “erupções submarinas”, representadas por rochas “vulcânicas ou sub-vulcânicas básicas e seus tufos, bem como, camadas argilosas, margas e intercalações de sedimentos químico silicosos”. Esta seqüência foi descrita por Campos Neto *et al.* (1983) como a base do Grupo São Roque, caracterizada por anfibolitos finos e bandados, sobrepostos por meta-ritmitos compostos por “quartzitos hematíticos” e rochas calciossilicáticas. Já o pacote superior, de menor metamorfismo, é representado na base por “metarcóseos rítmicos” que terminam com filitos de intercalações quartzíticas, no topo (Campos Neto *et al.*, 1983).

Recebeu a denominação “Grupo Serra do Itaberaba” (Juliani *et al.*, 1986) a seqüência descrita por Coutinho *et al.* (1982). Este Grupo foi caracterizado pela “Formação Morro da Pedra Preta” (basal), composta por rochas metavulcanoclásticas, calciossilicáticas, e formações ferríferas, depositados em ambiente marinho de “águas profundas”. Sobrepoem-se “concordantemente” a esta a “Formação Nhanguçu”, composta por sedimentos “clasto-químicos”, depositados em ambiente de “águas mais rasas”. Compondo as “ fácies marginais da bacia”, encontra-se a “Formação Pirucaia”, possivelmente cronocorrelata as formações Nhanguçu e Morro da Pedra Preta, formada por rochas essencialmente quartzíticas, “provavelmente” depositadas em ambiente “litorâneo” (Juliani, 1993)

As colocações de granitos “pós-tectônicos” ocupando “núcleos anticlinórios” seriam responsáveis pela exposição destas “camadas basais”, e pelo metamorfismo de contato representado pela paragênese “granada–cummingtonita–cordierita hornfels” em metassedimentos “sílico-magnesianos”. Transformações termometamórficas também são descritas por Moraes Rego (1938), Coutinho (1955), Franco (1958), Bigarella *et al.* (1958), Cordani *et al.* (1961) e Gomes (1962).

Os chamados “*schistos amphibolicos*” de Oliveira (1887) foram as primeiras ocorrências relatadas sobre o magmatismo básico vinculados á sedimentação do Grupo São Roque. Estes anfibolitos, cuja maior ocorrência encontra-se na região do Jaraguá, receberam atenção especial de Coutinho (1955).

“Via de regra os anfibolitos formam pequenas manchas alongadas, de alguns metros de comprimento, dentro das rochas parametamórficas” (Gomes, 1962).

Com dimensões de aproximadamente “1,5 por 2,5 km”, o corpo anfibolítico do Jaraguá, encontra-se, segundo Gomes (1962), “confinado a uma extensa massa granítica tipo Pirituba” (granito Cantareira), e “em aparente discordância em relação aos xistos e

quartzitos”. Cordani *et al.* (1961) atribuíram para estes anfíbolitos idade anterior à atividade magmática granítica da região, o que resultou em metamorfismo de contato em alguns locais desta unidade metabásica (Gomes, 1962).

A colocação de granitos como os do tipo Pirituba, a partir de “núcleos anticlinórios”, que muitas vezes expõem as camadas da base do Grupo São Roque e o Grupo Serra do Itaberaba, ocorre na região do município de Caieiras com o granito Tico-Tico (Moraes Rego, 1933; Penalva & Hasui, 1970; Juliani, 1993), na região de Perus (Cordani *et al.*, 1967) e na região da serra do Itaberaba, com a colocação do granito Pedra Branca (Coutinho, 1982; Juliani, 1993). Relações similares também são descritas por Bigarella *et al.* (1958) no Estado do Paraná.

O Grupo São Roque é caracterizado por Carneiro (1983) como metapsamitos impuros, compostos, na base, por metarcóseos, metarenitos com intercalações de metaconglomerados polimíticos, rochas metavulcânicas e quartzitos. Esse pacote é sobreposto por metapsamitos rítmicos e bandados “de menor espessura”, gerados por prováveis seqüências turbidíticas em ambiente “marinho raso”. As rochas metavulcânicas intercaladas na unidade basal são caracterizadas por dois tipos petrográficos: anfíbolitos metabásicos (ex: corpo anfíbolítico do Jaraguá), e rochas metavulcânicas e meta-subvulcânicas (ex: pequenos corpos dentro da unidade de metarcóseos e “metariodacitos” da região do Morro do Polvilho) (Carneiro *et al.*, 1984). Estas rochas metavulcânicas ácidas são correlacionadas às ocorrências do morro do Boturuna por Bergmann & McReath (1992).

Seqüências metavulcano-sedimentares são descritas por Bistrichi (1982) na região de Pirapora, e foram caracterizadas Bergmann (1988) como *Formação Pirapora*. Trata-se de rochas metavulcânicas básicas com “pillow-lavas” estiradas (Figueiredo *et al.*, 1982) de caráter toleítico (Lazzari, 1987), associadas a rochas piroclásticas, com um membro carbonático, que localmente apresenta estruturas estromatolíticas (Bergmann & Fairchild, 1985 e 1986). Sugere-se também a ocorrência centros eruptivos do tipo vulcão, através da disposição de recifes carbonáticos, alguns com estromatólitos que circundam corpos metabásicos estratificados de geometria oval, em um ambiente “marinho de águas rasas” de uma provável “margem continental passiva divergente” (Bergmann, 1988).

Segundo Bergmann (1988), encontra-se em contato transicional com a Formação Pirapora a *Formação Estrada dos Romeiros*, que comporta um membro arenoso com metarenitos ritimitos por vezes “micro-conglomeráticos”, e subordinadas

intercalações metapelíticas e “hematíticas”. A ciclicidade observada na sedimentação levou à interpretação de uma zona de transição, com “ao menos um evento transgressivo”. Em contato “brusco a transicional” com o topo da Formação Estrada dos Romeiros, encontra-se a *Formação Boturuna* que comporta dois membros vulcânicos, e dois membros arenosos (arcoseanos e ortoquartzíticos).

O membro ortoquartzítico é descrito como um pacote de metarenitos bem selecionados com alta maturidade textural, com ocorrência de acamamento gradacional inverso, com seixos ocasionais. Estas feições levaram a uma hipótese, não confirmada, sobre uma provável “barra de praia”, que representaria uma transição para “dunas costeiras”.

Machado & Fragoso César (1992) mantêm a proposta de um paleoambiente com sedimentação em “margem continental passiva, que se aprofunda e espessa para sudeste”. São caracterizados “sistemas deltáicos”, com plataforma carbonática e siliciclástica, localmente afetados por “magmatismo básico contemporâneo”.

Dantas (1990) caracteriza uma estratigrafia que contempla duas unidades na região entre as cidades de São Paulo e Mairiporã:

Unidade inferior, composta por metapelitos (micaxistos, filitos laminados), rochas metabásicas intrusivas e extrusivas com níveis metatufíticos, rochas calciossilicáticas, metapsamitos “impuros” (níveis subordinados de metarcóseos, bancos de quartzitos e raros conglomerados). Os sedimentos grossos e imaturos, representados por metarcóseos, metagrauvacas, metaconglomerados e quartzitos, são associados a influxos terrígenos em bancos restritos próximos aos prováveis limites da bacia. Esta unidade, somada aos níveis metavulcânicos, é comparada à Formação Boturuna de Hasui *et al.* (1976), e à Formação Pirapora de Bom Jesus (basal) de Bergmann (1988).

Já a unidade superior, confinada na borda N-NW da faixa estudada, é caracterizada como uma seqüência metarrítmica que compreende filitos bandados e alternância de sericita xistos e filitos com metapsamitos puros a subarcoseanos, depositados em um possível sistema deltáico marinho progradante sobre a plataforma adjacente, chegando a atravessar os presumidos limites NNW da bacia. Esta unidade é comparada à Formação Piragibu de Hasui *et al.* (1976), sendo correlacionada também com a Formação Boturuna de Bergmann (1988).

Dantas (1990) propõe a partir de um “rift assimétrico” um paleoambiente de sedimentação limitado por falhamentos profundos, com disposição preferencial de influxos terrígenos provindos da borda S-SE da paleobacia. Ortognaisses miloníticos

são tidos como parte do embasamento, que possivelmente foram alçados tectonicamente a níveis superiores. Estes ortognaisses são comparados aos seixos encontrados nos metaconglomerados da região do Jaraguá, outrora estudados por Coutinho (1955) e Odman (1955).

Para a base do Grupo São Roque, Martin (2000) propõe correlação lateral com as Formações Morro Doce (Juliani *et al.*, 1999) e Pirapora (Bergmann, 1988). Em contato transicional com metarcóseos e metaconglomerados da Formação Morro Doce, estariam representados os sedimentos da Formação Boturuna (Hasui, 1973). A unidade de topo, composta predominantemente por sedimentos rítmicos, foi comparada por Martin (2000) à Formação Piragibu (Hasui, 1973) e ao membro arenoso da Formação Estrada dos Romeiros (Bergmann, 1988).

Na região de Votorantim e Salto de Pirapora, Fernandes da Silva (2004) caracteriza quatro litofácies, que da base para o topo estão representadas pela “associação siliciclástica basal”, que corresponde a uma “sucessão turbidítica” gerada em “águas profundas”; “associação siliciclástica intermediária”, que corresponde a uma “plataforma rasa progradante”; “associação clasto-química transicional”, que marca a mudança de ambientes deposicionais de “plataforma rasa” para “planície de maré mista”; e “associação carbonática impura” superior que representa “porções mais proximais e superiores de uma planície de maré”.

II. 3. Geocronologia

II. 3. 1. Sequências Supracrustais do Domínio Apiá-São Roque

A primeira proposta de idade para os metassedimentos do Estado de São Paulo e Paraná as situa em um período **pré-Devoniano**, devido às ocorrências fósseis da Formação Furnas (Devoniano) encontradas por Derby (1878). Somente com descoberta de estruturas “organógenas” da Formação Itaiacoca, referíveis ao gênero “*Collenia Itapevensis*” (Almeida, 1944 e 1945), estes metassedimentos foram posicionados no **pré-Cambriano**. O intervalo entre **850 e 1700 Ma** é sugerido pela presença de estromatólitos *Conophyton* cf. *C. garganicum* para a Formação Itaiacoca (Fairchild, 1977).

Tassinari *et al.* (1985) obtiveram isócronas **Rb-Sr**, com idade de **1200 ± 75 Ma** para os seixos “granito – gnáissicos” dos metaconglomerados posicionados na base do

Grupo São Roque por Coutinho (1955). As idades **K-Ar** em biotitas obtidas para a “matriz” foram de **800-750 Ma**, o que foi interpretado como o último evento metamórfico que atuou sobre essas rochas. Diagrama de evolução isotópica do **Sr** foi usado para sugerir que a fonte dos seixos teria se formado em idade anterior a **2,4 Ga**, sendo assim, segundo Tassinari (1988) não estaria mais “aflorando hoje em dia”.

A possibilidade de que a parte inferior do Grupo São Roque seja “bem mais antiga” que os “pacotes superiores” é levantada por Van Schmus *et al.* (1986), a partir da idade **U-Pb** em zircão de **1790 ± 14 Ma** obtida para rochas metavulcânicas ácidas da região do Morro do Polvilho. Os autores posicionam estas rochas estratigraficamente abaixo dos metaconglomerados descritos por Coutinho (1955), apontando similaridades petrográficas e de idade com as rochas metavulcânicas ácidas do Supergrupo Espinhaço, da região de Conceição do Mato Dentro – MG, datadas em **1770 Ma** (Brito Neves *et al.*, 1979). McReath *et al.* (1981) propõem possíveis correlações entre estas metavulcânicas ácidas do Espinhaço Meridional, com ocorrências similares da região de Paramirim, Chapada Diamantina – Bahia, também datadas em **1752 ± 4** (Schobbenhaus *et al.* 1994).

A idade obtida por Van Schmus *et al.* (1986) foi questionada por Juliani *et al.* (1997) com base na petrografia, e os supostos “metariodacitos”, foram reinterpretados como meta-arcóseos. Portanto, por essa ótica, os zircões datados seriam detríticos, o que representaria a idade de uma das fontes, e não o da sedimentação, como proposto para a base do Grupo São Roque a partir de zircões magmáticos.

Os anfibolitos da Serra do Itaberaba forneceram idade pelo método **K-Ar** em anfibólio de **598 ± 23 Ma**, que corresponderia à época do “resfriamento regional” (Tassinari, 1988). A base do Grupo Serra do Itaberaba, representada pela formação Morro de Pedra Preta (Juliani *et al.*, 2000), revelou idade **U-Pb** em metandesito de **1395 ± 10 Ma**.

Mineralizações “singenéticas” de Pb na Formação Perau no Vale do Ribeira, apresentaram idades **Pb-Pb** em galena entre **1,7 e 1,5 Ga** (Tassinari *et al.*, 1990), o que é confirmado pelas idades obtidas em rochas metabásicas e anfibolitos nas Formações Perau e Água Clara (Basei *et al.*, 2003; Weber *et al.*, 2004).

Anfibolitos da região de Pirapora de Bom Jesus foram datados pelo método **K-Ar** em concentrados de plagioclásio, e forneceram idades de **1053 ± 96 Ma** (Tassinari, 1988), o que distoa da idade **U-Pb** em zircão e monazita de **628 ± 9 Ma** obtida por Hackspacher *et al.* (1999) e Hackspacher *et al.* (2000).

O metagabro de Apiaí, posicionado no topo da sequência do Grupo Votuverava (Supergrupo Açungui; Campanha, 1991), foi datado em 617 ± 4 Ma pelo método **U-Pb** (Hackspacher *et al.*, 2000), em evidente contraste com a idade **Rb-Sr** (rocha total) de 850 ± 85 Ma obtida por Daitx *et al.* (1990) e da idade **Sm-Nd** por isócrona mineral de 885 ± 53 Ma obtida por Oliveira *et al.*, (2002).

