

GEOLOGIA E LITOGEOQUÍMICA DAS ROCHAS DA REGIÃO DO STOCK GRANÍTICO APIAÍ, SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO

GEOLOGY AND GEOCHEMISTRY FROM APIAI GRANITE REGION ROCKS, SOUTH OF SÃO PAULO STATE

Antonio Misson GODOY¹, Otávio Augusto Ruiz Paccola VIEIRA², Bruno Santiago Avelar CUELLAR³

¹Departamento de Geologia - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro- Universidade Estadual Paulista. Av. 24A, 1515. Rio Claro (SP), Brasil. E-mail: antonio.godoy@unesp.br

²Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente - IGCE- Universidade Estadual Paulista. E-mail: otaviovieirageo@gmail.com

³Graduação em Geologia – IGCE - Universidade Estadual Paulista. E-mail: bruno.avelar@unesp.br

Introdução
Materiais e métodos
Geologia regional
Geologia local
 Caracterização das unidades litológicas
 Caracterização geomorfológica
 Caracterização estrutural
 Caracterização metamórfica
 Caracterização dos aspectos aerogamaespectrométricos
 Caracterização das litologias do *Stock* Apiaí
 Geologia
 Faciologia e petrografia
Química mineral
Litogeoquímica
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - As rochas do *Stock* Granítico Apiaí localizam-se no sul do estado de São Paulo, inseridas nas folhas topográficas em escala 1:50000 de Apiaí, Araçáiba e Mina do Espírito Santo, nas proximidades da cidade de Apiaí e são relacionadas à evolução da granitogênese neoproterozoica do Terreno Apiaí. Os litotipos ocorrem intrusivos em rochas da sequência metavulcanossedimentar meso- a neoproterozoica do Supergrupo Açungui, limitado por contatos normais e tectônicos com rochas da Formação Água Clara e Grupo Lajeado, caracterizado na área pelas formações Serra da Boa Vista e Mármore Apiaí. Constitui um corpo de aproximadamente 65 km², na forma de uma intrusão fissural, alongada e alinhada na direção geral NE-SW, com comprimento de cerca de 16 km, imposto pela interferência da Zona de Cisalhamento Quarenta-Oitava e das falhas Carumbé, Espírito Santo e Areias. As rochas apresentam estrutura maciça, mas estão deformadas quando associadas às falhas de caráter rúptil/dúctil nas zonas marginais e internas do *stock*. Dominam rochas com textura porfírica, marcadas pela presença de fenocristais de feldspato potássico de coloração rósea e raros brancos. O corpo é constituído por uma associação de monzogranito porfírico serial e hialal, ocorrendo sob duas formas, em relação ao tamanho e quantidades de fenocristais, além da presença localizada de fácies inequigranular rósea e cinza. Trata-se de um granito cálcio-alcálico de alto potássio, da série monzogranítica, metaluminoso, do tipo I, associado a um ambiente sin- a tardi- colisional de arco magmático e sua colocação está vinculada às estruturas transtensivas, correlacionadas às zonas de falhamentos. A gênese destas rochas encontra-se correlacionada à evolução do magmatismo do Granito Barra do Chapéu, pertencente a granitogênese do Complexo Granítico Três Córregos, em um ambiente extensional do evento colisional da Orogênese Ribeira.

Palavras-Chave: Terreno Apiaí, Granito Apiaí, mapeamento, geoquímica.

ABSTRACT - The Apiaí Granitic Stock rocks are located in the south of São Paulo state, inserted in Apiaí, Araçáiba and Mina do Espírito Santo topographic maps, 1:50000 scale, near Apiaí city and related to the Apiaí Terrane Neoproterozoic granitogenesis evolution. The lithotypes occur intrusive in the Açungui Supergroup meso- to neoproterozoic metavulcanicsedimentary sequence rocks, limited by normal and tectonic contacts with Água Clara Formation and Lajeado Group rocks, characterized in the area by the Serra da Boa Vista and Mármore Apiaí formations. It constitutes a body of approximately 65 km², in the form of a fissure intrusion, elongated and aligned in the general NE-SW direction, with a length of about 16 km, imposed by the interference of the Quarenta-Oitava Shear Zone and the Carumbé, Espírito Santo and Areia faults. These rocks have a compact structure, but are deformed when associated with brittle/ductile faults at the marginal and internal zones of the stock. Rocks with porphyritic texture dominate, marked by the presence of pinkish and rare white potassic feldspar phenocrysts. The body is constituted by an association of serial and hialal porphyritic monzogranite, occurring in two forms, in relation to the size and quantities of phenocrysts, in addition to the localized presence of pink and gray inequigranular facies. It is a high potassium calcium-alkaline granite, monzogranitic series, metaluminous, I type, associated with a syn- to late-collisional magmatic arc environment and its placement is linked to transtensive structures, correlated to fault zones. The genesis of these rocks is correlated to the magmatism evolution of the Barra do Chapéu Granite, belonging to the granitogenesis of the Três Córregos Granitic Complex, in an extensional environment of Ribeira Orogenesis collisional event.

Keywords: Apiaí Terrane, Apiaí Granite, mapping, geochemistry.

INTRODUÇÃO

As rochas do *Stock* Granítico Apiaí estão porção centro-sul do Cinturão Ribeira e, especificamente, no Terreno Apiaí. Localizam-se no sul São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 40, n. 4, p. 883 - 909, 2021

do estado de São Paulo, no município de Apiaí, entre as coordenadas 48°55'W/24°33'S e 48°43'W/24°24'W. Encontram-se inseridas nas folhas topográficas, publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, de Apiaí (SG-22-X-B-V-1), Araçáiba (SG-22-X-B-II-3) e Mina do Espírito Santo (SG-22-X-B-II-4), em escala 1:50.000, ou nas folhas topográficas em escala 1:100.000 de Guapiara (SG.22-X-B-II) e de Apiaí (SG.22-X-B-V).

O Terreno Apiaí é composto na região por seqüências metavulcanossedimentares de baixo a médio grau metamórfico, de idade meso- a neoproterozoica, que foram definidas inicialmente por Tassinari et al. (1990) e Fiori (1992, 1994) e denominadas de Supergrupo Açungui, com a proposta de divisão litotectônica para a região em três unidades principais: Formação Água Clara e Grupos Votuverava e Lajeado, segundo Faleiros (2008) (Figura 1).

