

# MAPEAMENTO FACIOLÓGICO E PETROGRÁFICO DOS MACIÇOS GRANITÓIDES SÃO FRANCISCO E PIRAPORA (SP).

Antonio Misson Godoy <sup>(1)</sup>

Mario Cesar Heredia De Figueiredo <sup>(2)</sup>

(1) DPM, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - UNESP, Rio Claro-SP.

(2) DGG, Instituto de Geociências - USP, São Paulo - SP

## ABSTRACT

*The São Francisco granitoid massif intruded into metamorphic rocks of São Roque Group and is located at the southwestern portion of São Paulo State. It occupies an area of 150 Km<sup>2</sup>. Besides a geological mapping on a 1:50.000 scale, the studies includes faciological mapping, petrographical and geochemical analyses and finally zircon typology approach. The São Francisco Massif has an oval shape with an ENE-WSW general trend parallel to the "Pirapora Fault System". It includes 7 discernible facies, composed by pink leucocratic, porphyritic and equigranular syenogranites and monzogranites, with rapakivi textures, its chemical trend is potassic-alkaline to sub-alkaline. Greisenization and albitization are widespread and are occasionally associated to hydrothermal activities. The massif can be classified as a transitional granitoid between types "I" and "A", attributed to a distensible, post-orogenic to anorogenic tectonic environment, and probably originated from the melting of granulitic rocks in the deeper crust.*

## INTRODUÇÃO

O Maciço Granitóide São Francisco localizado no sudoeste do Estado de São Paulo é intrusivo em rochas metamórficas do Grupo São Roque, e foi submetido a trabalho de mapeamento faciológico (1:50.000) petrográfico, de tipologia de zircão e geoquímica (Godoy, 1989).

Seus limites inserem-se entre os paralelos 23°31'30" e 23°40'30" sul e os meridianos 47°15' e 47°32'W (Fig. 1).

O Maciço São Francisco corresponde a uma área de exposição da ordem de 150 Km<sup>2</sup>, apresentando uma forma ovalada, com direção ENE-WSW, paralela aos Falhamentos de Pirapora e Taxaquara. Os primeiros trabalhos a cerca deste maciço (Kenecht, 1940 e 1949) referem-se a sobre ocorrências minerais associadas a greisen no extremo SW do corpo. Quanto a trabalhos de mapeamento, somente Hasui (1973), apresenta estudos gerais envolvendo este maciço. Destacam-se como trabalhos regionais sobre o magmatismo granitóide do Estado de São Paulo, Hasui *et al.* (1978), Wernick (1983) e Janasi e Ulbrich (1985).

## GEOLOGIA LOCAL

O Maciço São Francisco está inserido no Domínio São Roque (Janasi e Ulbrich, 1985) ou Bloco São Roque (Hasui, 1973), constituído basicamente pelas rochas epimetamórficas do Grupo homônimo, afetadas ou não, pelo metamorfismo termal que gera as rochas hornféisicas (Fig. 1).

Estas seqüências de rochas foram afetadas por metamorfismo dinamotermal na fácies xisto verde, situando-se na zona da clorita ou na da biotita. O auge do metamorfismo foi contemporâneo à fase de deformação Dn+3, evidenciado pelo crescimento de biotita como um dos minerais formadores da clivagem Sn+3. O fim do metamorfismo regional caracteriza-se por um retro-metamorfismo tardio (Godoy, 1989).

As rochas hornféisicas ocorrem em quase toda borda do corpo, atingindo a fácies hornblenda hornfels e tendo como encaixantes, rochas de natureza pelítica-psamítica, além de metacalcários e anfibolitos. Muitas vezes estas feições metamórficas são obliteradas pela forte deformação nas bordas do maciço.

O Maciço São Francisco apresenta forma ovalada segundo a orientação ENE-WSW e caracteriza o núcleo do antiforme de Alumínio. Os contatos são principalmente tectônicos, sendo a parte sul seccionada pelo Falhamento de Pirapora, e a parte norte por falhas de menor intensidade. Nestas zonas de deformação, o que se verifica são faixas miloníticas e sobrepostas a elas, processos cataclásticos.