Idades **U-Pb** em zircão de 628 ± 18 Ma e 636 ± 30 Ma, semelhantes às de Hackspacher *et al.* (2000) foram obtidas em rochas metavulcânicas da Formação Itaiacoca (Siga Jr *et al.*, 2003).

Oliveira *et al.* (2008) obtiveram idade **U-Pb** de 1.75 Ga em rochas metavulcânicas básicas da região de Cajamar, indicando contemporaneidade com as metavulcânicas ácidas da região do Morro do Polvilho (Van Schmus *et al.* 1986).

II. 3. 2. Rochas Plutônicas do Domínio São Roque

As primeiras datações radiométricas pelos métodos **K-Ar** e **Rb-Sr** para rochas plutônicas intrusivas no Domínio São Roque foram apresentadas nos trabalhos de Cordani & Bittencourt (1967), Cordani & Kawashita (1971), Hasui & Hama (1972) e Melcher *et al.* (1973). Idades mais precisas obtidas pelo método **U-Pb** para os granitos do Domínio São Roque mostraram que a cristalização destes magmas se deu no Neoproterozóico, como já apontavam as primeiras datações **Rb-Sr**.

O Batólito *Cantareira*, foi datado em 669 ± 8 Ma pelo método **U-Pb** em zircão (Tassinari, 1988). Uma nova idade **U-Pb** foi apresentada para o mesmo batólito por Topfner (1996), que identificou a presença importante de herança, e concluiu por uma idade magmática de 630 ± 8 Ma. Já para os plútons Tico-Tico e Itaqui, as idades obtidas foram de 625 ± 18 Ma e 624 ± 11 Ma, respectivamente.

Intrusivo nas sequências do Grupo Serra do Itaberaba o granito do *Moinho* foi datado em 620 ± 11 Ma (**U-Pb** SHRIMP em zircão), e as idades modelo **Sm-Nd** situadas entre $2,0$ e $1,9$ Ga mostraram que o “magma foi produzido por fusão parcial de rochas pré-existentes, derivadas do manto superior no paleoproterozóico” (Tassinari *et al.*, 2004). Idade **U-Pb** similar (629 ± 11 Ma) foi obtida em zircão do granito do *Barro Branco* (Ragatki, 1997).

Na cronoestratigrafia do magmatismo granítico do Batólito Agudos Grandes os granitos do tipo *Ibiúna* e *Turvo*, são os mais antigos, datados em 610 ± 2 Ma e 610 ± 1

Ma a partir de datação **U-Pb** (zircão e monazita, respectivamente). Já o maciço *Serra da Bateia*, com “afinidades geoquímicas de granitos A”, foi datado em **564 ± 8 Ma** (Janasi *et al.*, 2001).

Datação **U-Pb** em zircão de ocorrências que limitam o Domínio Apiaí-São Roque a sul revelou idade de **608.4 ± 4.5 Ma** para os granitos do tipo *Itapevi* e idade mais jovem para os granitos do tipo *Caucaia* (**583.2 ± 3.6 Ma**). (Janasi *et al.*, 2008, dados inéditos submetidos ao 44º Congresso Brasileiro de Geologia). A datação do granito Caucaia é coerente com as idades obtidas para o Domínio Embu, marcadas pela intrusão de plútons graníticos rasos como os do tipo *Mauá*, *Mogi das Cruzes* e *Jaguari* (Filipov & Janasi, 2001; Alves *et al.*, 2003).

Ocorrências granitóides mais antigos encontram-se no Domínio Socorro com idades **U-Pb** entre **640 e 660 Ma** (Hackspacher *et al.*, 2003), e no Domínio Embu com idades entre **780-810 Ma** (Cordani *et al.*, 2002; Janasi *et al.*, 2003).

II. 3. 3. Embasamento

Considerando a idade de **~1.75-1.79 Ga** tida como sincrônica à sedimentação dos metaconglomerados basais do Grupo São Roque (Van Schmus *et al.*, 1986; Oliveira *et al.*, 2008) espera-se que as fontes dos clastos de granito sejam anteriores a esta idade. Rochas supracrustais com idade semelhante têm sido referidas no Supergrupo Espinhaço e Açungui (Schobbenhaus *et al.* 1994; Brito Neves *et al.*, 1979; Basei *et al.*, 2003; Weber *et al.*, 2004), enquanto plútons graníticos com assinatura característica de ambiente intraplaca são datados em **1.75 Ga** nos núcleos Betara e Tigre (Supergrupo Açungui) (Kaulfuss, 2001; Cury, 2002).

O embasamento do Supergrupo Espinhaço no sul de Minas Gerais possivelmente está representado pelas datações **U-Pb** de plútons graníticos paleoproterozóicos, com idades que variam de **2121 a 2255 Ma**, como discutido por Teixeira *et al.* (2008). Idades pouco mais jovens aparecem no embasamento da margem SW do cráton do São Francisco, onde predominam valores com intervalo de **2020-2140 Ma** (Campos Neto *et al.*, 2004). Datações **U-Pb** para ortognaisses do embasamento do Supergrupo Açungui presentes nos núcleos Setuva, Betara e Tigre indicam idades de **2140 ± 7 Ma**, **2200 ± 60 Ma** e **2199 ± 5 Ma**, respectivamente (Kaulfuss, 2001).

III. 1. Situação Tectônica

Moraes Rego (1931) chamou de *Pré-Brasilides* as estruturas que se anexaram a escudos arqueanos para dar origem à “grande molhe continental chamada *Brasília*”. No Brasil, a fragmentação dessa grande massa continental resultou na geração de bacias oceânicas, com sedimentação provavelmente iniciada ao final do Paleoproterozóico (Brito Neves *et al.*, 1995). Registros da geração de um “supercontinente” durante o período Orosiriano, com fragmentação iniciada no Estateriano, são encontrados em outras partes do mundo (Condie, 2002; Rogers & Santosh, 2002).

O Grupo São Roque, localizado na Província Estrutural Mantiqueira (Almeida *et al.*, 1981), também inserido na Faixa de Dobramentos Ribeira (Hasui *et al.*, 1975 b), Faixa Apiaí (Campos Neto & Figueiredo, 1995), Domínio Apiaí (Campanha & Sadowski, 1999) ou Domínio Apiaí-São Roque (Campos Neto, 2000), caracteriza-se por rochas de baixo grau metamórfico, depositadas em ambiente marinho (Moraes Rego, 1933) com atividade vulcânica submarina (Carneiro *et al.*, 1984).

Hennies *et al.* (1967) propuseram uma divisão em dois blocos tectônicos, designados “Bloco Cotia” e “Bloco São Roque”, separados pelo Falhamento de Taxaquara, limite transcorrente destrai que configura um rejeito superior a “100 km”, e que supostamente “confronta dois blocos de constituição litológica” e estrutural distintas. O Bloco Cotia na região do Estado de São Paulo, que “inclui rochas ectiníticas e migmatíticas”, foi separado por Hasui (1975) em Complexos Pilar e Embu, respectivamente. Já o embasamento “pré-Açungui”, que se “expõe mais extensivamente na Baixada Santista”, ao sul da falha de Cubatão, recebeu a denominação de “Complexo Piaçagüera” (Hasui & Sadowski, 1976).

A zona de “falhamento transcorrente de Jundiuvira” foi posteriormente (Hasui *et al.*, 1969) também caracterizada por uma descontinuidade limítrofe entre blocos, que separaria o “Bloco São Roque” do “Bloco Jundiá”, a norte desta zona. As rochas da região da Serra do Japi foram incluídas por Wernick (1976) no Grupo Amparo, e divididas em membros pelíticos (“Formações Ermida”) e psamo-pelíticos (“Formação Japi”), sem continuidade com as rochas do Grupo São Roque, o que também foi observado por Hasui *et al.* (1978). No entanto, Moraes (1944) e Campos Neto (2000), atribuem continuidade do Grupo São Roque, a norte deste presumido limite.

Para Heilbron *et al.* (2004), o magmatismo granítico da Faixa Ribeira é dominado por granitos cálcio-alcalinos potássicos Neoproterozóicos, que constituem a massa principal de três extensos batólitos alongados na direção NE-SW (Cunhaporanga, Três Córregos e Agudos Grandes). Inúmeros plútons isolados, incluindo as principais intrusões no Domínio São Roque, devem constituir satélites dessas grandes massas graníticas, tendo em vista as semelhanças composicionais e de idade (Janasi & Ulbrich, 1991) (**Figura 6**).

III. 2. Geologia Local

A área de estudo concentra-se nas ocorrências da Formação Morro Doce (Juliani, 1999), considerada unidade basal do Grupo São Roque (Coutinho, 1955); parte das rochas em estudo foi também posicionada como sequência inferior (Cordani *et al.*, 1961; Dantas, 1990), e chamada de Formação Boturuna (Hasui, 1973). Outras designações como “pacote superior” (Campos Neto *et al.*, 1983), unidade “metapsamítica impura” (Carneiro, 1983) ou “associação siliciclástica basal” (Fernandes da Silva, 2004), também foram usadas para definir ocorrências similares, com ressalvas para as diferentes localidades geográficas estudadas por estes autores.

Para a base do Grupo São Roque, Martin (2000) propõe correlação lateral entre as Formações Morro Doce (Juliani *et al.*, 1999) e Pirapora (Bergmann, 1988). Em contato transicional com metarcóseos e metaconglomerados da Formação Morro Doce, estariam representados os sedimentos da Formação Boturuna (Hasui, 1973). A unidade de topo, composta predominantemente por sedimentos rítmicos, foi comparada por Martin (2000) à Formação Piragibu (Hasui, 1973), e ao membro arenoso da Formação Estrada dos Romeiros (Bergmann, 1988).

A maior área de ocorrência da Formação Morro Doce encontra-se a noroeste da cidade de São Paulo, na porção sudeste da Folha Santana do Parnaíba (IPT, 1983) (**Figura 7B**). Esta Formação caracteriza-se por grande exposição de metarcóseos que se interdigitam com espessas lentes de metaconglomerados polimíticos de seixos e calhaus estirados, sustentados por um arcabouço bem recristalizado. As regiões mais elevadas, como o Pico do Jaraguá, são sustentadas por metarenitos e metarenitos feldspáticos. Pequenos corpos de rochas metavulcânicas encontram-se intercalados no pacote, e aparecem como anfíbolitos metabásicos (ex: corpo anfíbolítico do Jaraguá), e como

rochas metavulcânicas (ex: pequenos corpos dentro da unidade de metarcóseos e “metariodacitos” da região do Morro do Polvilho), como descrito por Carneiro (1983).

No centro-norte da área de estudo aparecem expressivas ocorrências de rochas cálcio-silicatadas (Cordani, 1963), já na porção sudeste, aparece pequenas manchas de metacalcários impuros que circundam o corpo anfibolítico do Jaraguá. A unidade de filitos, que ocorre em ampla área na Folha Santana do Parnaíba (**Figura 7A**), aparece no setor oeste e noroeste da região de estudo.

Pequenas ocorrências de estauroлита xistos referentes ao Grupo Serra do Itaberaba, encontram-se imbutidos no pacote metarcoseano, com relações de contato mascaradas pelo intemperismo. As maiores exposições desta unidade encontram-se na porção norte da região de estudo.

As maiores ocorrências de maciços graníticos que aparecem na área do mapa geológico local (**Figura 7B**) são os plútons Itaqui e Cantareira que, segundo IPT (1983), são separados por zonas miloníticas. Pequeno plúton é encontrado na região da Fazenda Ithayê, intrudindo a unidade de metarcóseos. Todas estas ocorrências apresentam características petrográficas similares (biotita granitos porfiríticos, em parte com hornblenda) semelhantes às descritas por Moraes Rego & Souza Santos (1938). Diferem destas ocorrências: o plúton do Tico-Tico (extremo norte da área de estudo) por constituir-se de leucogranitos a duas micas, e veios pegmatíticos que ocorrem ocasionalmente invadindo o pacote de metarcóseos.

Figura 6: Mapa Geotectônico modificado de Campos Neto (2000). 1- Coberturas Fanerozoicas e Rochas Intrusivas; 2- Granitos Tardi e Pós-Tectônicos; 3- (Granada)- (Muscovita)-Biotita Granitos; 4- Biotita Granitos Porfíricos; 5- Hornblenda-Biotita Granitos Porfíricos; 6- Domínio Socorro Guaxupé (predomínio de granada migmatitos); 7- Gnaisses Paleoproterozóicos; 8- Domínio Embu (Complexos Pilar e Embu); 9- Grupo São Roque; 10- Grupo Serra do Itaberaba; 11- Complexo Costeiro.

Figura 7: (A) Mapa Geológico da Folha Santana de Parnaíba (SF-23-Y-C-III-3); (B) Área de Estudo: Noroeste da cidade de São Paulo - modificado de Coutinho (1980) e IPT (1981).

III. 2. 1. Metaconglomerados

A maior exposição conhecida de metaconglomerados preservados da alteração intempérica, com significativa variedade de clastos graníticos, encontra-se em uma exposição com cerca de 200 metros nas pistas sul e norte do Rodoanel Viário Metropolitano de São Paulo (km 9,5), na região do Morro Doce (Ponto MD-01) (Henrique-Pinto, 2004; Henrique-Pinto & Janasi, 2006). Outras ocorrências estudadas encontram-se na região da Fazenda Itahyê (Ponto MD-25) e Morro do Polvilho (Ponto MD-10).

Em todas as exposições estudadas, os metaconglomerados caracterizam-se como polimíticos, com calhaus e seixos de dimensões variadas, a maioria com **10 a 20 cm**; os maiores podem alcançar até **50 cm** para o eixo de alongação maior (**Foto 1; Foto 7; Foto 13 – Anexo I**). Muitos dos clastos se tocam, porém entre eles sempre aparecem vestígios de arcabouço. São amoldados pela deformação, de modo que os contatos entre os seixos podem ser sinuosos. As características estruturais observadas assemelham-se às descritas por Coutinho (1955, 1968) em outras porções desta unidade, onde a deformação não apaga por completo o acentuado arredondamento original dos clastos graníticos. Muitos, entretanto, também exibem forte deformação, manifestada por feições como: interpenetração, alongamento assimétrico e fragmentação de material dentro do arcabouço (**Foto 2; Foto 8; Foto 14 – Anexo I**). A exposição do Morro Doce mostra uma aparente orientação da petrotrama pretérita à deformação, indicativa de um possível imbricamento provocado por transporte em ambiente fluvial, porém não se descarta a possibilidade de depósitos gerados por fluxo de massa (Turra *et al.*, 2007).