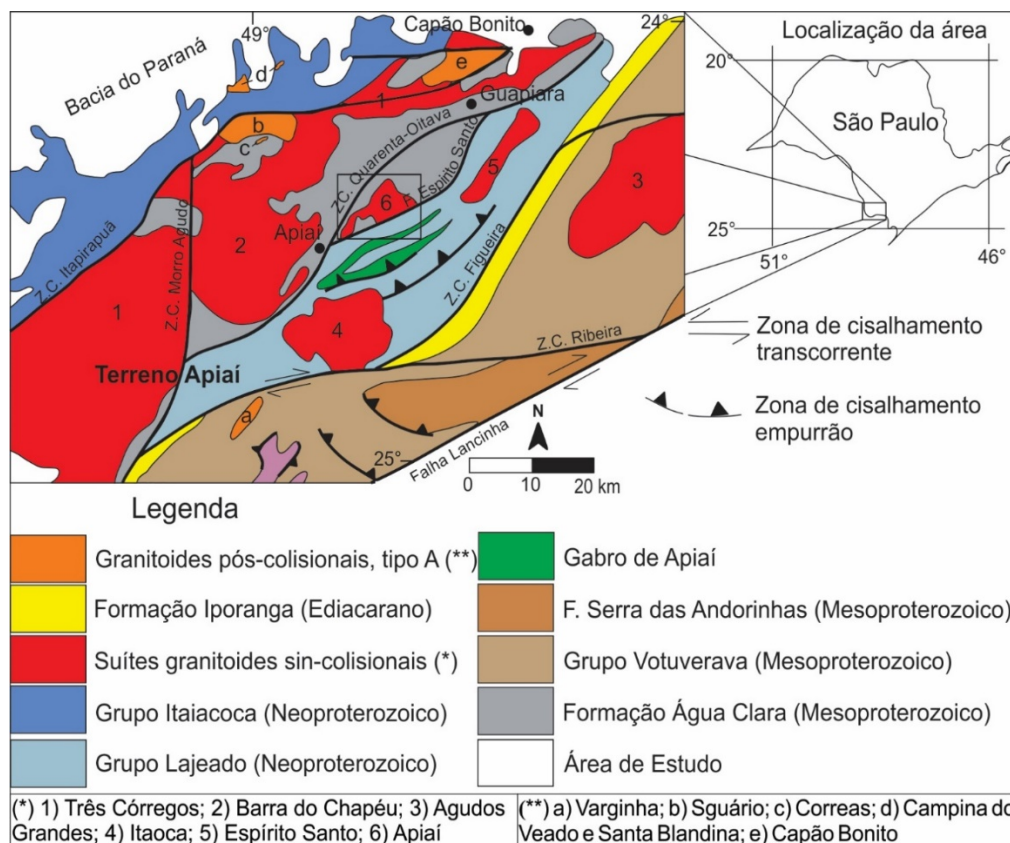


Figura 1 - Principais litologias e estruturas do Terreno Apiaí, com destaque para a localização do *Stock* Granítico Apiaí. Adaptado de Faleiros (2008) e Campanha et al. (2015).

O domínio das suítas graníticas intrusivas neoproterozoicas na área é representado pelos granitos sin-colisionais do Complexo Granítico Três Córregos, Complexo Granítico Agudos Grandes, Granito Barra do Chapéu, Itaoca, Espírito Santo e Apiaí.

O Granito Três Córregos foi denominado por Fuck et al. (1967) para as exposições no estado do Paraná. Melcher et al. (1973) definem para a porção aflorante, no estado de São Paulo, como do tipo textural porfiroide e de caráter sin- a tardi-tectônico. Paiva et al. (1977), devido à grande variedade litológica, textural e composicional observada nesta imensa massa batolítica, passaram a denominá-lo de Complexo Granítico Três Córregos. Posteriormente, foi estudado por Almeida (1989); Prazeres Filho, (2001, 2005); Gimenez Filho (1993) e Gimenez Filho et al. (1995).

Prazeres Filho et al. (2003) subdividem as rochas do batólito em duas porções geradas em um episódio sin-colisional: uma constituída por rochas mais antigas, composta por granodiorito a monzogranito cálcio-alcalino de alto potássio gerado em ambiente de margem ativa de idades entre 630 e 605 Ma. (U-Pb em zircão) e interpretadas como o início de formação de um arco magmático. As porções mais novas do corpo são constituídas por monzogranito a sienogranito de alto potássico, metaluminoso, de idade entre 620 e 590 Ma. (U-Pb em zircão).

Segundo Prazeres Filho (2005), as rochas monzograníticas do Complexo Granítico Três Córregos na região do município de Apiaí apresentam idades aproximadas de 611 ± 1 Ma a 589 ± 4 Ma pelo método U-Pb (ID-TIMS, zircão) para a colocação dos corpos graníticos.

O Granito Barra do Chapéu foi definido inicialmente por Bistrichi et al. (1985) e faz parte do Complexo Granítico Três Córregos. Gimenez Filho et al. (2000) obtiveram idade U-Pb (ID-TIMS, zircões) de 610 ± 3 Ma em granito leucocrático foliado da borda do maciço, enquanto Prazeres Filho (2005) obteve idades U-Pb (ID-TIMS, zircão) de 611 ± 1 Ma., 589 ± 4 Ma e 589 ± 4 Ma em monzogranito e quartzo monzonito porfirítico.

A granitogênese do Batólito Itaoca foi estudada principalmente por Mello (1995) e posteriormente por Zenero et al. (2020). Mello & Bettencourt (1998) apresentam idades para as porções mais antigas do batólito de U-Pb de 623 ± 15 Ma. Os granitoides do Complexo Granítico Agudos Grandes se distribuem em uma forma alongada a ovalada, provavelmente constituído por intrusões múltiplas, polidiapirícas, composicionalmente distintas de um evento pré- a sin-colisional, cálcio-alcalina e do tipo I (Perrotta, 1996).

O Granito Espírito Santo apresenta uma única descrição no mapa em escala 1:750.000, elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Perrotta et al., 2005), que o classificam como granitoides quimicamente indiferenciados e pós-colisionais.

O Granito Apiaí ainda é pouco estudado, sendo que entre os principais trabalhos, em que foi brevemente abordado, são os artigos de Melcher et al. (1973); Bistrichi et al. (1985); Almeida (1989); Campanha (2002); Prazeres Filho et al. (2003); Faleiros (2008); Faleiros et al., (2012) e Campanha et al. (2015).

Hackspacher et al. (2000) publicaram o único trabalho isotópico acerca destas rochas graníticas e as interpretaram como um magmatismo tardi-colisional e com idade U-Pb em zircões de 605 ± 3 Ma. A idade modelo obtida $T_{(DM)}$ é de 2,36 Ga. e indica que provavelmente estas rochas foram derivadas por processos de fusão parcial, a partir de rochas da litosfera, mais antiga, de idade paleoproterozoica.

A norte ocorrem os granitos pós-colisionais

Correas, Sguario, Campina do Veado e Santa Blandina, definindo um episódio intrusivo pós-colisional anorogênico ocorrido entre 590 e 560 Ma (idades obtidas por U-Pb em zircão e $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ em biotita) por Prazeres Filho et al. (2003).

Regionalmente, ocorre uma série de diques básicos de direção geral NW-SE, associada ao magmatismo Serra Geral (Jurocretáceo), além das coberturas sedimentares recentes.

As rochas do Granito Apiaí constituem um *stock* magmático com aproximadamente 65 km² e seus contatos com as rochas encaixantes são intrusivos, tectônicos ou encontram-se encoberto por vários tetos pendentes. Quando tectônicos, são marcados pela imposição longitudinal de orientação NNE-WSW, resultante dos processos deformacionais da Zona de Cisalhamento Quarenta-Oitava (ZCQO) e das falhas Espírito Santo (FCES) e Carumbé (FCC), que condicionam a forma alongada geral do corpo magmático.

As rochas encontram-se seccionadas na sua porção centro-sul pelo Falhamento Espírito Santo, de direção geral ENE-WSW, e na porção extremo norte-nordeste pela Falha da Areia, que apresenta direção geral NW-SE. As rochas são compostas predominantemente por hornblenda-biotita monzogranito a biotita monzogranito porfirítico com megacristais de feldspato potássico róseo, imersos em matriz cinza a rósea. Em menores expressões e localizadas, ocorrem rochas de composição sienita a monzogranítica porfirítica a inequigranular de coloração rósea e cinza, além de corpos restritos de rochas aplíticas e pegmatíticas.

O presente trabalho pretende: avaliar os aspectos evolutivos e petrogenéticos das rochas neoproterozoicas do *Stock* Granítico Apiaí, geneticamente correlacionado à evolução do magmatismo do Granito Barra do Chapéu, pertencentes à granitogênese do Complexo Granítico Três Córregos; apresentar os dados resultantes da investigação geológica, faciológica, estrutural e geoquímica da área geográfica do corpo ígneo e do seu entorno, que é constituído por rochas metassedimentares.