Os falhamentos transcorrentes que controlam os diferentes blocos tectônicos iniciaram-se ou foram reativados após o metamorfismo regional principal e se prolongaram até o fim do Ciclo Brasileiro, controlando o posicionamento e a geometria final do maciço.

O maciço é intrusivo, epizonal e de colocação "pós-tectônica" à fase principal de deformação Dn+3 que afeta o Grupo São Roque. O corpo constitui-se predominantemente na sua parte central, de granitos de composição monzo-sienogranito porfíroides, geralmente com matriz média a grossa, com feições localmente rapakivi em alguns megacristais.

Nas partes marginais da porção central e oriental, caracterizam-se por contatos gradacionais desde as fácies porfíroides róseas de granulação média à fácies sienogranitos equigranulares rósea. As fácies equigranulares subdividem-se em equigranular rósea e rósea grossa. Apresentam composição e aspectos texturais bem semelhantes, apresentando variações quanto ao tamanho dos minerais. O comportamento de ambas as fácies são homogêneo para toda a área de ocorrência mapeada, com pequenas variações de granulometria para as bordas.

Duas fácies que apresentam as feições rapakivi dominantes são intrusivas neste corpo. Ambas apresentam uma forma ovalada, estando seccionadas como visto em mapa. A parte interna da intrusão, caracteriza-se por granitos porfíroides rapakivi médio que gradam lateralmente para granitos rapakivi grosso. Apresentam composições semelhantes, mas uma relação textural bem distinta.

A fácies porfíritica rósea apresenta-se como diques intrusivos no maciço, constituindo pequenos corpos, sendo o mais representativo o que ocorre na parte NW do maciço. Na parte central do maciço, verificou-se um corpo de quartzo-monzodiorito que corresponde à rocha mais antiga, pois encontra-se como pequenos xenólitos centimétricos, de mesma natureza esparsos em todas as fácies. Xenólitos de rochas encaixantes são escassos vistos dentro do corpo a não ser nas partes marginais deste, onde o granito engloba pequenas fragmentos de filito. Microgranitos muito ricos em máficos, principalmente em biotita são comuns neste corpo.

O Maciço Pirapora encontra-se intrusivo em rochas do Grupo São Roque, entre os Falhamentos de Pirapora ao norte e o Falhamento de Taxaquara ao sul, caracterizando uma zona de intensa deformação, com falhas menores, paralelas à direção geral de deformação. Texturalmente apresenta-se homogêneo e com características distintas do outro maciço aqui descritos. Apresenta composição geral granodiorítica, equi a inequigranular média, com uma textura típica "sal e pimenta" e uma grande riqueza em máficos, caracterizados pela biotita.

## PETROGRAFIA

A descrição das rochas dos maciços São Francisco e Pirapora obedecerá as unidades mapeáveis (fácies), na ordem da sequência de colocação. Para a classificação modal dos litotipos utilizar-se-á o diagrama Q.A.P., Streckeisen (1975) (Fig. 2).

Para o Maciço São Francisco, as fácies constituem sete (7) tipos distintos em função da homogeneidade do maciço, e estão distribuídas, segundo o mapa geológico simplificado (Fig. 1).

### Petrografia do Maciço São Francisco

Fácies sienogranito porfíroide rósea média: São rochas de composição sienogranítica (figura 2), inequigranular porfíroide, hololeucocráticas e leucocráticas, apresentando coloração avermelhada, estrutura maciça, porém em alguns locais podem ocorrer sub-orientadas, em função de zonas de deformação. Caracterizam-se por exibirem matriz de granulometria média e apresentando uma riqueza em fenocristais principalmente de feldspato potássico (35%) com até 3 cm de tamanho, apresentando pequeno número de megacristais, desenvolvendo texturas rapakivi. Em menor quantidade e tamanho, ocorrem fenocristais de plagioclásio com cores esbranquiçadas.