Os metaconglomerados da região do Morro Doce registram efeitos hidrotermais de carbonatização e sulfetação ao longo de veios e microvenulações. Os veios de quartzo e calcita mais expressivos aparecem posicionados ortogonalmente à foliação principal, porém as ramificações são disseminadas por toda a exposição. A introdução de pirita secundária pode ser responsável pela redução nos valores de susceptibilidade magnética (**SM**) ($K = 0,07-0,47 \times 10^{-3} \text{ SI}$), uma vez que os metaconglomerados da região da Fazenda Itahyê e do Morro do Polvilho, apesar da intensa deformação e da presença de pirita, mostram-se menos afetados pelo hidrotermalismo, e registram valores de **SM** significativamente mais altos ($K = 2,1-12,2 \times 10^{-3} \text{ SI}$).

III. 2. 1. 1. Petrografia dos Clastos

Embora os metaconglomerados da Formação Morro Doce sejam polimíticos, existe um amplo predomínio de clastos graníticos, que formam cerca de **80 a 90%** do volume total, e apresentam características petrográficas similares em todas as exposições estudadas. Os demais litotipos encontrados correspondem a quartzitos e rochas metabásicas, que não foram estudados em maior detalhe neste trabalho.

Por apresentarem maior resistência à deformação, os clastos graníticos, principalmente aqueles de maior dimensão (acima de **20 cm**), ainda preservam estruturas reliquias. Predominam amplamente os biotita monzogranitos leucocráticos equigranulares e inequigranulares, de granulação média a grossa e baixo índice de cor (**IC= 3-5**); embora muito restritas, foram também encontradas variedades porfíricas com **IC= 6-7**. As diferenças texturais e petrográficas dos clastos graníticos permitiram a caracterização de quatro variedades:

- *Biotita Monzogranito Porfírico (IC= 6-7)* apresenta textura porfiroclástica, com megacristais de microclínio rotacionados, com pequenas inclusões de plagioclásio (andesina-oligoclásio). Estes são circundados por uma matriz fina composta por quartzo e feldspatos granoblásticos, muscovita e biotita associada a clorita nas bordas. O quartzo apresenta-se bem recrystalizado, com contatos serrilhados, e entre os minerais acessórios mais comuns aparecem zircão, apatita, allanita, epidoto, titanita, minerais opacos e calcita (**Foto 19; Fotomicrografia 10 e 11 – Anexo I e II**).

- *Biotita Monzogranito Inequigranular (IC= 3-5)* apresenta textura granular hipidiomórfica média a grossa (4-6 mm). O plagioclásio (andesina-oligoclásio) encontra-se em intenso processo de sericitização, com hábito parcialmente preservado e geminações deformadas. O quartzo encontra-se xenomórfico de contatos interlobados a serrilhados. Entre os minerais acessórios mais comuns aparecem titanita, allanita euédrica, apatita e zircão, este último definindo expressivos halos pleocróicos em cristais de biotita. Entre os minerais opacos predomina a pirita; calcita ocorre em microvenulações (**Foto 20; Fotomicrografia 12 e 13 – Anexo I e II**).

- *Biotita Monzogranito Equigranular (IC= 3-5)* apresenta textura granular hipidiomórfica média (3-4 mm). O plagioclásio (oligoclásio-andesina) aparece com intenso processo de sericitização, porém com geminações ainda visíveis. O quartzo encontra-se xenomórfico de contatos interlobados a serrilhados. É comum a associação entre mineral opaco e biotita com bordas substituídas por clorita. Entre os minerais

acessórios mais comuns, aparecem opacos euédricos, titanita e carbonatos de faces bem formadas (**Foto 21; Fotomicrografia 14 e 15 – Anexo I e II**).

- *Leucogranito Inequigranular* (**IC= 2-3**) apresenta textura granular hipidiomórfica grossa (5-7 mm); apesar da intensa deformação, alguns aspectos da textura ígnea original ainda podem ser observados. Os cristais de plagioclásio (oligoclásio) muitas vezes estão inclusos em feldspato alcalino perítico; já o quartzo encontra-se xenomórfico de contatos interlobados a serrilhados. É comum a associação mineral opaco-biotita-clorita-titanita; epidoto e calcita são euédricos e ocorrem em relações texturais que sugerem um crescimento tardio (**Foto 22; Fotomicrografia 16 e 17 – Anexo I e II**).

III. 2. 2. Metarcóseos

Os metarcóseos, rochas de maior expressão da Formação Morro Doce, abrigam as maiores ocorrências de metaconglomerados e ocorrem intercalados a metarenitos arcoseanos e a metarenitos conglomeráticos. Por vezes aparecem em áreas de afloramento desta unidade (em afloramentos distintos) rochas cálcio-silicáticas (Ponto MD-29) (**Foto 16 – Anexo I**) e pequenas unidades de estauroлита xistos (Ponto MD-16) (**Fotomicrografia 9 – Anexo II**), que parecem pelo grau metamórfico e características composicionais, corresponder a exposições do embasamento (Grupo Serra do Itaberaba).

Na região da Fazenda Ithaye predominam granitos porfíricos (**IC ~ 20**) com fenocristais de feldspato alcalino sem deformação, e elevados valores de susceptibilidade magnética ($K \sim 16-17 \times 10^{-3} \text{ SI}$), que exibem com frequência enclaves máficos (Ponto MD-24) (**Foto 17 e 18 – Anexo I e II**). A alteração intempérica gera solos de cor ocre quando desenvolvido sobre rochas metabásicas (**Foto 10 – Anexo I**), que diferem da alteração dos metarcóseos e metarenitos arcoseanos de cor marrom claro (**Foto 9 – Anexo I**). Quando inalterados, os metarcóseos apresentam brilho “sedoso” e bandamento composicional (**Foto 3 e 4 – Anexo I**); os valores de susceptibilidade magnética são baixos ($K \leq 0,2 \times 10^{-3} \text{ SI}$).

Os metarcóseos e metarenitos arcoseanos apresentam petrotrama sedimentar composta predominantemente por feldspatos detríticos sub-angulosos dispersos em uma matriz fina constituída essencialmente por muscovita, biotita, clorita e pequenas acumulações de quartzo. Entre os minerais acessórios mais comuns aparecem titanita, zircão, minerais opacos e calcita (**Fotomicrografia 3 e 4 – Anexo II**).

III. 2. 3. Rochas Metavulcânicas

A maior manifestação do magmatismo básico da região estudada corresponde ao corpo anfibolítico do Jaraguá (Gomes, 1962); estas ocorrências são chamadas de anfibolitos metabásitos por Carneiro (1983). Aparentemente discordante com relação ao pacote metapsmítico, com feições de mapa sugerindo um contato intrusivo de geometria oval (**Figura 7B**), o corpo anfibolítico do Jaraguá (Ponto MD-43) tem foliação metamórfica incipiente, e apresenta mineralogia à base de hornblenda, plagioclásio, epidoto e titanita (**Fotomicrografia 5 e 6 – Anexo I e II**). Segundo Gomes (1962) o plagioclásio apresenta grande variação composicional (An_{13} a An_{82}), atribuída ao metamorfismo de contato com o “Granito Pirituba” (Cantareira) que, segundo este autor, é responsável pelo enriquecimento em cálcio nas regiões mais próximas ao contato.

Na região do Morro do Polvilho ocorrem rochas metavulcânicas ácidas (Ponto MD-06) que se intercalam com metarcóseos e metaconglomerados, que foram designadas por Carneiro *et al.* (1984) de “metariodacitos” e são reclassificadas neste trabalho como meta-traquidacitos e meta-riolitos porfíricos (Le Bas *et al.*, 1986) (**Figura 14**). Essas rochas têm fenocristais de plagioclásio sódico (oligoclásio) de até 1,5mm que, apesar da deformação, responsável pela geração de sombras de pressão, ainda preservam as características de cristais magmáticos (**Foto 11 e 12; Fotomicrografia 1 e 2 – Anexo I e II**). A susceptibilidade magnética destas rochas alcança valores muito elevados ($K = 106 \times 10^{-3} \text{ SI}$), refletindo a grande quantidade de magnetita na rocha; esses valores tendem a diminuir próximo ao contato com os metaconglomerados ($K = 45 \times 10^{-3} \text{ SI}$ – Ponto MD-10).

Rochas metavulcânicas básicas amigdaloidais ocorrem preferencialmente como pequenos corpos dentro da unidade de metarcóseos (Ponto MD-39), como já apontado por Carneiro *et al.* (1994). Estas podem ocorrer na forma de dique cortando a unidade metaconglomerática na região do Morro Doce (**Foto 5 e 6 – Anexo I** – Ponto MD-01), onde a deformação e recristalização metamórfica, apagaram por completo a textura original do protólito ígneo. Em outra ocorrência estudada (Ponto MD-39), são comuns amígdalas estiradas que variam de 0,5 a 3 cm em uma matriz fina composta por epidoto, biotita, quartzo e plagioclásio granoblásticos, e minerais opacos (**Fotomicrografia 7 e 8 – Anexo I e II**).

III. 3. Geoquímica dos Clastos Graníticos, Metarcóseos e Rochas Metavulcânicas

De características metaluminosas a fracamente peraluminosas, os seixos graníticos predominantes são ricos em SiO_2 (65-78%), e têm $\text{mg\#} = 25-35$. As razões A/CNK originais devem ter sido em geral menores que 1, como indicado pela presença característica de minerais acessórios cálcicos como titanita e allanita. Entretanto, o caráter metaluminoso de alguns seixos mais afetados por alteração hidrotermal foi exagerado pela introdução de calcita secundária.

O caráter comagmático entre os clastos é expresso pela diminuição nos teores de Na_2O , MgO , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5 com o aumento da sílica, refletindo a tendência normal de diferenciação em magmas graníticos. Existe uma correlação negativa entre $\text{mg\#}$ e SiO_2 , de forma que quanto mais félsico é o seixo (*leucogranito inequigranular*), menor é o $\text{mg\#}$. Portanto a variedade *biotita monzogranito porfirítico* com maior IC , representaria um membro mais primitivo com relação à evolução magmática dos magmas parentais (*Figura 8*).

A maioria dos elementos traço, como **Ba**, **Sr**, **V**, **Zr**, **Ga** e **La**, mostra tendência de diminuição a partir de seixos graníticos menos diferenciados, o que sugere que minerais portadores desses elementos estão sendo fracionados ao longo de toda a suíte. Outros, como **Ce**, **Y** e **Th**, mostram variação distinta, em que os teores são mais baixos na variedade de seixo mais primitiva (granito porfirítico), e atingem valores máximos nos seixos graníticos inequigranulares e equigranulares, diminuindo nos leucogranitos inequigranulares. Nesse caso, considerando como comagmáticas as variedades de clasto, teria havido mudança de caráter incompatível para compatível desses elementos ao longo da diferenciação (*Figura 9*).

Os padrões de elementos de terras raras mostram pequeno aumento em ETR leves, como indicado pelo maior fracionamento ($\text{La}_n/\text{Yb}_n = 23-43$) nas variedades equi e inequigranulares em relação à variedade mais primitiva porfirítica ($\text{La}_n/\text{Yb}_n = 17$). Em contrapartida, o seixo de leucogranito apresenta padrão pouco fracionado, com forte enriquecimento em ETR pesados ($\text{La}_n/\text{Yb}_n = 5$), característico de rochas graníticas muito diferenciadas. Todas as variedades apresentam leve anomalia negativa de **Eu**.

O padrão de elementos terras-raras do metarcóseo é, em linhas gerais, semelhante à média dos clastos, com razão $\text{La}_n/\text{Yb}_n = 12$, mas não tem anomalia negativa de **Eu**, o que pode indicar a contribuição de outras fontes ou o acúmulo de feldspatos detríticos em relação a minerais com anomalia negativa de **Eu** (*Figura 12*).

Os meta-traquidacitos e metariolitos, quando comparados aos metarcóseos, formam um grupo coeso (e.g., intervalo de **SiO₂** entre 67 e 68%, enquanto nos metarcóseos este intervalo é de 69 e 76%). Altos teores de **Fe₂O₃** (7-5%), baixo **P₂O₅** (0,08-0,13%) e **mg#** = (19-23) também diferenciam as rochas metavulcânicas ácidas dos metarcóseos, que acompanham o espalhamento dos clastos de granito dos metaconglomerados. São menores também os valores de perda ao fogo nas rochas metavulcânicas ácidas. (**Figura 8**)

Como já apontado por Carneiro *et al.* (1984), as rochas metavulcânicas básicas amigdaloidais que ocorrem intercaladas no pacote metarcoseano diferem petrograficamente dos anfíbolitos (ex: corpo anfíbolítico do Jaraguá). Estas diferenças são confirmadas pela geoquímica, que mostra teores mais elevados de **P₂O₅**, **TiO₂** e **K₂O**, com relação aos anfíbolitos, que por sua vez apresentam mais alto **CaO**. Os elementos traços mostram diferenças marcantes entre os dois conjuntos, como alto **Ba**, **Sr**, **Zn**, **Ce** nas metavulcânicas básicas (**Figura 10 e 11**).

Com geoquímica típica de magmatismo intraplaca (Pearce *et al.*, 1979), em especial baixo **mg#**, altos teores de **Zr** (560-730 ppm), **Y** (56-93 ppm) e **Nb** (30-39 ppm), além de baixo **Sr** (70-120 ppm), as rochas metavulcânicas ácidas do Grupo São Roque apresentam similaridades com as metavulcânicas ácidas de idade semelhantes que ocorrem na base do Supergrupo Espinhaço (McReath *et al.*, 1981). A amostra de traqui-andesito metabasáltico com elevados teores de **K₂O** e outros elementos litófilos, tem teores relativamente altos de **Zr** (280 ppm), **Y** e **Th**, o que também sugere magmatismo intra-placa, e caráter bimodal para a sequência. (**Figura 15**).