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises químicas de rocha total e multi-elementar para elementos maiores, menores, traços e elementos terras raras, das rochas do *Stock* Granítico Apiaí, foram realizadas no laboratório de geoquímica - SGS Geosol Laboratórios Ltda., Belo Horizonte, MG. Para análise dos elementos maiores (concentração em %) foi utilizado para

quantificação, Fluorescência de Raios X, através de pastilha fundida em meio com tetraborato de lítio. Para os elementos menores (concentração em ppm), foram analisados por Espectrômetro Óptico com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES), por fusão com tetraborato de lítio. Os elementos terras raras foram analisadas por Espectrômetro de

Massa em Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS), após fusão utilizando metaborato/tetraborato

de lítio e digestão em ácido nítrico, segundo os padrões de rotina do laboratório de geoquímica.

GEOLOGIA REGIONAL

A área insere-se na Província Mantiqueira Central (Almeida, 1967, 1981; Hasui & Oliveira, 1984; Heilbron et al., 1995, 2004), na faixa sul do Cinturão Ribeira (Almeida et al., 1977; Hasui et al., 1978; Hasui, 2010, 2012) ou denominado por Cordani et al. (2000) como Cinturão de Dobramentos Sudeste.

O Cinturão Ribeira é caracterizado na área de trabalho pelo Terreno Apiaí (Hasui, 2010, 2012; Heilbron et al., 2004), separado e individualizado por grandes zonas de cisalhamento transcorrentes destrais (Campanha, 1991, 2002; Campanha & Sadowski, 1999, Faleiros, 2003, 2008; Faleiros et al., 2010, 2011; Santos et al., 2015).

O Terreno Apiaí, situado ao norte da Falha da Lancinha, consiste em sequência de rochas supracrustais de baixo a médio grau metamórfico, designadas como Grupo Açungui (Almeida, 1957; Petri & Suguio, 1969; Fiori, 1990; Campanha 1991; Campanha & Sadowski, 1999), e posteriormente propostas como Supergrupo Açungui (Campanha, 1991; Campanha & Sadowski, 1999) de idade meso- a neoproterozoica por Tassinari et al. (1990) e Fiori (1992, 1994). O Terreno Apiaí consiste em um terreno composto por associação de blocos distintos, resultante da amalgamação de unidades supracrustais, cuja divisão estratigráfica varia desde o Callimiano (1500-1400 Ma para a Formação Água Clara e Grupo Votuverava), Ectasiano a Toniano (Grupo Lajeado), ao Toniano (1000-900 Ma: basal do Grupo Itaiacoca) e Ediacarano (630-580 Ma: superior do Grupo Itaiacoca) (Heilbron et al., 2004).

A subdivisão estratigráfica descrita para a área, neste trabalho, se baseia em Faleiros (2012), que organiza as unidades litotectônicas principais denominadas de Formação Água Clara e grupos Votuverava e Lajeado. Para as rochas do Grupo Votuverava, sua ocorrência encontra-se limitada, a sul, pela Falha da Lancinha e, ao norte, pelas zonas de cisalhamentos Figueira e Ribeira.

As rochas metassedimentares da Formação Água Clara foram definidas originalmente por Marini et al. (1967) e estudadas por Campanha (1991, 2002); Campanha & Sadowski (1999); Faleiros (2008) e Campanha et al. (2015). Foram divididas na área da Folha Topográfica de Apiaí por Faleiros et al. (2012) em duas unidades: uma

unidade de xisto e uma unidade carbonática. As unidades são constituídas, essencialmente, pelos mesmos litotipos, diferenciando-se pela dominância entre litotipos siliciclásticos.

As rochas do Grupo Lajeado, segundo compartimentação proposta por Campanha et al. (1985, 1987), foram reconhecidas nas formações Betari, Bairro da Serra, Água Suja, Mina de Furnas, Mármore de Apiaí; Serra da Boa Vista, Passa Vinte e Gorutuba (Campanha et al., 1985, 1986; Faleiros et al., 2012).

O Gabro Apiaí é composto por gabro, microgabro e diabásio, levemente afetados por alteração hidrotermal. Frascá et al. (1997) apresentam para estas rochas características de basaltos de cadeias dorsais mesoceânicas. Campanha et al. (2009, 2010) obtiveram idade U-Pb SHRIMP em zircão ígneo de 877 ± 8 Ma que é interpretada como idade de cristalização das rochas do corpo. Esses dados contradizem a idade U-Pb em frações de zircão e monazita de 617 ± 4 Ma obtidas anteriormente por Hackspaker et al. (2000).

A designação das rochas do Complexo Granítico Três Córregos, com a inserção do Granito Apiaí, neste conjunto, ocorre no mapa em escala 1:750.000, elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Perrotta et al., 2005).

O reconhecimento e individualização inicial deste corpo ocorreu no mapeamento geológico da área executado pela PROTEC - Projetos Técnicos e Obras de Engenharia Ltda., para o Departamento Nacional da Produção Mineral, denominado de "Projeto Ribeira" e, deve-se a síntese da evolução geológica da região aos trabalhos de Melcher et al. (1971a, b, 1973), Melfi et al. (1971) e Wernick (1979). O projeto resultou na publicação, por vários membros da equipe, das folhas topográficas, em escala 1:100.000, de Eldorado, Capão Bonito, Cerro Azul, Itararé, além das folhas em que ocorrem o corpo ígneo, Guapiara (SG.22-X-B-II), por Cordani et al. (1971) e Apiaí (SG.22-X-B-V), por Melcher et al. (1971).

Os principais projetos institucionais que envolvem a área na década de 80 se restringem a Algarte et al. (1973), no trabalho de pesquisa mineral realizado em 1972/1974, pelo convênio Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM)/Companhia de Pesquisa de Recursos

Minerais (CPRM), em escala 1:10.000 e que contemplou as áreas dos municípios de Capão Bonito, Guapiara, Apiaí, Iporanga, Itapeva, Ribeirão Branco e Itararé, em um projeto mais abrangente denominado de “Projeto Sudeste do estado de São Paulo”.

Morgental et al. (1975) apresentam os dados geológicos da Folha Araçáiba no “Projeto Sudelpa” e Morgental et al. (1978) apresentam as descrições geológicas e geoquímicas do conjunto de granitoides expostos na área desta folha topográfica no projeto “Projeto Geoquímica no Vale da Ribeira”. As pesquisas realizadas pela DNPM/CPRM culminaram no projeto “Projeto integração e detalhe geológico no Vale do Ribeira” de Silva et al. (1981) e a divulgação do mapa geológico da Folha Topográfica de Guapiara (SG.22-X-B-II), em escala 1:100.000, por Francisconi et al. (1981).

As rochas graníticas do *Stock Apiaí* encontram-se inicialmente definidas e individualizadas no mapa geológico de integrações do estado de São Paulo em escala 1: 500.000, elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT (Bistrichi et al., 1981, Almeida et al., 1981, Hasui et al. 1981) e apresentando para a área de exposição, a denominação de granitos da Fácies Cantareira da Suíte Granítica Sintectônica, designação proposta por Hasui et al. (1978), para as variedades composicionais graníticas com texturas porfiroides.

Segundo Fiori (1992) é possível entender as diferentes fases deformacionais da região a partir de seu agrupamento em três sistemas de deformação principais: o mais antigo, denominado de Sistema de Cavalcamento Açungui e posteriormente os sistemas de Dobramento Apiaí e o de Transcorrência Lancinha, podendo os dois

últimos estarem geneticamente relacionados.

Os sistemas deformacionais, denominados por Fiori (1992) de Sistema de Cavalcamento Açungui (SCA), são responsáveis por inúmeras falhas de cavalcamento e dobramento relacionadas a dois eventos D_1 e D_2 dentro desse sistema: o evento principal constituiu a foliação S_1 , com sentido de deslocamento NW para SE e paralelo ao acamamento sedimentar S_0 e aos principais cavalcamentos. A foliação S_1 ocorre associada à foliação S_2 , formando ângulos geralmente inferiores a 20° e é de caráter local e de retrocavalcamento, cujo sentido de movimentação é de SE para NW.