Os máficos presentes são a biotita e alguns cristais de hornblenda e os acessórios são caracterizados por magnetita, zircão, titanita, allanita, apatita, opacos e fluorita.

Fácies sienogranito equigranular rósea grossa e fácies sienogranito equigranular rósea média: Estão agrupadas neste item as duas fácies de composição sienogranítica (figura 2), ocorrendo no contato sul e extremo leste do maciço.

Estas fácies caracterizam-se por texturas equigranulares, de composição predominantemente quartzo-feldspática com biotita, apresentando-se diferenciadas em função da porcentagens e da granulação do quartzo e de biotita. Portanto a fácies equigranular rósea grossa distingue-se em função da granulação média maior, maior riqueza em quartzo e no geral, maior deficiência em biotita. Quanto aos aspectos dos demais minerais texturas e relação entre estes, as características são semelhantes e portanto descritas conjuntamente.



São rochas hololeucocráticas e leucocráticas, apresentando coloração avermelhada, isotrópicas, sendo que localmente apresentam orientação, equigranulares a levemente inequigranulares, com granulação predominantemente média, variando de fina a média numa fácies e média a grossa em outra. São constituídas principalmente por feldspato potássico róseo, o quartzo ocupando posições intersticiais ou em grão menores. O quartzo globular está presente nas duas unidades, sendo que ele se destaca em função do tamanho, apresentando tamanhos maiores na fácies equigranular rósea grossa.

Dos acessórios destacam-se a fluorita, zircão, apatita, allanita e magnetita que ocorrem, frequentemente associados às biotitas. A titanita ocorre localmente.

Fácies monzogranito porfiróide rósea: Esta fácies é composta por rochas de composição monzogranítica (figura 2), leucocráticas, de coloração rósea clara, estrutura isotrópica, apresentando localmente intensa orientação. A deformação inclui termos miloníticos e/ou cataclasitos nas bordas do maciço com progressiva diminuição desta para as partes centrais da ocorrência. Caracteriza-se por rochas inequigranulares porfiróides, matriz média e fenocristais de feldspato potássico, de coloração rósea forte, inseridos numa massa irregular principalmente de feldspato potássico, plagioclásio e quartzo. Localmente apresenta fenocristais de plagioclásios com tonalidades mais claras e quartzo globular entre os feldspatos. Associados às massas irregulares quartzo-feldspáticas ocorrem palhetas ou aglomerados de biotita que constituem a matriz desta fácies. Em alguns locais verificam-se fenocristais com texturas rapakivi.

Os acessórios frequente são zircão, apatita e opacos, em menor número por titanitas.

Fácies sienogranítica porfiróide rapakivi e fácies sinogranítica-porfiróide rapakivi média: São rochas de composição sienogranítica (figura 2), leucocráticas de coloração rósea, que se caracterizam predominantemente por apresentarem texturas rapakivi, seja ela bem definida, homogênea em todo o contorno ou às vezes irregulares e descontínuas. Em alguns casos os megacristais caracterizam-se por um zoneamento, dado pela formação de feldspato com texturas rapakivi e nova feldspatização nas partes externas. Às vezes, esse zoneamento é dado em função de variações de composição mais sódicas ou potássicas no desenvolvimento dos megacristais, marcada pela formação pontual do desenvolvimento de plagioclásio, constituindo anéis descontínuos.

Os fenocristais de feldspatos (40%) são subhedrais, com contornos parcialmente ovalados quando não apresentam texturas rapakivi, bem desenvolvidos porém quando bem marcantes os mantos de plagioclásio, os fenocristais exibem basicamente formas ovaladas. O plagioclásio é subhedral em menores proporções, em raros fenocristais.

As duas fácies presentes mostram relações texturais e composicionais semelhantes, apresentando-se distintas quanto a granulometria da matriz e tamanho médio dos fenocristais, características estas nem sempre constantes.