Os anfíbolitos do Jaraguá apresentam características geoquímicas de basaltos toleíticos (Irvine & Baragar, 1971) (**Figura 13**) e, mais próximas de magmatismo de fundo oceânico tipo **MORB** (Pearce & Cann, 1973; Pearce *et al.*, 1979; Vermeesh, 2006), com baixas concentrações de elementos incompatíveis como **Rb**, **Nb** e **Th**. Nesse sentido, embora de idade ainda desconhecida, mostram semelhanças com as rochas metabásicas da região de Pirapora do Bom Jesus (Tassinari *et al.* 2007) (**Figuras 16 e 17**).

Figura 8: Diagramas de variação (elementos maiores), utilizando SiO₂ como índice de diferenciação

Figura 9: Diagramas de variação (elementos traços), utilizando SiO_2 como índice de diferenciação

Figura 10: Diagramas de variação (elementos maiores), utilizando SiO_2 como índice de diferenciação

Figura 11: Diagramas de variação (elementos traços), utilizando SiO_2 como índice de diferenciação

Figura 12: Concentração de ETR normalizados (valores condriticos extraídos de Taylor & MacLennan, (1985)); clastos graníticos do metaconglomerado e metarcoseo da Região do Morro Doce.

Figura 13: Diagrama AFM; rochas vulcânicas - Região do Morro Doce e Pico do Jaraguá. (Irvine & Baragar, 1971)

Figura 14: Diagrama de Classificação para rochas vulcânicas - Região do Morro Doce, Pico do Jaraguá e Morro do Polvilho (Le Bas *et al.*, 1986)

Figura 15: Diagrama ($Nb \times Y$) e ($Rb \times Y+Nb$) (Pearce *et al.*, 1984) - Região do Morro do Polvilho.

Figura 16: Diagramas $(Zr/Y \times Zr)$ (Pearce *et al.*, 1979) e $(Ti/100 \times Zr \times Y*3)$ (Pearce & Cann, 1973) - Região do Pico do Jaraguá e Morro Doce.

Figura 17: Diagramas $(Ti/50 \times Sc*5 \times V)$ e $(Ti/40 \times Sr \times Si/1000)$ (Vermeesh, 2006) - Região do Pico do Jaraguá e Morro Doce.

Metavulcanicas Ácidas - Chapada Diamantina, Bahia (McReath, 1981)	Metabasalto (Jaraguá)
Metabasicas - Piarapora, SP (Tassinari, 2001)	Metatraquidacito/Metariolito (Polvilho)
Metabasicas - Piarapora, SP (Lazzari, 1987)	Metatraqui-andesito basáltico (Morro Doce)

III. 4. Datação U-Pb dos Seixos (LA-MC-ICP-MS)

Para determinar a idade dos seixos graníticos do metaconglomerado, foi feita a separação dos zircões em duas amostras de clastos da variedade predominante *monzogranitos equigranulares* das ocorrências do Morro Doce e Morro do Polvilho.

Na amostra MD-01C (Morro Doce), foram analisados 39 pontos, que mostram discordância variável. Oito pontos são praticamente concordantes (discordância <3%), e fornecem a idade média de 2199 ± 8.5 Ma, interpretada como a melhor estimativa para a cristalização magmática da rocha. Duas análises do cristal 6b revelaram a presença de herança, datada em 2694 ± 29 Ma (com intercepto inferior próximo de zero). A regressão dos demais pontos resulta em idade de 2209 ± 14 Ma, idêntica, dentro do erro, à obtida pela média dos oito pontos concordantes, com intercepto inferior em 527 ± 72 Ma, refletindo o evento térmico do final do Neoproterozóico (**Figura 18**).

Nos cristais de zircão extraídos da amostra MD-10B (região do Morro do Polvilho, cogenéticos aos do Morro Doce) foram analisados 32 pontos, dos quais 6 foram excluídos da regressão, por se mostrarem com zoneamento complexo e idades múltiplas. Os demais 26 pontos mostram discordância variável entre 4 e 22%, e se alinham segundo uma discórdia com intercepto superior um pouco mais antigo que MD-01C (2247 ± 13 Ma) e intercepto inferior em 637 ± 84 Ma, refletindo o evento térmico Neoproterozóico (**Figura 19**).

Figura 18: Datação U-Pb em zircão; cristais coletados a partir da variedade de clasto *biotita monzogranito equigranular* - região do Morro Doce. (Imagens obtidas por microscópio eletrônico de varredura com numeração correspondente na **Tabela 2**).

Figura 19: Datação U-Pb em zircão; cristais coletados a partir da variedade de clasto *biotita monzogranito equigranular* - região do Morro do Polvilho. (Imagens obtidas por microscópio eletrônico de varredura com numeração correspondente na **Tabela 3**).

III. 5. Conclusões

Muitos autores que correlacionam as rochas metamórficas do Estado Paraná com as do Estado de São Paulo priorizam o termo “Assunguy” (Oliveira, 1925), atribuindo a Derby (1878) a introdução deste termo na literatura, o que de fato não ocorreu, pois Derby (1878) apenas se referia à “*região* de Assunguy”.

Gonzaga de Campos (1888) ao referenciar as “*camadas* de São Roque” (*camada*: “unidade formal de menor hierarquia na classificação litoestratigráfica” (Petri *et al.*, 1986a)), compostas pela *Série* de “schistos metamorphicos” (Oliveira, 1887), geradas por tanto em uma mesma *Época*, pioneiramente introduz um termo litoestratigráfico para estas rochas, que por geograficamente ocorrerem na região da Serra de São Roque, receberam tal denominação. Conclui-se então que, ao se confirmar correlação entre as unidades do Estado do Paraná e São Paulo, deve prevalecer, como nome litoestratigráfico de maior hierarquia, aquele com citação mais antiga (Gonzaga de Campos, 1888), São Roque.

O estudo petrográfico dos clastos graníticos do metaconglomerado do Grupo São Roque permitiu a identificação de quatro variedades petrográficas: *biotita monzogranito porfirítico*, *biotita monzogranito inequigranular*, *biotita monzogranito equigranular* e *leucogranito inequigranular*. O caráter comagmático entre os clastos é expresso pelo alinhamento em uma mesma tendência, com diminuição nos teores de **Na₂O**, **MgO**, **CaO**, **Fe₂O₃**, **TiO₂** e **P₂O₅** com o aumento da sílica, refletindo a tendência normal de diferenciação em magmas graníticos. Existe uma correlação negativa entre **mg#** e **SiO₂**, de forma que quanto mais félsico é o seixo (*leucogranito inequigranular*), menor é o **mg#**. Portanto, a variedade *biotita monzogranito porfirítico* com maior **IC** representaria um membro mais primitivo com relação à evolução magmática dos magmas parentais.

De características metaluminosas a fracamente peraluminosas, os seixos graníticos predominantes são ricos em **SiO₂** (65-78%), e têm **mg#**= 25-35. As razões **A/CNK** originais devem ter sido em geral menores que 1, como indicado pela presença característica de minerais acessórios cálcicos como titanita e allanita. Entretanto, o caráter metaluminoso de alguns seixos mais afetados por alteração hidrotermal foi exagerado pela introdução de calcita secundária.

Os metarcóseos diferenciam-se das rochas metavulcânicas ácidas por apresentarem petrotrama sedimentar composta predominantemente por feldspatos

detríticos sub-angulosos. São diferentes também os valores de susceptibilidade magnética, mais elevados nas metavulcânicas ácidas ($K = 106 - 40 \times 10^{-3} \text{ SI}$), quando comparados aos metarcóseos ($0,2 \times 10^{-3} \text{ SI}$). Portanto, conclui-se que a idade de $1790 \pm 14 \text{ Ma}$ obtida por van Schumus *et al.* (1986) representa a idade de cristalização das rochas metavulcânicas ácidas, e não a idade da área fonte do Grupo São Roque, como proposto por Juliani *et al.* (1997).

Com características geoquímicas típicas de magmatismo intraplaca, em especial baixo **mg#** (~ 20), altos teores de **Zr** (560-730 ppm), **Y** e **Nb**, além de baixo **Sr** (70-120 ppm), as rochas metavulcânicas ácidas do Grupo São Roque apresentam similaridades geológicas, geoquímicas e geocronológicas com as metavulcânicas ácidas da base do Supergrupo Espinhaço (McReath *et al.*, 1981), que também ocorrem intercaladas a metaconglomerados e são datadas em $1752 \pm 4 \text{ Ma}$ (Schobbenhaus *et al.*, 1994). Uma amostra de metatraqui-andesito basáltico com elevados teores possivelmente primários de **K₂O** e outros elementos litófilos mostra teores relativamente altos de **Zr**, **Y** e **Th**, também sugestivos de magmatismo intra-placa, e sugere caráter bimodal para a sequência.

O corpo anfibolítico do Jaraguá, de mineralogia à base de hornblenda, plagioclásio, epidoto e titanita, aparece discordante do pacote predominantemente metapsmítico, e tem características geoquímicas mais próximas de magmatismo de fundo oceânico, com baixas concentrações de elementos incompatíveis como **Rb**, **Nb** e **Th**. Nesse sentido, embora de idade ainda desconhecida, mostra semelhanças com as rochas metabásicas da região de Pirapora do Bom Jesus (Tassinari *et al.* 2001).

As datações **U-Pb** por LA-MC-ICP-MS em cristais de zircão extraídos das variedades predominantes de *biotita monzogranitos equigranulares*, nas regiões do Morro Doce e Morro do Polvilho, revelaram idades Paleoproterozóicas ($2199 \pm 8.5 \text{ Ma}$ e $2247 \pm 13 \text{ Ma}$, respectivamente) para o principal granito fonte dos metaconglomerados. Idades semelhantes não são comuns em rochas granitóides do embasamento na margem SW do cráton do São Francisco, onde predominam valores um pouco mais jovens, no intervalo **2020-2140 Ma** (Campos Neto *et al.*, 2004). Idades comparáveis são encontradas em núcleos do embasamento do Supergrupo Espinhaço (no Cinturão Mineiro; Teixeira *et al.*, 2008) e Açungui (núcleos Tigre, Setuva e Betari; Kaulfuss, 2001).

A idade de deposição dos metaconglomerados (**1.75-1.79 Ga**), indicada pelas datações **U-Pb** em rochas metavulcânicas intercaladas (van Schumus *et al.*, 1986;

Oliveira *et al.*, 2008), é consistente com a idade dos clastos (granito fonte) datados em **2.2 Ga**, e com a ausência de indicações de contribuições de áreas-fontes mais jovens para os metassedimentos da Fm. Morro Doce.

Referências Bibliográficas

- AB'SÁBER, A. N. 1947. Geomorfologia da Região do Jaraguá, em São Paulo. *Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros*: 32- 40.
- ALMEIDA, F. F. M. de. 1944. Collenia Itapevensis sp. n. – um fóssil pré-cambriano do Estado de São Paulo. *Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras*, Universidade de São Paulo, Boletim 1(45): 89-106.
- ALMEIDA, F. F. M. de. 1945. A Vida Pré-Cambriana. *Geologia e Metalurgia*. Boletim 1: 81-90.
- ALMEIDA, F. F. M. de. 1955. As Camadas de São Paulo e a Tectônica da Serra da Cantareira. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 2(4): 23-40.
- ALMEIDA, F. F. M. de. 1957. Novas Ocorrências de Fósseis no Pré-Cambriano Brasileiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 29(1): 63-72.
- ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y; BRITO NEVES, B. B; FUCK, R. A. 1981. Brazilian Structural Provinces: An Introduction. *Earth-Science Reviews*, 17(1/2): 1-29.
- ALVES, A; JANASI, V. A; HENRIQUE-PINTO, R. 2003. Os Granitos da Região de Mogi das Cruzes, SP: Novos Dados Geocronológicos, Geoquímicos e Isotópicos. In: *VIII Simpósio de Geologia do Sudeste*, São Pedro (SP), Anais: p. 35.
- ANDRADA, M. F. R. de. 1805. Diário de uma Viagem Mineralógica pela Província de São Paulo no Ano de 1805. (transcrição) *Boletim Paulista de Geografia*. São Paulo, outubro de 1954, 18: 35-42.
- ANDRADA E SILVA, J. B. de. & ANDRADA, M. F. R de. 1820. Viagem mineralógica na Província de São Paulo (Primeira Parte). (transcrição) *Boletim Paulista de Geografia*. São Paulo, março de 1954: 66-74.
- BARBOSA, O. 1948. A Chamada Série Ribeira. *Mineração e Metalurgia*. Vol. XIII, setembro-outubro, 75: 187-188.