A segunda fase, a do Sistema de Dobramento Apiaí (DAS), proposto por Fiori (1992) é caracterizada pelo dobramento das estruturas geradas na primeira fase do SCA. As dobras formadas têm dimensões variadas, apresentando eixos sub-horizontais, com caimentos ora para SW, ora para NE, definindo as principais estruturas sinformais e antiformais da área. Seu plano axial é subvertical, com uma foliação S_3 paralela a ele.

O último evento, segundo Fiori (1992), é o Sistema de Transcorrência Lancinha (STL) e corresponde ao terceiro evento deformacional, responsável pelos principais lineamentos na área. Este evento é representado pelas Falhas da Lancinha e de Morro Agudo, que subdividem a região estudada em três blocos tectônicos, cada um com uma organização estrutural e estratigráfica distinta, com importante aparecimento de falhas sintéticas e antitéticas, as primeiras com sentido de movimentação dextral, e as últimas, caracterizadas por faixas de concentração de clivagem de fratura direcionada para NW, evidenciando sentido de movimentação sinistral.

GEOLOGIA LOCAL

A distribuição das unidades litoestratigráficas da área, que constam no mapa da figura 2, consiste na sequência metavulcanossedimentar de idade meso- a neoproterozoica de baixo a médio grau metamórfico pertencente ao Supergrupo Açungui e caracterizada em duas unidades litotectônicas principais, denominadas de Formação Água Clara e Grupo Lajeado, além da ocorrência das rochas metabásicas do Gabro Apiaí e as rochas graníticas neoproterozoicas do *Stock Apiaí*.

Junto a estas sequências de rochas, ocorrem os corpos ígneos de composição básica, formados por diques de direção geral NW-SE, associados

ao magmatismo básico do Grupo Serra Geral, além das coberturas de sedimentos recentes.

Caracterização das unidades litológicas

As rochas metassedimentares da *Formação Água Clara* foram divididas na área de Apiaí por Faleiros et al. (2012), em duas unidades: unidade de xisto, com maior expressão areal no mapa geológico da figura 2 e, em menores proporções e localizada, a ocorrência de rochas da unidade carbonática.

A *Unidade de Xisto* constitui a porção basal e aflora a leste e a oeste das rochas do *stock*, em faixas de direção geral NE-SW. Seus contatos com o granito são abruptos do tipo intrusivo e

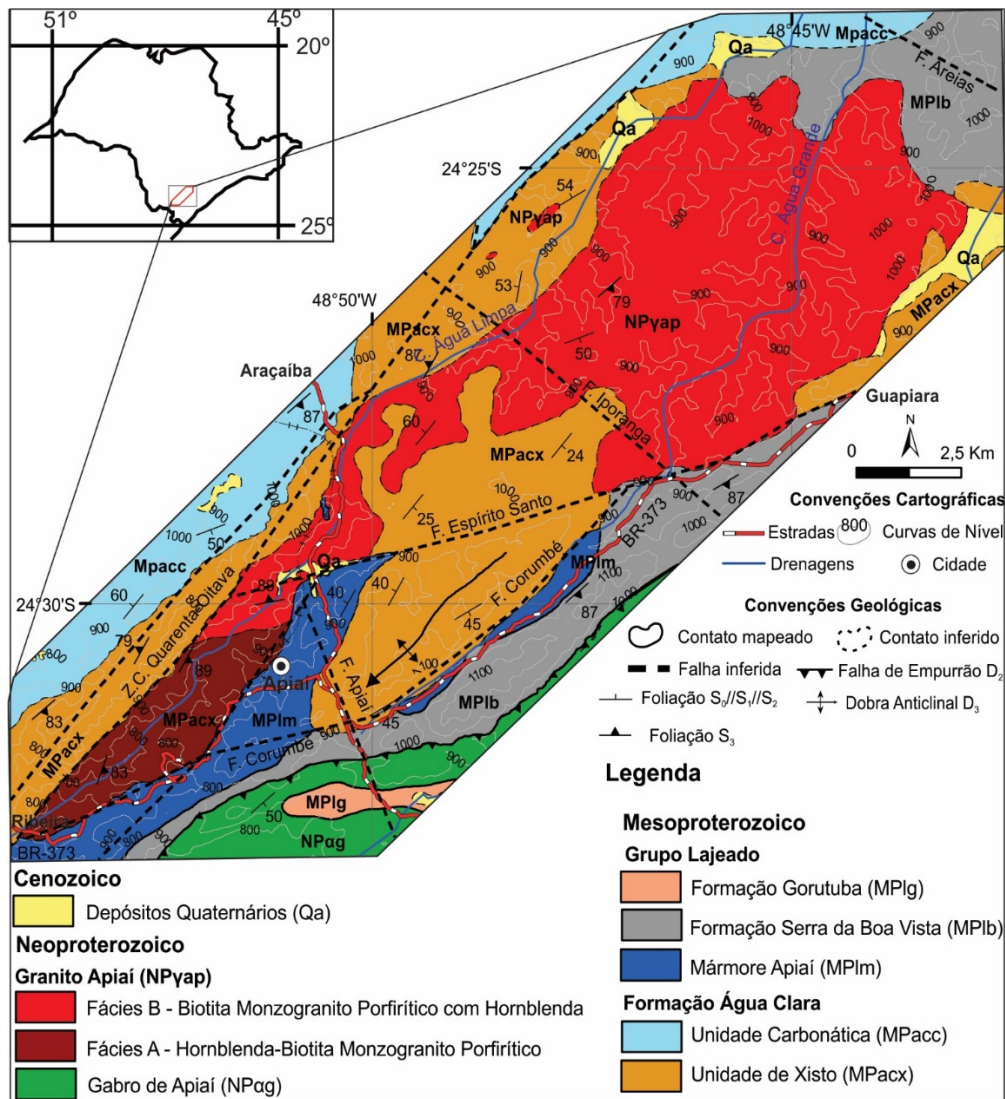


Figura 2 - Mapa Geológico simplificado do Stock Granítico Apiaí.

tectônico. Geralmente encontram-se fortemente alterados, mas, quando preservados, são constituídos por camadas de muscovita-biotita quartzito, quartzo-mica xisto e quartzito que gradam para sequencias de rochas metapelíticas.

A composição mineralógica modal sofre fortes variações resultantes do metamorfismo de baixo a médio grau de pelitos impuros, predominantemente muscovita-biotita xisto, com composição predominantemente de 60% muscovita/sericita, 15% quartzo, 10% biotita, 10% clorita, 2% feldspato potássico, 1% epidoto e traços de minerais opacos e acessórios.

São rochas de coloração amarela ou marrom, com porções cinzas/prateadas, de estrutura xistosa e textura lepidoblástica a granolepidoblástica. Esta composição é variável em razão da presença de um forte bandamento composicional, com espessura variável, definido por intercalação de bandas ora quartzosas ora micáceas.

A *Unidade Carbonática* é constituída por metarritimitos cálcio-silicatados ou metamarga

associada a metapelito. Essas rochas de granulção fina são, na maioria das vezes, bandadas, com bandas mais escuras e esverdeadas e outras mais claras e acinzentadas.

As rochas cálcio-silicáticas são maciças, granonematoblásticas, compostas predominantemente por carbonato, tremolita, quartzo e epidoto e podem ser encontradas intercaladas ou terem porcentagens variáveis de mica.