Apresentam com o máfico a biotita em quantidade menores que 7% e exibem os acessórios, zircão, magnetita, apatita, titanita, e allanita, bem como a presença marcante da fluorita.

A sequência de cristalização para estas fácies é complexa devido as relações de quartzo, feldspato potássico e plagioclásio apresentarem características de duas fases distintas, conjuntamente com as variações composicionais, mais ricas em Na ou K, desenvolvendo as texturas rapakivi.

#### Fácies sieno-monzogranítica porfirítica rósea

Esta fácies é composta por rochas de composição sieno-monzogranito (figura 2), caracteriza-se por rochas inequigranulares, porfiríticas, isotrópicas com termos hololeucocráticos a leucocráticos.

Apresenta coloração rósea clara, fenocristais maiores de feldspato potássico, brancos, localmente, plagioclásio e quartzo de tamanhos menores, sendo marcante o arredondamento dos três fenocristais. Os máficos presentes são a biotita, mais frequente, e anfibólio que ocorre somente em algumas rochas, como hornblenda e Fe-hastingsita.

Os acessórios caracterizam-se por zircão, apatita, titanita, allanita e fluorita, sendo que os opacos são magnetita e pirita, o topázio ocorre em duas amostras, que constituem corpos marginais greisenizados.

#### Enclaves

Os enclaves que ocorrem neste maciço caracterizam-se pelos xenólitos de rochas encaixantes, de composição granítica, quartzo-diorítica à quartzo-monzodiorítica e os enclaves surmicáceos.

Os xenólitos de composição monzogranítica (figura 2) são rochas holo a leucocráticas, inequigranulares, porfiríticas, de coloração rósea, apresentando quantidades variáveis de fenocristais (10-20%) de feldspato potássico, com dimensões de até 2cm, plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, na matriz, de granulação fina a média e os acessórios presentes são o zircão, apatita, titanita e opacos. O megaxenólito, de composição quartzo-monzodiorítica, e dimensões métricas é equigranular, fino, eventualmente e localizadamente porfirítico, isotrópico, com coloração cinza-escuro, apresenta cerca de (20%) de biotita e hornblenda e os minerais acessórios

são magnetita como os mais frequentes, apatita, zircão e titanita.

Os enclaves surmicáceos apresentam-se normalmente com contatos difusos, sendo caracterizados por núcleos com estruturas xistosas e texturas lepidoblásticas, constituindo-se essencialmente por biotitas.

### **Petrografia do Maciço Pirapora**

As rochas deste maciço apresentam uma coloração cinza-escura, são isótropas ou fortemente orientadas próximo as zonas de maior deformação, apresentando textura do tipo "sal e pimenta", equigranulares, de granulação média, a levemente inequigranulares e apresentam composição granodiorítica (Fig.2).

O máfico dominante é a biotita que forma pequenos agregados micáceos, localizados intersticialmente, e os acessórios frequentes são apatita, opacos, titanita, zircão e allanita.

### **TIPOLOGIA DO ZIRCÃO**

Para o Maciço São Francisco (figura 3), o estudo das populações de zircão revela uma tendência subalcalina na série granítica 5 de Pupin (1980), caracterizada por um *trend* evolutivo tipológico retilíneo subvertical, sobrepondo-se com a série granítica 4c dos granitóides calci-alcalinos profundos.

A temperatura de cristalização é da ordem de 830° a 900° C, sendo que os litotipos, são quimicamente pouco variáveis na sua composição, (Godoy, 1989), mas apresentando um *trend* ligeiramente mais evoluídos que do Maciço Sorocaba exibindo, em poucas amostras uma correspondência positiva com os litotipos mais diferenciados.

O Maciço Pirapora (figura 3), através da Tipologia do Zircão apresenta tendência calci-alcalina de média profundidade na série granítica 4b, caracterizada por um *trend* evolutivo retilíneo oblíquo, exibido pela associação litológica biotita + anfibólio granodiorito.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo petrogenético do maciço será discutido com base nas relações de campo observadas, petrografia sistemática, tipologia do zircão, aliados à petroquímica (Godoy, 1989).