- BASEI, M. A. S; SIGA Jr, O; KAULFUSS, G. A; CORDEIRO, H; NUTMAN, A; SATO, K; CURY, L. F; PRAZERES FILHO, H. J; PASSARELLI, C. R; HARARA, O. M; REIS NETO, J. M; WEBER, W. 2003. Geochronology and isotope geochemistry of Votuverava and Perau Mesoproterozoic basins, southern Ribeira Belt, Brazil, *IV South American Symposium on Isotope Geology*, Salvador, Brazil. Short Papers: 501-504.
- BERGMANN, M. 1988. Caracterização Estratigráfica e Estrutural da Seqüência Vulcano-Sedimentar do Grupo São Roque na Região de Pirapora do Bom Jesus - Estado de São Paulo, *Dissertação de Mestrado* – Instituto de Geociências USP: 167 p.
- BERGMANN, M. & FAIRCHILD, T. R. 1985. Estromatólitos do Grupo São Roque, Proterozóico Superior, Região de Pirapora de Bom Jesus, Estado de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57(1): 116-117.
- BERGMANN, M. & FAIRCHILD, T. R. 1986. Estromatólitos do Grupo São Roque: Uma Hipótese Paleogeográfica. In: *XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*, Goiânia (GO), Resumos e Breves Comunicações, 1: p.79
- BERGMANN, M. & McREATH, I. 1992. Rochas Vulcânicas do Grupo São Roque, na Região do Morro do Boturuna em São Paulo. *Boletim IG – USP*, Publicação Especial 12: 19-21.
- BIGARELLA, J. J. & SALAMUNDI, R. 1958. Contribuição à Geologia da Região Sul da Série Açunguí (Estado do Paraná). *Boletim Paulista de Geografia*, 29: 3-19.
- BISTRICHI, C. A. 1982. Geologia do Sinclínório de Pirapora, SP. *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Geociências – USP: 92 p.
- BRITO NEVES, B. B. de; KAWASHITA, K.; CORDANI, U.G; DELHAL, J. 1979. A Evolução Geocronológica da Cordilheira do Espinhaço; Dados Novos e Integração. *Revista Brasileira de Geociências*, 9: 71-85.
- BRITO NEVES, B. B. de; Sá, de J. M; NILSON, F. B. 1995. A Tafrogênese Estateriana nos Blocos Paleoproterozóicos da América do Sul e Processos Subseqüentes. *Geonomos*, 3 (2): 1-21.

- CAMPANHA, G. A. da C. 1991. Tectônica Proterozóica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná. *Tese de Doutorado*, Instituto de Geociências – USP: 296 p.
- CAMPANHA, G. A. da C. & SADOWSKI, G. R. 1999. Tectonics of the southern portion of the Ribeira Belt (Apliaí Domain). *Precambrian Research*, 98: 31-51.
- CAMPOS NETO, M. da C; BASEI, M. A.. S; ARTUR, A. C; SILVA, M. E. da; MACHADO, R; DIAS NETO, C. de M; FRAGOSO CESAR, A. R; SOUZA, A. P. 1983. Geologia das Folhas Piracaia e Igaratá. *IPT – Pró-Minério, 1º Jornada Sobre a Carta Geológica do Estado de São Paulo em 1: 50.000*: 55-76.
- CAMPOS NETO, M. da C. 1995. The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 8(2): 143-162.
- CAMPOS NETO, M da C. 2000. Orogenic Systems From Southwestern Gondwana: an Approach to Brasiliano-Pan African Cycle and Orogênic Collage in Southeastern Brazil. In: U.G. CORDANI, E.J. MILANI, A. THOMAZ FILHO & D.A. CAMPOS. (Eds.): Tectonic Evolution of South American. *In: XXXI International Geological Congress*, Rio de Janeiro, Brazil: 335-365.
- CAMPOS NETO, M.C; BASEI, M.A.S; VLACH, S.R.F; CABY, R; SZABO, G.A.J; VASCONCELOS, P. 2004. Migração de Orógenos e Superposição de Orogêneses; Um Esboço da Colagem Brasileira no Sul do Cráton do São Francisco, SE-Brasil. *Geologia USP - Série Científica*, 4: 13-40.
- CARNEIRO, C.D.R. 1983. Análise Estrutural do Grupo São Roque na Faixa entre o Pico do Jaraguá e a Serra dos Cristais, SP. *Tese de Doutorado*, Instituto de Geociências – USP: 155p.
- CARNEIRO, C.D.R; HASUI, Y; DANTAS, A.S.L. 1984. Contribuição ao Estudo da Litoestratigrafia do Grupo São Roque na Faixa Jaraguá-Cristais –SP. *In: XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro (RJ), *Anais*: 3212–3226.
- CONDIE, C. K. 2002. Breakup of a Paleoproterozoic Supercontinent. *Gondwana Research*, 5(1): 41-43.

- CORDANI, U. G; CAMPOS, A. C. R; DAVINO, A; BJÖRNER, A. J. S. 1961. Geologia da Região do Jaraguá. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 10(20): 73-91.
- CORDANI, U. G; GOMES, C. de B; GIRARDI, V. A. V. 1963. Rochas Cálcio-Silicatadas da Região de Perus, SP. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 35(3): 361–372.
- CORDANI, U. G. & BITTENCOURT, I. 1967. Determinações de Idades Potássio-Argônio em Rochas do Grupo Açungui. *In: XXI Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*: 218-233.
- CORDANI, U. G. & KAWSHITA, K. 1971. Estudo Geocronológico Pelo Método Rb-Sr, de Rochas Graníticas Intrusivas no Grupo Açungui. *In: XXV Congresso Brasileiro de Geologia, Anais* 1: 105-110.
- CORDANI, U. G; COUTINHO, J. M. V; NUTMAN, A. P. 2002. Geochronological Constraints on the Evolution of the Embu Complex, São Paulo, Brazil – *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 903-910.
- COUTINHO, J.M.V. 1955a. Metaconglomerado e rochas associadas no Município de São Paulo. *Boletim Fac. Fil. C. Let. USP* 186, Mineralogia 13: 5-56.
- COUTINHO, J.M.V. 1955b. Sobre o Meta-Conglomerado dos Arredores de São Paulo. *Engenharia, Mineração e Metalurgia*, vol XXI(121): 15-16.
- COUTINHO, J.M.V. 1968. Petrologia do Pré-Cambriano em São Paulo e Arredores. (Tese – Professor Catedrático) – *Faculdade de Filosofia Ciências e Letras* – USP: 174 p.
- COUTINHO, J.M.V. 1971. Estado Atual de Conhecimentos do Pré-Cambriano Superior Sul Brasileiro; Uma Síntese. *In: XXV Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, 25(1): 83-92.
- COUTINHO, J. M. 1980. Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo. São Paulo, *EMPLASA*, 2 folhas. Escala 1:100.000.
- COUTINHO, J.M.V; RODRIGUES, E de P; SUEMITSU, A; JULIANI, C; BELJAVSKIS, P; PAULO de T. Y. P. 1982. Geologia e Petrologia da Seqüência Vulcano-Sedimentar do Grupo São Roque na Serra de Itaberaba – SP. *In: XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador – Bahia, Anais*, 2: 624-640.

- CURY, L. F; KAULFUSS, G. A; SIGA Jr, O; BASEI, M. A. S; HARARA, O. M; SATO, K. 2002. Idades U-Pb (Zircões) de 1.75 Ga em Granitóides Alcalinos Deformados dos Núcleos Betara e Tigre: Evidências de Regimes Extensionais do Estateriano na Faixa Apiaí. *Geologia USP - Série Científica*, 2: 95-108.
- DAITX, E. C; TEIXEIRA, W; ZANARDO, A. 1990. Geologia e Geocronologia do Metagabro Apiaí, Vale do Ribeira, SP. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, Natal (RN), *Boletim de Resumos*, 36: 341.
- DANTAS, A. S. L. 1990. Geologia da Faixa São Roque e Intrusivas Associadas na Região entre São Paulo e Mairiporã, Norte de São Paulo, *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Geociências – USP: 199 p.
- DERBY, O. A. 1878. A Geologia da Região Diamantífera da Província do Paraná no Brasil. *Archivos do Museu Nacional*, vol. III: 89-98.
- DERBY, O. A. 1882. Relatório acerca dos estudos geológicos praticados nos Valles do rio da Velhas e alto S. Francisco. *Apresentado ao Conselheiro Manoel de Araújo, 29 de março. Typographia Nacional*. Rio de Janeiro.
- DERBY, O. A. 1889. Retrospecto Histórico dos Trabalhos Geográficos e Geológicos (Efetuados na Província de São Paulo). In: *Revista do Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo, julho a dezembro de 1949* (transcrição) 7(3-4): 283–300.
- DERBY, O. A. 1895. A denominação “Serra da Mantiqueira”. *Revista do Instituto Historico e Geografico de São Paulo*, 1: 5-15.
- DERBY, O. A. 1898. Geologia do Sudeste Paulista. *Boletim da Agricultura*, Secretaria da Agricultura, 1951: 3-4.
- DERBY, O. A. 1906. The Serra do Espinhaço, Brazil. *Journal of Geology*, 14(5): 374-401.
- ELLERT, R. 1961. Nota Sobre a Geologia do Pre-Cambriano de São Bernardo do Campo, SP. *Boletim. Sociedade Brasileira de Geologia*, 10(1): 49-56.

- ESCHWEGE, W. L. von. 1818. Jornal do Brasil. Tradução Friedrich E. Renger, Tarcísia Lobo Ribeiro e Günter Augustin, *Centro de Estudos Históricos e Culturais. Fundação João Pinheiro*. Belo Horizonte, 2002: 407 p.
- ESCHWEGE, W. L. von. 1824. Brasil, novo mundo. Tradução Domício de Figueiredo Murta. *Centro de Estudos Históricos e Culturais. Fundação João Pinheiro*. Belo Horizonte, 1996: 197 p.
- FAIRCHILD, T. R. 1977. Conophyton and other Columnar Stromatolites from the Upper Precambrian Açungui Group near Itapeva, SP, Brazil. In: *I Simpósio Regional de Geologia*, Anais: 179-198.
- FERREIRA, C. J. 1996. Geoquímica e Análise de Deformação do Complexo Itaqui, SP: Evolução de Granitos Cálcio-Alcalinos Poli-Intrusivos. *Tese de Doutorado - UNESP*, Rio Claro: 272 p.
- FIGUEIREDO, M.C.H; BERGMANN, M; PENALVA, F; TASSINARI, C.C.G. 1982. Ocorrência de *pillow-lavas* no Grupo São Roque, Estado de São Paulo. *Revista Ciências da Terra*, 2: 6-8.
- FLORENCE, G. 1905. Notas geológicas sobre o rio Tietê. *Comissão Geographica e Geológica de São Paulo – Exploração do Rio Tietê*, 3ª Edição – 1930: 10-16.
- FILIPOV, M. & JANASI, V. A. 2001. The Mauá granitic massif, Ribeira Belt, São Paulo: petrography, geochemistry and U-Pb dating. *Revista Brasileira de Geociências*, 31: 341-348.
- FIORI, A. P. 1990. Tectônica e Estratigrafia do Grupo Açungui a Norte de Curitiba. *Tese de Livre-Docência*, Instituto de Geociências – USP: 261 p.
- FRANCO, R. R. 1958. Contribuição ao Conhecimento das Rochas Termometamórficas da Serie São Roque. *Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, USP*. Boletim 189, Mineralogia 14: 1-81.
- GOMES, C de BARROS. 1962. Contribuição ao Conhecimento dos Anfíbolitos da Região do Jaraguá, SP. *Boletim Sociedade Brasileira de Geologia*, 11(1): 57-73.

- GONZAGA DE CAMPOS, L. F. 1888. Secção Geológica. *Relatório apresentado ao Dr. Orville A. Derby*. Comissão Geographica e Geológica da Província de São Paulo. 15 de Dezembro: 21–34.
- HACKSPACHER, P. C; DANTAS, E. L; GODOY, A. M; OLIVEIRA, M. A. F; FETTER, A; VAN SCHMUS, W. R. 1999. Considerations About the Evolution of the Ribeira Belt in the São Paulo State – Brazil, From U/Pb Geochronology in Metavolcanic Rocks of the São Roque Group. *In: II South American Symposium on Isotope Geology, Actas*: 310-313.
- HACKSPACHER, P. C; DANTAS, E.L; SPOLADORE, A; FETTER, A.H; OLIVEIRA, M.A.F. 2000. Evidence for Neoproterozoic back-arc basin development in the Central Ribeira Belt, southeastern Brazil: new geochronological and geochemical constraints from the São Roque-Açungui Groups. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 110-114.
- HACKSPACHER, P. C; FETTER, A. H; EBERT, H. D; JANASI, V. A; DANTAS, E. L; OLIVEIRA, M. A. F de; BRAGA, I. F; ASSIS NEGRI, F. de. 2003. Magmatismo há ca. 660 – 640 Ma no Domínio Socorro: Registros de Convergência Pré-Colisional na Aglutinação do Gondwana Ocidental. *Geologia USP - Série Científica*, 3: 85-93.
- HARTT, F. C. 1870. “*Geology and Physical Geography of Brazil*”. Tradução de Edgar Süsskind de Mendonça e Elias Dolianiti. *Companhia Editora Nacional*, 1941, 200: 543-549.
- HASUI, Y; PENALVA, F; HENNIES, W. T. 1969. Geologia do Grupo São Roque. *In: XXIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Salvador (BA), Anais: 101-134.
- HASUI, Y. 1973. Tectônica da área das folhas de São Roque e Pilar do Sul. São Paulo. *Tese Livre-Docência - Instituto de Geociências - USP*: 134 p.
- HASUI, Y. 1975a. Geologia da Folha de São Roque. *Boletim do Instituto de Geociências –USP*, 6: 157-183.
- HASUI, Y; CARNEIRO, C. D. R; COIMBRA, A. M. 1975b. The Ribeira Folded Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 5: 257-266.

- HASUI, Y. 1976. Considerações Sobre a Estratigrafia do Pré-Cambriano na Região de São Paulo. *Boletim Instituto de Geociências – USP*, 7: 107-112.
- HASUI, Y. & HAMA, M. 1972. Geocronologia do Grupo São Roque pelo Método do Potássio – Argônio. *Revista Brasileira de Geociências*, 2(1): 18-24.
- HASUI, Y. & SADOWSKI, G.R. 1976. Evolução geológica do Pré-cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 6(3): 182-200.
- HASUI, Y; TOGNON, A. A; SOARES, L; CSORDAS, S. M. 1978. Geologia e Tectônica da Serra do Japi. *Boletim Instituto de Geociências - USP*, 9: 17–24.
- HEILBRON, M; PEDROSA-SOARES, A.C; CAMPOS NETO, M.C; SILVA, L.C; TROUW, R.A.J; JANASI, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: V. Mantesso-Neto, Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R. & Brito Neves, B.B. (Organizadores): *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca Prod. Culturais: 647p.
- HENNIES, W.T; HASUI Y; PENALVA, F. 1967. O Falhamento Transcorrente de Taxaquara. In: *XXI Congresso Brasileiro de Geologia*, SBG, Curitiba, Anais, 21: 159-168.
- HENRIQUE-PINTO, R. 2004. Petrografia e Proveniência dos Seixos Granito-Gnaisses do Metaconglomerado do Morro Doce (Grupo São Roque), São Paulo, SP. *Monografia de Trabalho de Formatura*, Instituto de Geociências – USP: 43p.
- HENRIQUE-PINTO, R. & JANASI, V. A. 2006. Proveniência dos Seixos Graníticos do Metaconglomerado do Morro Doce (Grupo São Roque), São Paulo-SP a partir de estudos petrográficos e geoquímicos. In: *XLIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Sergipe – Aracaju, Anais: p. 183.
- HENRIQUE-PINTO, R. & JANASI, V. A. 2007. Proveniência dos Metaconglomerados do Grupo São Roque (SP): contribuições a partir da geoquímica dos seixos graníticos. In: *XI Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Atibaia (SP), Resumos Expandidos: 1-4.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1984. Folha Santana de Parnaíba, SP (SF-Y-C-III-3 MI-2767-3). Escala 1:50.000.

- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas 1983. Carta Geológica do Estado de São Paulo em Escala 1:50.000. *Secretaria da Industria, Comércio, Ciência e Tecnologia – Pró-Minério*.
- IRVINE, T. N. & BARAGAR, W. R. A. 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548.
- JANASI, V.A. & ULBRICH, H.H.G.J. 1991. Late Proterozoic granitoid magmatism in the state of São Paulo, southeastern Brazil. *Precambrian Research*, 51: 351-374.
- JANSI, V.A; LEITE, R.J; VAN SCHMUS, W.R. 2001. U-Pb Cronostratigraphy of the granitic magmatism in the Agudos Grandes Batholith (west of São Paulo, Brazil) - implications for the evolution of the Ribeira Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 363-376.
- JANASI, V. A; ALVES, A; VLACH, S. R. F; LEITE, R. J. 2003. Granitos Peraluminosos da Porção Central da Faixa Ribeira, Estado de São Paulo: Sucessivos Eventos de Reciclagem da Crosta Continental no Neoproterozóico. *Geologia USP - Série Científica*, 3: 13-24.
- JULIANI, C; BELJAVSKIS, P; SCHORSCHER, H. D. 1986. Petrogênese do Vulcanismo e Aspectos Metalogenéticos Associados: Grupo Serra do Itaberaba na Região do São Roque – SP. In: *XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, Anais 2: 730-745*.
- JULIANI, C. 1993. Geologia, Petrogênese e Aspectos Metalogenéticos dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque na Região das Serras do Itaberaba e Pedra Branca, NE da Cidade de São Paulo, SP. São Paulo. *Tese de Doutorado*, Instituto de Geociências – USP: 803p.
- JULIANI, C. & BELJAVSKIS, P. 1995. Revisão Litoestratigráfica da Faixa São Roque/Serra Itaberaba (SP). *Revista do Instituto Geológico, São Paulo - SP*, 16(1/2): 33-58.
- JULIANI, C; MARTIN, M.A.B; CLARIMUNDO S. de J. 1997. Os metarcoseos do Morro do Polvilho: implicações para geocronologia e para evolução crustal dos grupos Serra do Itaberaba e São Roque (SP). *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 69: 441.

- JULIANI, C; MARTIN, M.^aB; CLARIMUNDO, S.de J; McREATH, I; PERTERSEN Jr., K.J. 1999. Geologia dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque entre o Pico do Jaraguá e Araçariçüama, São Paulo. In: *Simpósio de Geologia do Sudeste*, SBG/NSP-NRJ/ES Águas de São Pedro, Boletim de Resumos, 6: 26.
- JULIANI, C; HACKSPAKER, P; DANTAS, E.L; FETTER, A.H. 2000. The Mesoproterozoic volcano-sedimentary Serra do Itaberaba Group of the central Ribeira Belt, São Paulo, Brazil: implications for the age of the overlying São Roque Group. *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 82-86.
- KAULFUSS, G. A. Geocronologia dos Núcleos de Embasamento Setuva, Betara e Tigre, Norte de Curitiba-Paraná. *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Geociências – USP: 115p.
- KNECHT, T. 1934. Occorencia de Suppostos Fosseis na Serie de S. Roque em Araçaeiro, S. Paulo. *Mineração e Metallurgia*, 1(6): 250.
- LAZZARI, M. L. 1987. O Metabasito de Pirapora do Bom Jesus. *Tese Instituto de Geociências*, Universidade de São Paulo: 84p.
- LE BAS, M. J; LE MAITRE, R. W; STRECKEISEN, A; ZANETTIN. 1986. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 27(3): 745-750.
- LEONARDOS, H. O. 1934. Chumbo e Prata no Estado de São Paulo. *Serviço de Fomento da Produção Mineral*. Boletim 6: 3-43.
- MACHADO, R. & FRAGOSO CESAR, A. R. S. 1992. Nota Preliminar sobre a Estruturação do Grupo Açungui no Vale do Ribeira e a Norte da Cidade de São Paulo. In: *XXXVII Congresso Brasileiro de Geologia*, Boletim de Resumos Expandidos: 167.
- MARINI, O. J; TREIN, E; FUCK, R. A. 1967. O Grupo Açungui no Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, (23/25): 43–102.
- MARTIN, M. A. B. 2000. Geologia e Petrografia e Metamorfismo dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque a Noroeste da Cidade de São Paulo (SP), *Dissertação de Mestrado* – Instituto de Geociências –USP: 256p.

- MAWE, J. 1812. Viagens ao Interior do Brasil. Tradução de Selená Benevides Viana. *Editora da Universidade de São Paulo*, 1978: 243p.
- McREATH, I; JARDIM DE SÁ, E. F; FRYER, B. J. 1981. As Vulcânicas Ácidas Proterozóicas da Região da Bacia do Rio Paramirim – Bahia. *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia*. Secretaria de Minas e Energia, 4: 121-134.
- MELCHER, G. C; GOMES, C. de; CORDANI, U. G; BETTENCOURT, J. S; DAMASCENO, E. C; GIRARDI, V. A. V; MELFI, A. J. 1973. Geologia e Petrologia das Rochas Metamórficas e Graníticas Associadas do Vale do Rio Ribeira de Iguape, SP e PR. *Revista Brasileira de Geociências*, 3: 121.
- MORI, P. E; REEVES, S; CORREIA, C.T; HAUKKA, M. 1999. Development of a fused glass disc XRF facility and comparison with the pressed powder pellet technique at Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 29: 441-446
- MORAES, L. J. de. 1944. A Serra do Japí, Estado de São Paulo. *Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras*. Universidade de São Paulo. Boletim 1(45): 34-40.
- MORAES REGO, L.F. de. 1930. A Geologia do Petróleo no Estado de S. Paulo. *Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*. Rio de Janeiro, Boletim 46: 1-70.
- MORAES REGO, L.F. de. 1931. As estruturas antigas do Brasil. *Annaes da Escola de Minas*: 27-85.
- MORAES REGO, L.F. de. 1931. Ensaio sobre as montanhas do Brasil e sua genesis. *Revista do Club Militar*. Rio de Janeiro: 83-118.
- MORAES REGO, L.F. de. 1932. Notas sobre a geomorphologia de S. Paulo e sua gênese. *Instituto Astronômico e Geographico de S.Paulo*. Editora Limitada. São Paulo: 28p.
- MORAES REGO, L.F. de. 1933. Contribuição ao estudo das formações pré-devonianas de São Paulo. *Boletim do Instituto Astronômico e Geographico*. São Paulo – SP: 55p.
- MORAES REGO, L.F. de. 1943. A Geologia do Estado de São Paulo. *Boletim do Departamento de Estradas e Rodagem*, Separata, 3(3): 538-556.

- MORAES REGO, L.F. de. & SOUZA SANTOS. T. D. de. 1938. Contribuição para o estudo dos Granitos da Serra da Cantareira. *Instituto de Pesquisas Technologicas de S. Paulo*. Boletim 18: 1-162.
- NAVARRO, M. S. 2004. A Implantação de Rotina, e seu Refinamento, para a Determinação de Elementos Terras Raras em Materiais Geológicos por ICP-OES e ICP-MS. Aplicação ao Caso dos Granitóides de Piedade-Ibiúna (SP) e Cunhaporanga (PR). *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Geociências – USP: 123p.
- ODMAN, O. H. 1955. A Pre-Cambrian Conglomerate With Pebbles of Deep-Seated Rocks Near São Paulo, Brazil. *Engenharia, Mineração e Metalurgia*, vol XXI. (121): 32.
- OLIVEIRA, A. I. de. 1934. Relatório da Directoria, 1934-1935. *Serviço de Fomento da Produção Mineral, Ministério da Agricultura*. Boletim 18: 1-99.
- OLIVEIRA, A. I. de. & LEONARDOS, O.H., 1943. Geologia do Brasil. *Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura*. Rio de Janeiro. Serie Didática, 2: 813p.
- OLIVEIRA, E. P. de. 1925. Analyses de Calcários. *Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil. Ministério da Agricultura Indústria e Commercio*. Boletim 10: 1-45.
- OLIVEIRA, E. P. de. 1927. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Paraná. *Serviço geológico e Mineralógico do Brasil*. Monographia. VI: 53p.
- OLIVEIRA, F de P. 1887. Esboço Geológico da Região Compreendida entre os Rios Sorocaba e Tieté. *Relatório da Província de São Paulo, Comissão Geographica e Geológica*. 19 de novembro: 26–28.
- OLIVEIRA, F de P. 1888. Relatório da Província de São Paulo, enviado ao Sr. Adalbert Orville Derby . *Comissão Geographica e Geológica de São Paulo*. 10 de dezembro: 35-42.
- OLIVEIRA, F de P. 1892. Ouro em São Paulo. Contribuição para o estudo da mineração no Brasil. *Imprensa da Casa da Moeda – Republica dos Estados Unidos do Brazil*: 37p.
- OLIVEIRA, M. A. F. de; MANIESI, V; TEIXEIRA, W; DAITX, E. C. 2002. Caracterização Isotópica de Metabasitos e Anfibolitos dos Grupos Açungui e Setuva na Porção Sul da Faixa Ribeira. *Geologia USP - Série Científica* 2: 161-170.

- OLIVEIRA, M. A. F de; MELO, R. P; NARDY, A. J. R; ARAB, P. B; TRINDADE, I. 2008. New U/Pb Palaeoproterozoic Zircon Age For The Cajamar Metabasite, São Roque Group, Central Ribeira Belt, Southeastern Brazil. *In: VI South American Symposium on Isotope Geology*. San Carlos de Bariloche – Argentina: 1-4.
- PAOLIELLO, P.C. 1964. Geologia do Estado de São Paulo – Explicação do Mapa Geológico. *Boletim I.G.G.*, 41: 37-44.
- PEARCE, J. A & CANN, J. R. 1973. Tectonic Setting of Basic Volcanic Rocks Determined Using Trace Element Analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, 19(2): 290-300.
- PEARCE, J. A & NORRY, M. J. 1979. Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y, and Nb Variations in Volcanic Rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 69: 33-47.
- PEARCE, J. A; HARRIS, N. B. W; TINDLE, A. G. 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, 25(4): 956-983.
- PENALVA, F. & HASUI, Y. 1970. A Intrusão Granítica dos Morros Grande e do Tico-Tico, Município de Caieiras, SP. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 42(4): 725-730.
- PETRI, S. & SUGUIO, K. 1969. Sobre os Metassedimentos do Grupo Açunguá do Extrêmo Sul do Estado de São Paulo. *Convenio USP – DAEE (Serviço do Vale do Ribeira)*, 2: 11-98.
- PETRI, S; COIMBRA, A. M; AMARAL, G; OJEDA, H. O. Y; FÚLFARO, V. J; PONÇANO, W. L. 1986a. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(4): 372-376.
- PETRI, S; COIMBRA, A. M; AMARAL, G; PONÇANO, W. L. 1986b. Guia de Nomenclatura Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(4): 376-415.
- PISSIS, M. A. 1848. Mémoire Sur La Position Geologique Des Terrains De La Partie Australe Du Brésil. *Academie des Sciences*, Paris: 43-368.