As rochas do *Grupo Lajeado* reconhecidas na área do mapa geológico, segundo a compartimentação proposta por Campanha et al. (1985, 1987) e Faleiros et al. (2012), são constituídas pelas formações Mármore de Apiaí e Serra da Boa Vista e, localmente, distante do contato com o corpo ígneo, a Formação Gorutuba.

A *Formação Mármore Apiaí* ocorre no contato sudeste do stock e domina quase toda a região da cidade de Apiaí. As rochas dominantes da formação são representadas por mármore calcítico de coloração cinza escura levemente esverdeada e constituídas por calcita, associada a

quartzo, tremolita, grafita e clorita.

São rochas predominantemente granoblásticas e é possível perceber um bandamento composicional, marcado pela intercalação de bandas carbonáticas, mais ou menos puras, com variação granulométrica também associada. As bandas mais puras são constituídas majoritariamente por calcita, associadas a clorita, flogopita e minerais opacos de maneira incipiente. As bandas mais impuras são compostas predominantemente por calcita, porém podem apresentar, em maior quantidade, os demais minerais.

A *Formação Serra da Boa Vista* ocorre nos contatos sudeste e nordeste do corpo e, topograficamente, constitui as áreas de acentuadas altitudes com intensa cobertura nativa ainda preservada. É composta por uma sequência metapsamopelítica definida por intercalações de granulação variável, de quartzito, quartzito micáceo, quartzo xisto e xisto. Estas transições são gradacionais, ora dominando mais camadas de quartzito micáceo, ora de metapelito quartzoso.

O quartzito apresenta coloração amarela a branca, estrutura associada a uma leve xistossidade e composto por: quartzo, sericita ou muscovita, biotita, clorita, turmalina e minerais opacos. As amostras representativas de quartzito possuem quantidades variáveis de quartzo e mica, permitindo a dominância de texturas granoblástica e granolepdoblástica. Nas porções próximas ao contato com o granito foram observadas ocorrências de veios de quartzo.

As rochas da *Formação Gorotuba* afloram na porção sudeste em uma pequena ocorrência que não se encontra em contato com as rochas graníticas. É constituída predominantemente por metapelito e metarritmito siliciclástico e carbonático, alternando-se em camadas tabulares centimétricas a decimétricas de metarenito, metassiltito e metargilito.

O *Gabro Apiaí* ocorre ao sul-sudeste da área e não ocorre em contato com as rochas graníticas. É constituído por metadiabásio cinza escuro a preto, granulação média a grossa e estrutura maciça. No geral observa-se uma variação mineralógica da parte central para partes marginais que apresentam um conjunto metamórfico mais intenso, dominando principalmente os anfibólios. Mineralogicamente, o gabro apresenta constituição geral em 50% labradorita, 35% augita, 6% hiperstênio, 3% de hornblenda, 3% de opacos, 3% de clorita, 1% de biotita e 1% quartzo, além de traços de minerais opacos e minerais secundários.

Caracterização geomorfológica

As rochas graníticas do *Stock Apiaí* afloram em uma área de difícil acesso, muitas vezes impossibilitando a observação de afloramentos. Estas dificuldades ocorrem em razão do relevo acentuado, alto índice pluviométrico, rochas fortemente alteradas e de uma intensa cobertura vegetal de mata nativa preservada, da reserva florestal, no entorno do Morro do Ouro e da Serra da Água Limpa (Figura 3).

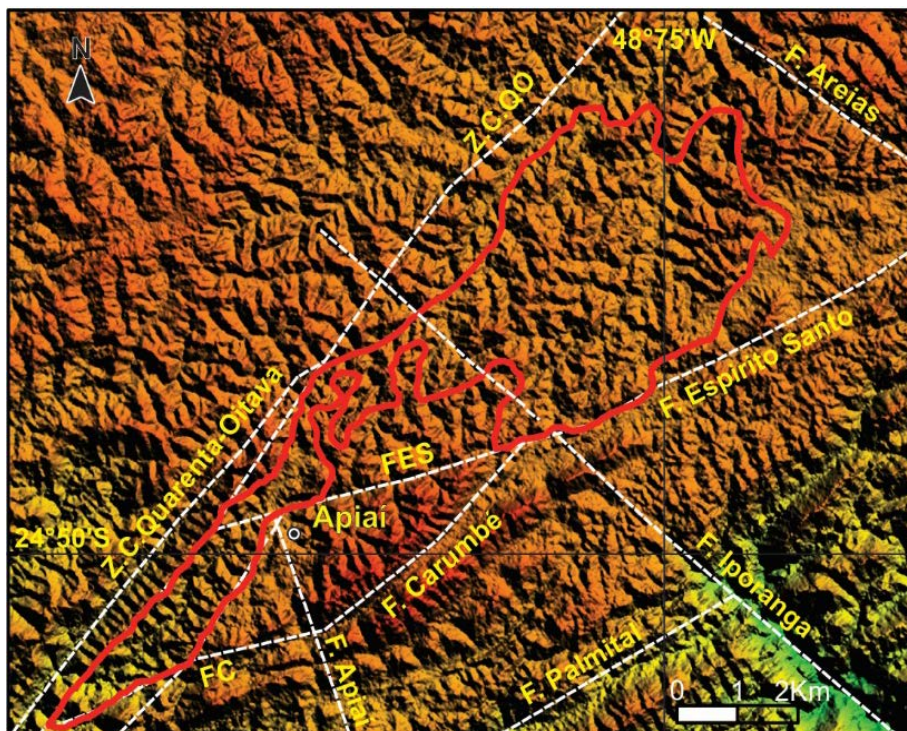


Figura 3 - Limite das rochas do *Stock Apiaí* em imagem do modelo digital de terreno SRTM.

As rochas do *stock* dispõem-se em uma área de relevo com depressões suaves e topos arredondados, e afloram principalmente no topo de vertentes, em encostas ou em taludes de corte de estrada, com variado grau de intemperismo e sob a forma de matações de diversas dimensões apresentando, ou não, esfoliação esferoidal. Devido ao forte declive em boa parte do entorno do *stock*, entre as rochas ígneas e metamórficas, gera-se com frequência taludes de encostas de morros, que dificultam as observações ou mesmo encobrem os afloramentos em superfície, que geralmente encontram-se fortemente intemperizados.

Caracterização estrutural

O quadro estrutural da área fica caracterizado a partir de diversos mapeamentos realizados na região das folhas topográficas de Araçaíba e Apiaí, além de Capão Bonito e Ribeirão Branco, e de inúmeros trabalhos em áreas circunvizinhas (Vieira et al., 2018a, 2018b; Godoy et al., 2019; Zenero et al., 2019; e Mata et al., 2020a, 2020b).

O arranjo tectônico é constituído pela disposição deformacional – metamórfica - magmática, resultante de uma área polideformada por diferentes eventos no Ciclo Brasileiro e, finalizando este arranjo, impõe-se uma compartimentação tectônica através de falhamentos transcorrentes, que seccionam e compartimentam a região em grandes blocos tectônicos, o que coloca unidades de idades, história geológica evolutiva e profundidades diferentes lado a lado.

Este arranjo é identificado principalmente nas rochas epimetamórficas meso- a neoproterozoicas e, parcialmente nas rochas graníticas sin-colisionais.

A configuração tectônica da área segue o padrão estrutural regional imposto de idade neoproterozoica, cujo principal *trend* se associa à orientação NE-SW, e é fortemente correlacionado ao controle tectônico da Zona de Cisalhamento Quarenta-Oitava e das falhas Espírito Santo e Carumbé, que em mapas antigos era denominada de Cantagalo.