As litologias presentes do Maciço São Francisco, constituem-se predominantemente de rochas de composição sienogranítica e, em menor proporção, monzogranítica, com ou sem texturas rapakivi. O Maciço Pi-rapora, basicamente tem composição granodiorítica.

Para o Maciço São Francisco, nos diagramas modais globais (figura 2), verifica-se que os litotipos caracterizam basicamente os termos finais das Séries de Granitóides (Lameyre e Bowden, 1982) não apresentando os termos mais máfico-intermediários das séries. Portanto, os termos corresponderiam a Série Alcalina Potássica, ou mesmo calci-alcalina de alto K<sub>2</sub>O.

A presença marcante de cristais com formas ovaladas e zonados e o desenvolvimento de texturas rapakivi, local e parcialmente em todo o maciço, estão presentes no início e no fim do processo de sua formação, evidenciando um enriquecimento em álcali nas primeiras fases do início da diferenciação, com variações de composição mais sódico no final, em função da cristalização fracionada, o que implicaria em termos cada vez mais diferenciados e mais supersaturados.

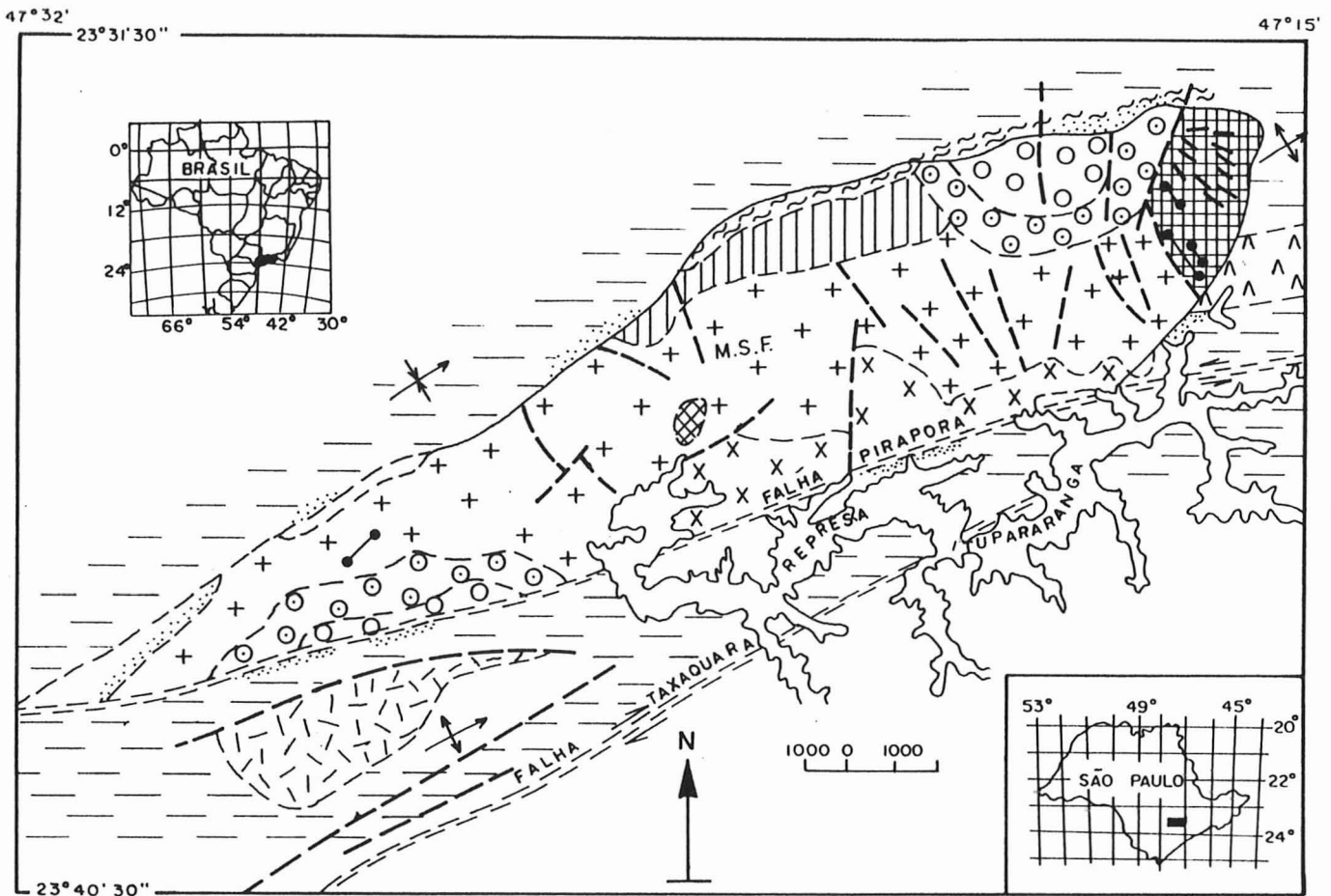
Os minerais máficos são basicamente a biotita e localmente anfibólios (hornblenda) nas fácies menos diferenciadas, de composição granodiorítica, seguidos dos acessórios.