- RAGATKI, D. 1997. Contribuição à Geoquímica e Geocronologia do Domínio São Roque e da Nappe de Empurrão Socorro – Guaxupé, na Região de Igaratá a Piracaia, SP. *Tese de Doutorado*, Instituto de Geociências – USP, 130 p.
- ROGERS, J. W. & SANTOSH, M. 2002. Configuration of Columbia, a Mesoproterozoic Supercontinent. *Gondwana Research*, 5(1): 5-22.
- SIGA Jr, O; BASEI, M. A. S; SATO, K; PRAZERES FILHO, H. J. dos; CURY, F. L; WEBER, W; PASSARELLI, C. R; HARARA, O. M; REIS NETO, J. M. dos. 2003. U-Pb (Zircon) Ages of Metavolcanic Rocks From the Itaiacoca Group: Tectonic Implications. *Geologia USP - Série Científica*, 3: 39-49.
- SIMONETTI, A; HEAMAN, L. M; HARTLAUB, R. P; CREASER, R. A; MacHATTIE. T. G. 2005. U-Pb Zircon Dating by Laser Ablation-MC-ICP-MS Using a New Multiple Ion Counting Faraday Collector Array. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 20: 677-686.
- SCHOBENHAUS, C; HOPPE, A; BAUMANN, A; LORK, A. 1994. Idade U/Pb do Vulcanismo Rio dos Remédios, Chapada Diamantina, Bahia. In: *XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Balneário Camboriú (SC), Anais: 397-398.
- TASSINARI, C. C. G. 1988. As Idades das Rochas e dos Eventos Metamórficos da Porção Sudeste do Estado de São Paulo e sua Evolução Crustal. *Tese de Doutorado* – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 236 p.
- TASSINARI, C. C. G; KAWASHITA, K; KIKUCHI, R. K. P. 1985. Estudo Geocronológico nos Metaconglomerados do Grupo São Roque, Estado de São Paulo. In: *X Simpósio Regional de Geologia*, São Paulo. Boletim de Resumos, SBG, 1: 201-208.
- TASSINARI, C. C. G; KAWSHITA, K; KIKUCHI, R. K. P. de. 1988. As Idades das Rochas e dos Eventos Metamórficos da Região Sudeste do Estado de São Paulo. In: *XXXV Congresso Brasileiro de Geologia*, Belém (PA), Anais 6: 2840-2848.
- TASSINARI, C. C. G; BARBOUR, A. P; DAITX, E. C; SATO, K. 1990. Aplicação dos Isótopos de Pb e Sr na Determinação da Natureza das Fontes das Mineralizações de

- Chumbo do Vale do Ribeira – SP e PR. *In: XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*, Natal (RN), Anais (3): 1254-1266.
- TASSINARI, C. C. G; MUNHÁ, J. M. U; CORREIA, C. T. 2001. Neoproterozoic Oceans in the Ribeira Belt (southeastern Brazil): The Pirapora do Bom Jesus Ophiolitic Complex. *Episodes*, 24(4): 245-251.
- TASSINARI, C. C. G; BABINSKI, M; NUTMAN, A. P. 2004. A Idade e Natureza da Fonte do Granito do Moinho, Faixa Ribeira, Sudeste do Estado de São Paulo. *Geologia USP - Série Científica*, 4(1): 91-100.
- TAYLOR, S. R. & MCLENNAN, S. M. – 1985. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. Oxford –Blackwell: 234 p.
- TEIXEIRA, W; ÁVILA, A. C; NUNES, L. C. 2008. Nd-Sr Isotopic Geochemistry and U-Pb Geochronology of the Fé Granitic Gneiss and Lajedo Granodiorite: Implications for Paleoproterozoic Evolution of the Mineiro Belt, Southern São Francisco Craton, Brazil. *Geologia USP - Série Científica*, 8(1): 53-74.
- TOPFNER, C. 1996. Brasiliano-granitoide in den Bundesstaaten São Paulo und Minas Gerais, Brasilien- eine Vergleichende studie. Münchner Geol. Hefte, A17.
- TURRA, B. B; CAMPANHA, G. A. C; HENRIQUE-PINTO, R. 2007. Análise de Deformação nos Metaconglomerados do Morro Doce, Grupo São Roque, Faixa Ribeira ao Norte da Cidade de São Paulo. *In: XIV Simpósio de Geologia de Minas Gerais – X Simpósio de Geologia do Sudeste*, Diamantina (MG), Livro de Resumos: p.19.
- VAN SCHMUS, W.R; TASSINARI, C.C.G; CORDANI, U.G. 1986. Estudo Geocronológico da Parte Inferior do Grupo São Roque. *In: XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia*. Goiânia (GO), Anais, 3: 1399 – 1406.
- VERMEESH, P. 2006. Tectonic Discrimination Diagrams Revisited. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 7(6): 1-55.

- WEBER, W; SIGA Jr, O; SATO, K; REIS NETO, J. M dos; BASEI, M. A. S; NUTMAN, A. P.
2004. A Formação Água Clara na Região de Araçáiba – SP: Registro U-Pb de Uma
Bacia Mesoproterozóica. *Geologia USP - Série Científica*, 4(1): 101-110.
- WERNICK, E; OLIVEIRA, M. A. F. de; KAWASHITA, K; CORDANI, U. G; DELHAL, J.
1976. Estudo Geocronológico pelo Método Rb/Sr em Rochas do Bloco Jundiaí e
Regiões Adjacentes. *Revista Brasileira de Geociências*, 6(2): 125-135.

ANEXO – I

(Fotos de Campo)

Região do Morro Doce

Região do Morro Doce

Foto 1: Metaconglomerado polimítico com acentuado arredondamento original dos clastos sustentados pelo arcabouço metarcoseano. Predomínio de clastos graníticos, a maioria com 10 a 20 cm; os maiores podem alcançar até 50 cm para o eixo de elongação maior.

Foto 2: Metaconglomerado polimítico com zonas de maior deformação. Diferenças reológicas entre os clastos com feições de alongamento assimétrico e fragmentação de material dentro do arcabouço.

Foto 3: Metarcóseo de brilho “sedoso” interdigitado com metaconglomerado polimítico. Apesar da deformação, sempre aparecem vestígios do arcabouço entre os clastos.

Foto 4: Metarcóseo levemente deformado, preservando estruturas reliquias (bandamento composicional).

Foto 5: Dique de rocha metavulcânica básica intrudindo metaconglomerados. A rocha encontra-se intensamente transformada pelo metamorfismo dinâmico e hidrotermal.

Foto 6: Rocha metavulcânica básica que ocorre na forma de dique, e apesar da deformação ainda preserva amígdalas reliquias estiradas.

Região do Morro do Polvilho

Região do Morro do Polvilho

Foto 7: Metaconglomerado polimítico com acentuado arredondamento original dos clastos sustentados pelo arcabouço metarcoseano. Predomínio de clastos graníticos, a maioria com 10 a 20 cm.

Foto 8: Metaconglomerado polimítico com clastos estirados em contato com metavulcânicas ácidas (fora da foto).

Foto 9: Saprólito de metarcoseo de coloração marrom, no qual se destacam seixos graníticos esparsos transformados em caulim (branco) e finas camadas ocre de provável derivação basáltica.

Foto 10: Saprólito em material bandado, provavelmente intercalação de finas camadas de composição básica (alteração ocre) com metarcóseo conglomerático.

Foto 11: Rocha metavulcânica ácida porfirítica, que ocorre intercalada a metaconglomerados no topo do Morro do Polvilho.

Foto 12: Rocha metavulcânica ácida porfirítica com bandamento magmático e fenocristais. Alta SM ($K = 45 - 106 \times 10^{-3} \text{ SI}$).

Região da Fazenda Ithayê

Região da Fazenda Ithayê

Foto 13: Metaconglomerado polimítico de clastos sustentados pelo arcabouço metarcoseano. Predomínio de clastos graníticos, a maioria com 10 a 20 cm.

Foto 14: Metaconglomerado polimítico com seixos intensamente estirados na foliação metamórfica (geometria na forma de “charuto”).

Foto 15: Bloco de metaconglomerado polimítico com predomínio de clastos de epidotito de cor verde-clara.

Foto 16: Solo de coloração ocre com vestígios de rochas calcio-silicáticas, próximo ao contato com o Granito Ithayê.

Foto 17: Aspecto característico dos granitos porfíricos do Ithayê. A rocha apresenta enclave diorítico, megacristais de feldspato alcalino (“olho de sapo”) e não mostra foliação a olho nu.

Foto 18: Granito Ithayê porfíritico com fenocristais de feldspato alcalino sem deformação. Matriz inequigranular rica em minerais máficos IC ~ 20.

Variedades de Clastos

Variedades de Clastos

Foto 19: Clasto de biotita monzogranito porfirítico com textura porfiroclástica, $IC = 7$ e megacristais rotacionados, encontrado somente na exposição do Morro Doce. SM ($K = 0,47 \times 10^{-3} SI$).

Foto 20: Clasto de biotita monzogranito inequigranular $IC = (3 < IC < 5)$, comum em todas as exposições visitadas. SM ($K = 0,12 \times 10^{-3} SI$).

Foto 21: Clasto de biotita monzogranito equigranular, $IC = 5$. Variedade mais comum em todas as ocorrências. SM ($K = 0,13 \times 10^{-3} SI$).

Foto 22: Clasto de leucogranito inequigranular, $IC = 3$, variedade encontrada em todas as exposições visitadas. SM ($K = 0,07 \times 10^{-3} SI$).

Foto 23: Clasto de quartzito de aspecto sacaroidal. rocha encontrada em todas as exposições, reologicamente menos competente, susceptível a processos de dissolução em meio ao arcabouço.

Foto 24: Clasto de rocha metabásica com amígdalas reliquiares parcialmente preservadas, variedade encontrada em exposições no Morro Doce e Fazenda Ithayê. SM ($K = 0,90 \times 10^{-3} SI$).

ANEXO – II

(Fotomicrografias)

1.5 mm

1.5 mm

0.5 mm

0.5 mm

1.5 mm

1.5 mm

Fotomicrografia 1: Aspecto geral de meta-traquidacito porfirítico com matriz recristalizada e foliação de fluxo magmático parcialmente preservada.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 1

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 2: Meta-traquidacito porfirítico, com fenocristais (porfiroclastos) de oligoclásio tabular com características de cristais magmáticos e sombras de pressão. Detalhe para geminação Carlsbad.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 2

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 3: Aspecto geral dos metarcóseos com feldspatos detríticos preservando petrotrama sedimentar.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 3

Polarizadores Cruzados x

0.5 mm

0.5 mm

1.5 mm

1.5 mm

0.2 mm

0.2 mm

Fotomicrografia 4: Metarcóseo com textura blastopsefítica, constituído por quartzo granoblástico, feldspatos, muscovita intersticial e carbonato. Detalhe para grão detrítico de plagioclásio com geminação polissintética.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 4

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 5 : Anfibolito típico do corpo do Jaraguá. Predomínio de hornblenda, plagioclásio e minerais opacos.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 5

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 6: Detalhe da textura de anfibolito do Jaraguá; notar ausência de orientação sistemática da hornblenda, e presença de epídoto e minerais opacos xenomórficos.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 6

Polarizadores Cruzados x

1.5 mm

1.5 mm

0.5 mm

0.5 mm

1.5 mm

1.5 mm

Fotomicrografia 7: Rocha Metabásica intensamente transformada, de granulação fina e textura lepidó-granoblástica. Presença de biotita, clorita, minerais opacos e quartzo recristalizado.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 7

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 8: Rocha metabásica intensamente transformada de granulação fina e textura lepidó-granoblástica. Destaque para “manchas” félsicas com quartzo granoblástico recristalizado (possíveis amígdalas).

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 8

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 9: Estaurolita-biotita-quartzo xisto de textura nematolepidoblástica e bandas com quartzo granoblástico. Destaque para porfiroblastos de estaurolita escalonadas marcando duas direções de esforços

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 9

Polarizadores Cruzados x

1.5 mm

1.5 mm

0.5 mm

0.5 mm

1.5 mm

1.5 mm

Fotomicrografia 10: Clasto de Biotita Monzogranito Porfirítico ($IC=7$); com megacristas de microclínio (porfiroclastos) rotacionados. Destaque para inclusões de plagioclásio em microclínio.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 10

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 11: Clasto de biotita monzogranito porfirítico intensamente deformado, com matriz fina composta por biotita, sericita e quartzo granoblástico. Entre os acessórios aparecem zircão, apatita, allanita, epidoto, titanita, minerais opacos e carbonatos.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 11

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 12: Clasto de biotita monzogranito inequigranular ($3 < IC < 5$); com textura granular hipidiomórfica média a grossa (4-6mm). O plagioclásio (andesina-oligoclásio) encontra-se em intenso processo de sericitização com hábito parcialmente preservado e geminações deformadas.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 12

Polarizadores Cruzados x

0.5 mm

0.5 mm

1.5 mm

1.5 mm

0.5 mm

0.5 mm

Fotomicrografia 13: Clasto de Biotita Monzogranito Inequigranular ($3 < IC < 5$); com textura hipidiomórfica média a grossa. Destaque para cristal de plagioclásio fraturado com injeção de sericita e calcita secundária, em micro-venulações.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 13

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 14: Clasto de biotita monzogranito equigranular ($IC = 5$), com textura granular hipidiomórfica média (3-4 mm). Plagioclásio (oligoclásio-andesina), quartzo xenomórfico de contatos interlobados a serrilhados, e a associação mineral opaco-biotita com bordas substituídas por clorita.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 14

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 15: Clasto de biotita monzogranito equigranular ($IC = 5$), com textura alotriomórfica média (3-4 mm). Destaque para e titanita idiomórfica.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 15

Polarizadores Cruzados x

1.5 mm

1.5 mm

0.2 mm

0.2 mm

1.5 mm

1.5 mm

Fotomicrografia 16: Clasto de leucogranito inequigranular, IC=3, com textura granular hipidiomórfica grossa,. Apesar da intensa deformação, a textura ígnea original ainda pode ser observada.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 16

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 17: Clasto de Leucogranito Inequigranular; com textura hipidiomórfica, fanerítica grossa. Destaque para a associação mineral opaco-biotita-clorita-titanita.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 17

Polarizadores Cruzados x

Fotomicrografia 18: Clasto de rocha metabásica com textura lepidoblástica marcada pela paragênese biotita-muscovita-epidoto e minerais opacos. Destaque para possíveis amígdalas estiradas, preenchidas por calcita e quartzo granoblástico.

Polarizadores Paralelos //

Fotomicrografia 18

Polarizadores Cruzados x

ANEXO – III

(Resumo expandido, publicado no Congresso Brasileiro de Geoquímica, 2007)

Proveniência dos metaconglomerados do Grupo São Roque (SP): contribuições a partir da geoquímica dos seixos graníticos

Renato Henrique Pinto (renatohp@usp.br) e Valdecir de Assis Janasi (vajanasi@usp.br)
Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Rua do Lago 562, 05508-900.

Abstract

A provenience study of metaconglomerates from the São Roque Group (north of São Paulo city) used as main tool a comparison of the geochemistry of granite pebbles and potential sources. The pebbles are metaluminous o weakly peraluminous granites showing high SiO_2 (65 to 77 wt%) and $\text{mg\#} = 25\text{-}35$ which seem to constitute a comagmatic suite characterized by high Th and LREE. Among the regional granites only two occurrences (Caucaia and felsic Itapevi granites) show a geochemical signature akin to the pebbles, but even here some significant differences (e.g., higher Rb) are either due to hydrothermal processes affecting the pebbles or indicate that none of the studied neoproterozoic granites was the source of the pebbles.