A compreensão geológica-tectônica da granitogênese sin- a tardi-colisional, correlacionada à formação e evolução do *stock* granítico, encontra-se inicialmente associada a uma tectônica tangencial progressiva D_1/D_2 , ligada às fases colisionais e consequente espessamento de massas crustais, fusão crustal e geração de grandes massas de rochas ígneas, proposto por Godoy et al. (2019), para geração e *emplacement* das massas graníticas sin-colisionais. Este magmatismo se

encontra associado ao evento colisional da Orogênese Brasileira Ribeira e reflete a grande granitogênese de composição ácida, no contexto e arranjo geotectônico regional do Terreno Apiaí.

A evolução estrutural da região é determinada por três fases deformacionais, definidas como D_1 a D_3 (Figura 4), associadas aos eventos metamórficos M_1 , M_2 , M_3 . As estruturas primárias preservadas são identificadas principalmente nas regiões onde se mantem conservadas as foliações de baixo ângulo, mas devido aos intensos processos de transposição das foliações de cavalgamento e retrocavalgamento, torna-se difícil o seu reconhecimento, pois são encontradas paralelizadas a S_1/S_2 , em alguns casos como S_0/S_1 e em outros como $S_0/S_1/S_2$ e, interpretadas na área como o flanco das grandes dobras isoclinais D_2 , ou das dobras abertas D_3 , respectivamente. Este conjunto deformacional se associa ao sistema deformacional denominado por Fiori (1992) de Sistema de Cavalgamento Açungui (SCA).

As fases progressivas D_1/D_2 encontram-se associadas às zonas de cavalgamentos com formação de dobras isoclinais a recumbentes. O primeiro evento deformacional D_1 apresenta foliação plano-axial S_1 de baixo a médio ângulo e atitude preferencial N66E/30SE e é representado por clivagem ardósiana ou xistosidade nos flancos dos dobramentos, predominantemente paralela a subparalela a S_0 (Figura 4A).

A fase deformacional D_2 é definida por redobramentos assimétricos, gerando clivagem ardósiana ou de crenulação S_2 , com atitude média de N24E/46NW, representada como um padrão de guirlanda no estereograma, devido a fase D_3 . A fase D_2 constitui a fase mais penetrativa e preservada em afloramentos, em que dominam as foliações de baixo ângulo. Localmente, ocorrem as duas foliações S_1 e S_2 , no entanto, quando paralelizadas nos flancos das dobras abertas, apenas a foliação S_2 é preservada (Figura 4B).

Associado à fase tectônica dúctil D_2 , que constitui o ápice metamórfico, ocorre a colocação e deformação das rochas sin-colisionais do Complexo Granítico Três Córregos e granitos derivados ou associados, o Barra do Chapéu e o *Stock* Granítico Apiaí. Esta associação é vista principalmente pela imposição de foliação de baixo ângulo na reorientação dos minerais máficos (biotita e hornblenda) e na geração de porfiroblastos nas auréolas de metamorfismo de contato.

A fase deformacional D₃ (Figura 4C) é de caráter dúctil-rúptil e retrometamórfica e ocorre associada à ascensão magmática tardia dos granitos pós- a tardi-colisionais e registra o estágio final de um ambiente extensional tardi-orogênico associada às feições deformacionais tardi- a pós- D₃. É caracterizada pela formação de dobras suaves a abertas (sinformais e antiformais), com flancos de S₀//S₁//S₂ e plano axial de atitude preferencial N45E/84SE, com tênue clivagem subvertical, que evolui gradativamente e localmente para falhas direcionais, apresentando foliação milonítica e/ou cataclástica S₃, e mergulhos de alto ângulo tanto para SE, quanto para NW, paralela à direção geral da Zona de Cisalhamento Quarenta-Oitava e, portanto, associada à segunda fase do sistema de deformação, proposta por Fiori (1992), Sistema de Dobramento Apiaí (DAS). A figura 4D representa o arranjo deformacional da área.

O magmatismo de natureza cálcio-alcalina das rochas do *Stock* Apiaí encontra-se associado a tectônica dúctil-rúptil sin-tardi- colisional, de direção geral NE-SW e NNE-SSW, condicionado pela deformação imposta da Zona de Cisa-

lhamento Quarenta-Oitava, principalmente no contato da parte norte. No contato sul das rochas do *stock*, a imposição deformacional se dá pela Falha Espírito Santo, ambas com movimento dextral, que seria responsável pelo posicionamento, estruturação, *emplacement* e deformação do corpo granítico.

Estas zonas constituem sistemas antigos que foram reativadas em diferentes períodos tectônicos regionais, sob regime ora compressional ora tensional e, portanto, ultrapassam a fase de *emplacement*, facilitando a ascensão e posicionamento do corpo, mas foram reativadas ao final do metamorfismo progressivo regional e continuam a deformar o corpo após ao processo de resfriamento e cristalização inicial. Estas feições deformacionais são indicadas pelas zonas miloníticas, que transpõem em períodos mais tardios para deformações cataclásticas em níveis crustais mais rasos. Estes comportamentos deformacionais rúpteis, associados às rochas magmáticas, principalmente em suas bordas, determinam a geometria final destes corpos magmáticos sin-tectônicos, segundo Godoy (1989, 2003).

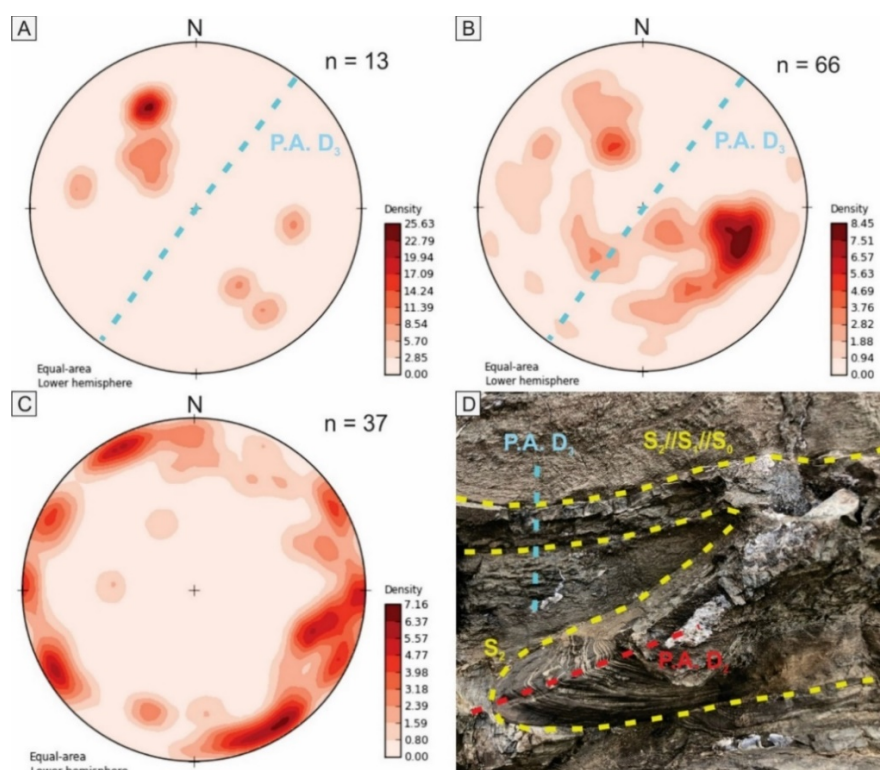


Figura 4 - Estereogramas. **A)** S₁ - N66E/30SE; **B)** S₂ N24E/46NW); **C)** S₃ N45E/84SE **D)** Fotografia com a representação das deformações.

Internamente ao conjunto magmático, se observam sub-domínios, definidos por blocos graníticos delimitados por zonas de cisalhamento conjugadas ou secundárias de direção geral ENE-WSW.

Estes falhamentos conjugados podem definir

sub-blocos magmáticos lateralmente dentro do *stock*, com soerguimentos de unidades ígneas de profundidade e composição diferente. Estas feições deformacionais miloníticas expõe fácies magmáticas distintas em relação à porcentagem e

tamanho dos fenocristais, exercendo um forte controle areal na constituição e na distribuição geográfica das fácies.