Quanto aos opacos caracterizam-se basicamente por magnetitas martitizadas em equilíbrio com as biotitas, sendo que a ilmenita, em proporções menores ocorre leucoxenizada, dando lugar aos silicatos de Ti e Fe, num processo tardio, pois engloba as frações máficas, sendo frequentes a allanita e titanita. Os processos de alteração tardi a pós-magmáticos são caracterizados por processos de albitização generalizada e intensa, principalmente nas fácies equigranulares tardias. Os processos de greisenização localizados em determinadas fácies, ocasionam alteração intensa dos feldspatos e intensa cloritização; ocorrências anômalas de fluorita, sulfetos tardios, recristalização intensa de quartzo e localmente ocorrência de topázio. Em zonas preferencialmente fraturadas controla o desenvolvimento de veios quartzosos associados com a formação de minerais metálicos de wolframita, cassiterita, galena, pirita e calco-pirita.

O Maciço São Francisco pode ser definido como uma interação ou transição entre os "Tipo I" e "A" de (Pitcher, 1982; White 1979), de caracter alcalino a sub-alcalino, ligado a um ambiente de decompressão pós-orogênico a anorogênico, provavelmente formado pela fusão de rochas granulíticas da base da crosta, mas em condições de originar *granitos subsolvus* (Collins *et al.*, 1982); ou em ambientes estáveis intraplaca.