Key words: metaconglomerate; provenance; granitic pebbles

Introdução

Os metaconglomerados do Grupo São Roque, que afloram na região do Morro Doce a norte da cidade de São Paulo, têm chamado a atenção dos geólogos desde o trabalho pioneiro de Coutinho (1955). O amplo predomínio de seixos graníticos tem excelente potencial para identificação de suas fontes e, de modo indireto, de sua idade, tema ainda controverso. Datação **U-Pb** em monazita de rocha metabásica apresentada por Hackspacher et al. (2000) ($628 \pm 9 \text{ Ma}$) sugere que o Grupo São Roque foi depositado no Ediacarano, o que é coerente com a inferência de que se trata de unidade mais jovem que o Grupo Serra do Itaberaba, do Proterozóico Médio (Juliani et al., 2000). Por outro lado, datações **K-Ar** em biotita da matriz do metaconglomerado sugerem idades de metamorfismo da ordem de **800 Ma** (Tassinari, 1985), e datação **U-Pb** de rocha metavulcânica ácida intercalada na mesma sequência forneceu idade de **1.7 Ga** (van Schmus et al, 1986).

Tendo em vista o potencial de que granitos neoproterozóicos, para os quais já existe um amplo acervo de dados geoquímicos, constituam a fonte dos conglomerados, procedeu-se a uma comparação geoquímica entre eles a partir das variedades petrográficas similares identificadas nos seixos.

Situação geológica

Da base do Morro Doce ao topo do Pico do Jaraguá, a norte da cidade de São Paulo, afloram metarcóseos que quando não afetados por zonas de cisalhamento, apresentam bandamento composicional. Interdigitam-se com os metarcóseos espessas lentes metaconglomeráticas polimíticas de seixos e calhaus estirados, sustentados por um arcabouço bem recrystalizado. Essa sequência psamítica grada para filitos intermediários por vezes psefíticos, e termina com metarenitos feldspáticos com estratificações cruzadas (basculadas) no topo. (Carneiro et. al., 1984; Martin, 2000)

A coleta dos seixos se deu ao longo de um perfil N-S em um corte recente herdado da construção do Rodoanel Viário Metropolitano de São Paulo, onde ocorrem zonas metaconglomeráticas intercaladas com porções metarcoseanas e metareníticas feldspáticas. Os metaconglomerados são polimíticos com calhaus e seixos de dimensões variadas, a maioria com **10 a 20 cm**; os maiores podem alcançar até **50 cm** para o eixo de elongação maior. Muitos dos seixos se tocam, porém entre eles sempre aparecem vestígios de matriz. Os seixos apresentam-se estirados na foliação principal da rocha; esta deformação amolda-os proporcionando contatos sinuosos entre os diversos litotipos encontrados. As características estruturais observadas assemelham-se às descritas por Coutinho (1955, 1968) em outras porções desta unidade, onde a deformação não apaga por completo o acentuado arredondamento original dos seixos graníticos. Muitos desses seixos, entretanto, também exibem forte deformação, manifestada por feições como: tangenciamento, interpenetração, superfícies côncavas, alongamento assimétrico e mesmo fragmentação e diluição de material dentro da matriz. Os efeitos hidrotermais são visíveis na escala de afloramento, e registram um processo de carbonatização e sulfetação, os veios de quartzo mais expressivos aparecem posicionados ortogonalmente à foliação principal, porém as ramificações são disseminadas por toda a exposição.

Predominam amplamente entre os seixos biotita monzogranitos equigranulares e inequigranulares, de granulação média a grossa e índice de cor (**IC**) **~3-5**; embora muito restritas, foram

também encontradas variedades porfiríticas com $IC > 7$. Todas as variedades de granitos apresentam leve foliação, baixos valores de susceptibilidade magnética ($K = 0,07-0,47 \times 10^{-3} SI$), e características mineralógicas de rochas moderadamente peraluminosas (biotita como único mineral máfico importante; muscovita em algumas amostras).

Os Potenciais Granitos Fontes

Os granitos neoproterozóicos do Batólito Agudos Grandes (Leite et al., 2007, e dados inéditos dos autores) foram escolhidos para comparação a partir de variedades petrograficamente similares aos seixos presentes no Grupo São Roque. A escolha destes granitos baseou-se nas informações disponíveis na literatura, que atribuem ao falhamento de Taxaquara grandes deslocamentos transcorrentes que separam dois domínios com evoluções geotectônicas distintas (Hennies et al, 1967; Hasui et al, 1976), incluindo a possibilidade aventada por Dantas (1990) de que a fonte das seqüências psamíticas inferiores estariam com disposição preferencial de influxos terrígenos provindos borda S-SE da paleobacia. Deve-se considerar que a presença de feldspatos detríticos euédricos no arcabouço dos metaconglomerados indica pouco transporte sedimentar e proximidades de suas áreas fonte (Martin, 2000).

O batólito Agudos Grandes localiza-se a sul da falha de Taxaquara e registra um magmatismo sin-orogênico dominante (suite cálcio-alcálica potássica metaluminosa), que correspondem aos hornblenda-biotita monzogranitos porfiríticos foliados do tipo Ibiúna. Os leucogranitos peraluminosos do tipo Turvo são menos abundantes e ocorrem em corpos esparsos invadindo os granitos do tipo Ibiúna; ambos os tipos têm idades $U-Pb$ de $610 \pm 2 Ma$ (Janasi et al., 2001). A atividade tardi-orogênica é expressa por granitos cálcio-alcálicos contaminados do tipo Serra dos Lopes; os biotita granitos foliados do tipo Itapevi e Caucaia, ainda não datados, são restritos ao extremo leste do batólito e intrudem os granitos Ibiúna.

Os granitos localizados no Domínio São Roque são geralmente considerados intrusivos nas seqüências metassedimentares do Grupo São Roque, que em sua maioria apresentam idades superiores à da deposição admitida por Hackspacher et al. (2000). Foram compilados dados do granito Itaqui fácies Mutinga (Ferreira, 1996), petrograficamente semelhantes e de maior proximidade geográfica dos metaconglomerados.

Afinidades Geoquímicas dos Seixos

De características metaluminosas a fracamente peraluminosas, os seixos graníticos predominantes são ricos em SiO_2 (65-77%), e têm $mg\# = 25-35$, parâmetros que mostram correlação negativa, (Fig. 4)

Os diagramas R_2 x R_1 desenvolvidos por De la Roche et al. (1980) para rochas plutônicas classificam os seixos equigranulares e leucograníticos como álcali granitos, e os inequigranulares e porfiríticos como granitos a granodioritos. (Fig. 1). Os seixos mostram caráter metaluminoso no diagrama que utiliza os parâmetros A e B ("balanço aluminoso"), expressos em átomo grama $\times 10^3$ (milicátion), definidos por Debon et. al. (1988) (Fig. 2); apenas os seixos equigranulares situam-se no campo peraluminoso, assemelhando-se aos demais potenciais granitos fonte, com exceção dos granitos Ibiúna e Itapevi. A introdução de calcita hidrotermal ao longo de veios e microvenulações em toda a região de coleta dos seixos deve ser responsável pela posição dos seixos inequigranulares e porfiríticos em campos de rochas metaluminosas, uma vez que a sua mineralogia (biotita $\pm$ muscovita), não é consistente com a esperada no campo (V) (anfíbólio + piroxênio, segundo Debon et al (1988); caso excepcional é o de um seixo inequigranular que se localiza no campo (VI), correspondente a carbonatitos (+ leucogranitos)).

Os seixos estudados apresentam boas correlações em diagramas de variação para óxidos maiores e menores (não mostrados) usando a sílica como índice de diferenciação, que são compatíveis com um caráter comagmático. Há uma diminuição nos teores de Na_2O , MgO , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5 com o aumento da sílica, refletindo a tendência normal de diferenciação em magmas graníticos; o único óxido que mostra correlação positiva com a sílica é o K_2O .

Todos os seixos apresentam baixos teores de Rb e Sr , se posicionando fora da tendência definida pelos granitos regionais (Fig. 3). A maioria dos elementos traços (Sr , Rb , Zr , V) mostra correlações negativas, com a tendência de diminuição a partir de seixos graníticos menos diferenciados, o que sugere que minerais portadores desses elementos estão sendo fracionados ao longo de toda a suíte. Outros como Ce , Y e Th mostram curvas de correlação em que para a variedade de seixo mais primitiva (granito porfirítico) os teores são baixos e atingem as proporções mais elevadas para os seixos graníticos inequigranulares e equigranulares, diminuindo para a variedade mais diferenciada (leucogranito inequigranular). Nesse caso, se as rochas são comagmáticas, teria havido mudança de caráter incompatível para compatível no caso desses elementos ao longo da diferenciação (Fig. 4). Entre os

granitos utilizados para comparação, apenas os granitos Caucaia e Itapevi félsico apresentam características equivalentes.

Conclusões

Quando comparados às variedades graníticas do Batólito Agudos Grandes, os seixos inequi e equigranulares coletados na base do Morro Doce mostram similaridades petrográficas e geoquímicas apenas com os granitos do tipo Caucaia e Itapevi Félsico; já as variedades porfiríticas e leucograníticas não possuem afinidades geoquímicas com os granitos alvos usados na comparação. As discrepâncias reveladas para alguns elementos traços como Rb e Nb, além do óxido de Ca, sugerem que, se a fonte dos seixos são os Granitos do Tipo Caucaia e Itapevi Félsico, ocorreu alguma modificação provocada pelo intenso processo hidrotermal que afetou a região de coleta dos seixos, o que é evidente no caso do Ca, tendo em vista a introdução de calcita secundária. Datação U-Pb dos seixos e novas análises geoquímicas em outras regiões menos afetadas por hidrotermalismo poderão elucidar a questão.

Referências Bibliográficas

- Carneiro C.D.R., Hasui Y., Dantas A.S.L. 1984. Contribuição ao Estudo da Litoestratigrafia do Grupo São Roque na Faixa Jaraguá-Cristais –SP. Anais do XXXIII Congr. Bras. Geol., Rio de Janeiro, p. 3212 – 3226.
- Coutinho J.M.V. 1955. Metaconglomerado e rochas associadas no Município de São Paulo. Boletim Fac. Fil. C. Let. USP186, Mineralogia 13, 5-55.
- Coutinho J.M.V. 1968. Petrologia do Pré-Cambriano em São Paulo e Arredores. (Tese – professor catedrático) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo.
- Dantas A.S.L. 1990. Geologia da Faixa São Roque e Intrusivas Associadas na Região entre São Paulo e Mairiporã, Norte de São Paulo, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP. p.171-174.
- Debon F., Le Fort P., Sabaté P. 1988. Uma Classificação Químico-Mineralógica das Rochas Plutônicas Comuns e suas Associações, Método e Aplicações. Revista Brasileira de Geociências, 18(2): 122-123.
- De la Roche H., Leterrier J., Granclaude P. & Marchal M. 1980. A Classification of Volcanic and Plutonic Rocks Using R1R2 – diagram and major element analyses – Its relationships with current nomenclature. Chemical Geology, (29): 183-210.
- Ferreira C. J. 1966. Geoquímica e Análise de Deformação do Complexo Itaqui, SP: Evolução de Granitos Cálcio-Alcalinos Poli-Intrusivos. Tese de Doutorado,UNESP, Rio Claro. p. 269-270.
- Hackspacher P.C., Dantas E.L., Spoladore A., Fetter A.H., Oliveira M.A.F. 2000. Evidence for Neoproterozoic back-arc basin development in the Central Ribeira Belt, southeastern Brazil: new geochronological and geochemical constraints from the São Roque-Açungui Groups. Revista Brasileira de Geociências (30): 110-114.
- Hasui Y. & Sadowski G.R. 1976. Evolução geológica do Pré-cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, 6(3): 182-200.
- Hennies W.T., Hasui Y., Penalva F. 1967. O Falhamento Transcorrente de Taxaquara. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 21, Curitiba, SBG, p.159-168.
- Jansi V.A., Leite R.J., van Schmus W.R. 2001. U-Pb Cronostratigraphy of the granitic magmatism in the Agudos Grandes Batholith (west of São Paulo, Brazil) - implications for the evolution of the Ribeira Belt. Journal of South American Earth Sciences (14): 363-376.
- Juliani C., Hackspacher P.C., Dantas E.L., Fetter A.H. 2000. The Mesoproterozoic volcano-sedimentary Serra do Itaberaba Group of the central Ribeira Belt, São Paulo, Brazil: implications for the age of the overlying São Roque Group. Revista Brasileira de Geociências (30): 82-86.
- Leite R. J., Janasi V.A., Creaser R.A., Heaman L.M. 2007. The late- to post-orogenic transition in the Apiaí Domain, SE Brazil: constraints from the petrogenesis of the Neoproterozoic Agudos Grandes Granite Batholith. Journal of South American Earth Sciences, (23): 213-235.
- Martin M. A. B. 2000. Geologia e Petrografia e Metamorfismo dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque a Noroeste da Cidade de São Paulo (SP), Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP, p. 161-162.
- Tassinari C.C.G., Kawashita K., Kikuchi R.K.P. 1985. Estudo Geocronológico nos Metaconglomerados do Grupo São Roque, Estado de São Paulo. In: Simpósio Regional de Geologia, 5º, São Paulo, 1985. Boletim de Resumos, SBG, p. 04.
- van Schmus W.R., Tassinari C.C.G., Cordani, U.G. 1986. Estudo Geocronológico da Parte Inferior do Grupo São Roque. Anais do XXXIV Congr. Bras. Geol., Goiânia, Goiás (3): 1399 – 1406.

Fig. 2: Composição dos seixos e granitos regionais em diagrama A x B do Balanço Aluminoso de Debon et al., 1988: (I)- duas micas, muscovita > biotita; (II)- duas micas biotita > muscovita; (III)- com biotita; (IV)- biotita, anfibólio ± piroxênio; (V)- clinopiroxênio e anfibólio...; (VI)- rochas carbonatíticas.

Fig. 4: Diagramas de variação binários para seixos do metaconglomerado e potenciais granitos fonte utilizando SiO_2 como índice de variação.