As vezes, estes conjuntos de zonas de cisalhamento principais e conjugadas associadas, podem definir estruturas transtratativas do tipo *pull-apart*, que facilitaram o *emplacement* e o controle magmático e conseqüentemente a forma do corpo ígneo (Godoy, 1989, 2003).

Tardiamente, para a região, observam-se diques básicos intrusivos, controlados por um *trend* de direção principal NW-SE, que são correlatos aos diques que se encaixam na direção das juntas e enxames de diques do Lineamento Guapiara (NW-SE).

Caracterização metamórfica

A evolução metamórfica é caracterizada pelo metamorfismo regional progressivo correlacionado a M₁, identificado principalmente nas rochas epimetamórficas e evidenciado pelo registro de duas fases D₁ e D₂, de baixo a médio ângulo, associadas ao processo de colisão continental.

O metamorfismo é considerado do tipo dinamo-termal (orogênico), da série Barroviana (P/T moderadas), em fácies xisto-verde, na zona da biotita e granada. O auge do metamorfismo foi contemporâneo à fase de deformação D₂, evidenciado pelo crescimento de granada como um dos minerais formadores da clivagem S₂.

O metamorfismo de contato M₂ está associado à colocação de rochas graníticas sin-tectônicas do Complexo Granítico Três Córregos, Granito Barra do Chapéu e do *Stock* Apiaí, no final da deformação D₂, recristalizando e desenvolvendo minerais de contato, impostos sobre as paragêneses do metamorfismo regional M₁, alcançando a fácies albíta a piroxênio hornfels, observado em rochas metapelíticas e, localmente, em rochas cálcio-silicatadas. As auréolas de metamorfismo termal somente apresentam-se preservadas quando ocorre um menor grau de deformação imposto pelas zonas miloníticas, no contato do corpo magmático Apiaí. As modificações de caráter retrometamórfica são impostas nas paragêneses metamórficas regionais e contato e em menor intensidade as paragêneses ígneas primárias das rochas do *stock*, sofrem forte modificações retrometamórficas para adaptações estáveis em condições mais hidratadas.

O metamorfismo dinâmico M₃ é de caráter retrometamórfico proporcional à fácies metamórfica xisto-verde baixa e é resultado de uma tectônica tardia, que gera foliação milonítica, associada

às principais faixas deformacionais de cisalhamento transcorrentes, de direção geral NE-SW e, secundariamente, de direção NW-SE.

O processo é intenso e vinculado à foliação milonítica e/ou cataclástica, com desenvolvimento de filonitos e acamamento tectônico que oblitera estruturas reliquias e as estruturas deformacionais mais antigas, ou mesmo atuam sobre os corpos graníticos, principalmente observado nas suas zonas marginais e localmente nas regiões internas do corpo, por falhamentos direcionais, sempre com direção paralela às zonas de cisalhamento desenvolvidas no final da fase D₃.

Caracterização dos aspectos aerogamaespectrométricos

A emissão dos raios gama, quando ajustados para uso na geologia, possibilita realizar a medição dos elementos K, U e Th em rochas, sedimentos e solos. Na figura 5 são apresentados os mapas produzidos a partir dos dados aerogamaespectrométricos, disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Projeto Aerogeofísico Paraná-Santa Catarina, 2011.

A interpretação qualitativa dos dados aerogeofísicos de gamaespectrometria teve como objetivo auxiliar os trabalhos da cartografia geológica da área. De modo geral, o estudo restringiu-se à análise de feições geofísicas, a partir dos contrastes laterais de propriedades físicas de minerais existentes nas litologias do terreno.

No mapa aerogamaespectrométrico (Figura 5) nota-se uma característica comum a esse tipo de mapa, que é a bipolaridade, pela existência de valores positivos (em vermelho), os quais representam anomalias magnéticas do campo total geradas por corpos magnetizados, associados aos valores negativos (em azul). Nestes mapas foram inseridos os limites das unidades dos corpos ígneos obtidos neste trabalho, a fim de ilustrar e caracterizar a relação entre as respectivas respostas das rochas por elementos analisados.

O mapa de contagem de K (Figura 5A) reproduz a melhor equivalência com os contatos externos das rochas com os litotipos do *stock*, expressando valores mais altos das intensidades relativas de potássio, reflexo de rochas graníticas com altos teores de feldspato potássico. Os mapas de Th e U apresentam valores altos das intensidades relativas dos sinais referidos nos mapas pelas suas quantidades equivalentes (eTh, eU). O mapa de eTh (Figura 5B) se destaca pelos valores

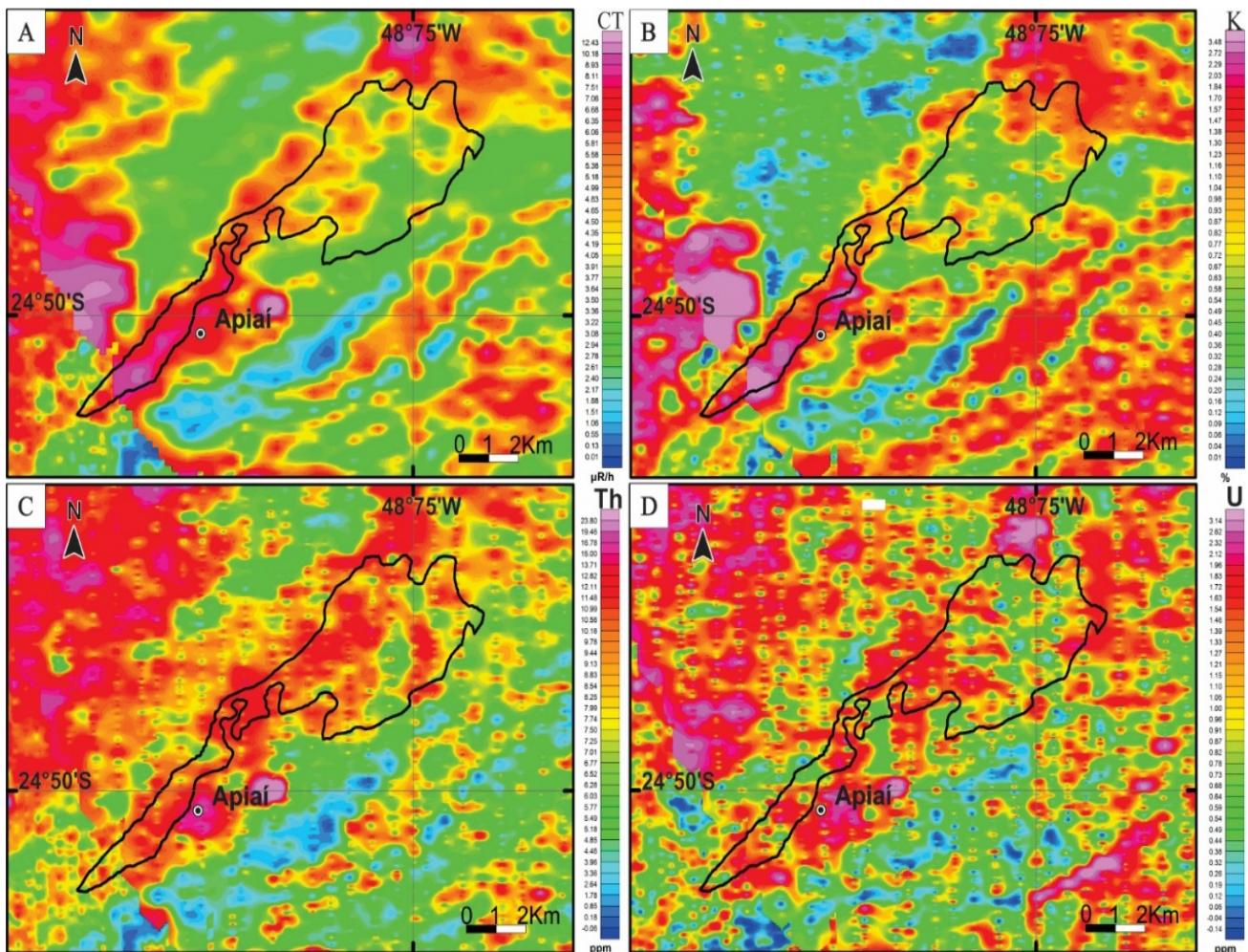


Figura 5 - Mapa Aerogamaespectrométrico: **A)** Contagem de K; **B)** Contagem de Th; **C)** Contagem de U; **D)** Contagem total (CT) para K, Th e U a região das rochas do *stock* granítico Apiaí.