## REFERÊNCIAS

- COLLINS, U.J.; BEAMS, S.D.; WHITE, A.J.R.; CHAPPELL, B.W. 1982. Nature and origin of A - type granites with particular references to South-eastern Australia. *Contrib.Mineral,Petrol.* 80, 189-200.
- GODOY, A.M. 1989. Caracterização Faciológica, Petrográfica e Geoquímica dos Maciços Sorocaba e São Francisco-SP. Tese de Doutorado, IG-USP. 220 pg.
- HACKSPACHER, P.C.; OLIVEIRA, M.A.F.de; GODOY, A.M.; VALERIANO, C.de M. 1989. A Geologia dos Grupos Itapira e São Roque na região de Cabreúva: uma revisão In: *Simp.Geol.do Sudeste. Rio de Janeiro Bol. de Resumos* pg. 93-94.
- HASUI, Y. 1973. Tectônica da área das Folhas de São Roque e Pilar do Sul. Tese de Livre Docência. IG-USP - 189 pg.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C. del Ré e BISTRICHI, C.A. 1978. Os granitos e granitóides da Região de Dobramentos Sudeste nos Estados de São Paulo e Paraná. *Anais do XXX Congr.Bras.Geol., Recife, SBG.* v.6, 2594-2604.
- JANASI, V.de A. e ULBRICH, H.H.G.J. 1985. Avaliação das informações disponíveis para granitóides do Estado de São Paulo. *Atas do 5 Simp.Reg.Geol. São Paulo.* v.1, 133-146.
- KNECHT, T. 1940. Os minérios não metálicos do Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico. São Paulo.* v.27, 1-291.
- KNECHT, T. 1949. Ocorrência de Minerais Metálicos na Serra de São Francisco. *Mineração e Metalurgia. Rio de Janeiro* 14 (80):34-40.
- LAMEYRE, J. e BOWDEN, P. 1982. Plutonic rock types series: Discrimination of various granitoides series and related rocks, *J.Vol.Geoth.Res.,* 14, 169-186.
- PITCHER, W.S. 1982. Granite type and tectonic environment. In: Hsu, K.J. (ed.) *Mountain Building Processes*, 19 - 40. Academic Press, London, p. 19-40
- PUPIN, J.P. 1980. Zircon and granite petrology. *Contr. Min. Petr.* v.73, 207-220.
- STRECKEISEN, A.C. 1975. To each plutonic rock its proper name. *Earth.Sci.Rev.* v.12, 1-33.
- WERNICK, E. 1983. Tipos de complexos granitóides brasileiros do sul do Brasil. *Geociências (UNESP),* v.2, 75-85.
- WHITE, A.J.R. 1979. Sources of granitic magmas. *Abstr.Geol.Soc.Am.An.Gen. Meeting*, p. 539.



## LEGENDA GEOLÓGICA

### MACIÇO SÃO FRANCISCO

- HORNFEIS
- FÁCIES PORFIRÍTICA RÓSEA, MATRIZ FINA E RARA TEXTURA RAPA KIVI (F3)
- FÁCIES SIENOGRANITO PORFIRÓIDE RAPA KIVI RÓSEA, MATRIZ MÉDIA (F5)
- FÁCIES SIENOGRANITO PORFIRÓIDE RAPA KIVI RÓSEA, MATRIZ GROSSO (F4)
- FÁCIES MONZOGRANITO PORFIRÓIDE, RÓSEA, MATRIZ MÉDIA E RARA TEXTURA RAPA KIVI (F6)
- FÁCIES SIENOGRANITO EQUIGRANULAR MÉDIO RÓSEO (F2)
- FÁCIES SIENOGRANITO EQUIGRANULAR GROSSO MÉDIO (F1)
- FÁCIES SIENOGRANITO PORFIRÓIDE RÓSEO, MATRIZ MÉDIA E RARA TEXTURA RAPA KIVI (F7)
- ENCAVES — QUARTZO — MONZODIORITO

### MACIÇO PIRAPORA

- FÁCIES GRANODIORITO E MONZOGRANITO EQUIGRANULAR CINZA
- GRUPO SÃO ROQUE
- METASSEDIMENTOS E ANFÍBOLITOS

### CONVENÇÕES

- ZONA DE FALHA
- ZONA MILONÍTICA E OU CATACLÁSTICO
- FALHAS INFERIDA
- CONTATO INFERIDO
- CONTATO OBSERVADO
- SENTIDO DE MOVIMENTO
- ANTIFORME
- SINFORME
- REPRESA ITUPARARANGA

FIGURA I — MAPA FACIOLÓGICO DOS MACIÇOS SÃO FRANCISCO E PIRAPORA, (MODIFICADO GODOY, 1989)

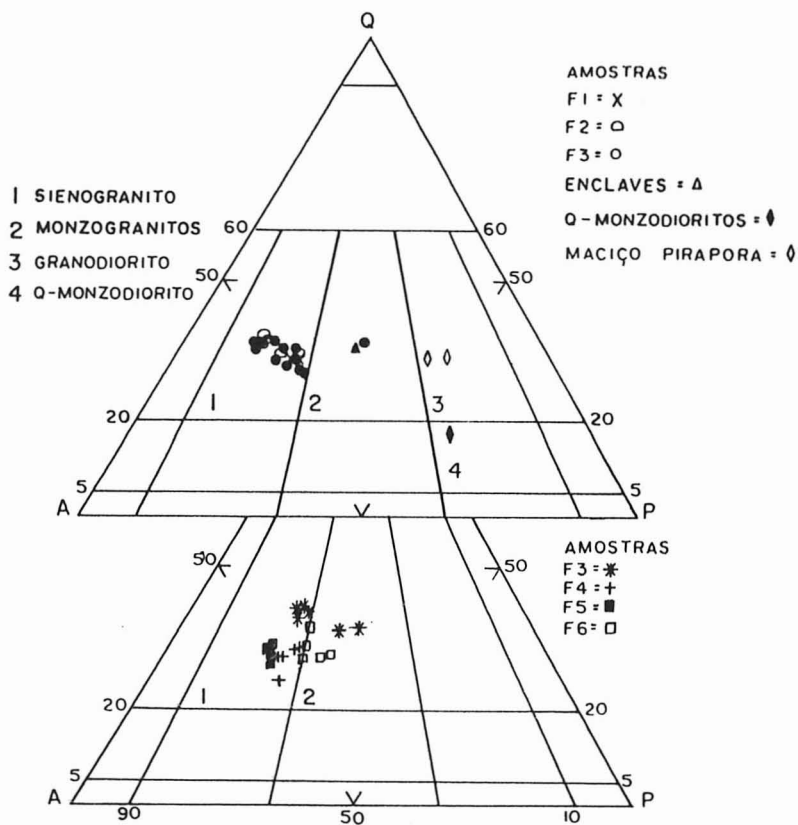


FIG. 2 – DIAGRAMAS MODAIS Q-A-P PARA OS GRANITÓIDES DOS MACIÇOS SÃO FRANCISCO E PIRAPORA

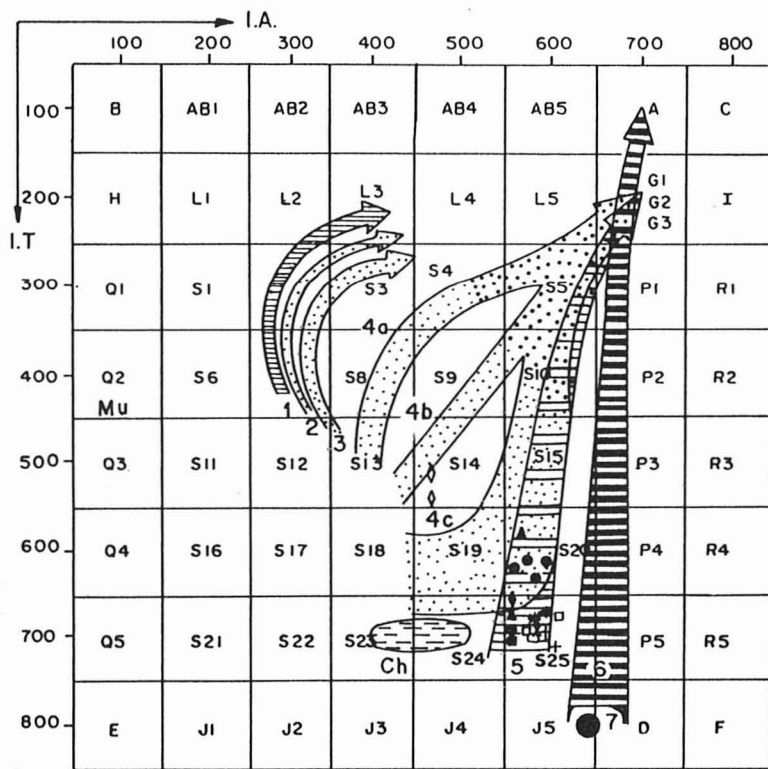


FIG. 3 – TIPOLOGIA DE ZIRCÃO DOS MACIÇOS SÃO FRANCISCO E PIRAPORA.