elevados. O contraste também é observado entre as ocorrências das fácies potássicas e apresentando valores elevados eU para todo o plúton (Figura 5C). O mapa de contagem (CT) (Figura 5D) para K, Th, U apresenta resultados similares na delimitação das rochas do plúton.

Caracterização das litologias do *Stock* Apiaí

Geologia

O contato das rochas graníticas com suas encaixantes é intrusivo e irregular do tipo intrusivo ou tectônico. A deformação imposta às rochas desenvolve uma estrutura identificada pela presença de duas foliações. Uma foliação de baixo ângulo, localizada e de menor frequência, observada principalmente pela orientação de cristais tabulares de biotita e cristais prismáticos de hornblenda e correlacionada às estruturas dúcteis de cavalgamento da fase D₂, e a outra, mais comum de alto ângulo/subvertical de direção principal NE/SW, marcada pela fragmentação, orientação e recristalização, que variam de intensidade de proto- a ultramilonitos. Localmente, observa-se uma orientação secundária resultado de orientações de fluxo. O contato tectônico

ocorre devido à interferência lateral das zonas de cisalhamentos Quarenta-Oitava e da Falha Carumbé de orientação geral NE-SW, definido pelo evento deformacional D₃.

A Falha Espírito Santo apresenta direção geral NNE-SSW. Provavelmente, reflexo de uma importante tectônica rúptil, um pouco mais tardia, que secciona e compartimenta as rochas metassedimentares e internamente as rochas graníticas do *Stock* Apiaí. Este falhamento coloca em contato fácies que apresentam aspectos texturais distintos, lateralmente dentro do *stock*. Estas fácies representariam segmentos magmáticos de profundidades diferentes. No bloco mais soerguido e erodido, encontram-se as fácies mais profundas, enquanto o outro seguimento encontra-se mais preservado e representaria áreas da cúpula do corpo ígneo, com exposição de uma grande área de rochas metassedimentares, como mega teto pendente destas rochas e que marca o controle na distribuição das áreas geográficas das fácies dominantes.

No extremo nordeste do *stock* define-se um sistema de falha secundária, aqui denominada de Falha da Areia, que informalmente recebeu a

designação do ribeirão homônimo, que secciona e interrompe o corpo ígneo com direção geral NW-SE.

As faixas deformacionais miloníticas ou cataclásticas ocorrem principalmente associadas às regiões marginais do *stock* ou em zona de fraturamento interna do maciço e estariam associadas a fase de deformação progressiva dentro de D₃. Nas zonas de cisalhamento ocorre a geração de filonitos com acamamento tectônico que oblitera estruturas reliquias das rochas encaixantes, e definem uma deformação milonítica de intensidade variada, observada principalmente às bordas do corpo magmático.

Estruturas de fluxo preservadas são pouco frequentes, somente ocorrendo nas áreas centrais do corpo magmático, sem deformação, representadas pela orientação de cristais euhedrais a subhedrais de feldspato potássico e formação de núcleos com enriquecimento em fenocristais, com até 40% em volume da rocha, determinando feições texturais glomeroporfíricas e redução ou aumento do índice de cor dos litotipos.

Apófises e bolsões pegmatoides irregulares de pegmatito granítico e diques com textura aplítica, ambos enriquecidos em quartzo, ocorrem intrusivos nas rochas das unidades metassedimentares do entorno do corpo ígneo.

É comum a presença de inúmeros enclaves de pequenas dimensões definido por rochas microgranulares e autólitos de composição quartzo diorítica a quartzo monzonítica, e xenólitos de tamanhos variados, além de tetos pendentes, ambos de rochas metassedimentares, principalmente associados às rochas da Formação Água Clara.

A ocorrência de rochas com maior grau de recristalização, de composição e granulação comum a mica xisto de granulação grossa, não frequentes nestas áreas, pode resultar de exposição de níveis crustais mais profundos, de maior grau metamórfico, que foram soerguidos pelo sistema deformacional no *emplacement* ígneo.

A ocorrência de rochas metassedimentares em que se impõe um processo intenso de blastese, com o desenvolvimento de mineralogia associada à fácies de grau mais elevado, é característica do desenvolvimento de auréola de metamorfismo de contato que pode atingir fácies piroxênio hornfels. As fácies albita e hornblenda hornfels são as mais amplas e identificadas pelo crescimento de porfiroblastos de biotita, granada, andaluzita e feldspato potássico.

Faciologia e petrografia

As rochas do *stock* compreendem duas associações de fácies, constituídas por cinco variedades litológicas, representadas predominantemente por monzogranito porfirítico e subordinadamente, com distribuição em pequena expressão, por enclaves de composição quartzo monzonítica e raro monzogranito cinza e sienogranito equi- a inequigranular róseo intrusivo, além de rochas restritas tardias, associadas a pegmatitos e aplitos.

A associação de monzogranito porfirítico é o tipo litológico predominante, distribuído em mais de 90% da área e caracterizado por uma ampla gama de rochas de composição granítica holo- a leucocrática. Os termos hololeucocráticos M' < 10% ocorrem com frequência, mas termos com M' > 10% distribuem-se amplamente na área. Termos como melagranito, apresentando M' > 20%, ocorrem localizados e de pequena expressão, constituindo associações de concentrações locais de máficos, que são resultantes de processos de fracionamento magmático e pelas deformações de fluxo ígneo e tectônica. A matriz apresenta coloração cinza escura em função da variação de minerais máficos e composição variando de monzogranítica a granodiorítica, além de uma textura equi- a inequigranular média a grossa. Localmente, as rochas dominantes encontram-se intrudidas por demais variedades faciológicas mais tardias, com características inequigranulares a porfiríticas, além de aplitos e pegmatitos.

A faciologia dominante com textura porfirítica reconhecida é de natureza comagmática e, portanto, é comum observar uma transição, a partir das frações magmáticas diferenciadas, de aumento da relação de fenocristais, tamanho de fenocristais e relação de minerais máficos. As relações texturais e diminuição da granulação do centro para as bordas das intrusões ígneas também são observadas, mas pela dificuldade de afloramentos nestas áreas, como já mencionado, fica impossibilitada a sua delimitação.

Petrograficamente, corresponde a monzogranito porfirítico, variando de coloração rósea a vermelho e apresenta preferencialmente na distribuição dos fenocristais de feldspato potássico o desenvolvimento de texturas seriais e com variações subordinadas, para tipos com texturas hiatais. Quando ocorrem os tipos com texturas porfiríticas hiatais, somente dois tamanhos de fenocristais predominam, mas de difícil separação das variedades de litotipos texturais.

Os megacristais são de microclínio róseo e apre-

sentam concentrações da ordem de 15 a 30%, com predomínio entre 20 e 25%. Casos de frequência extrema, inferiores a 5% e superiores a 40%, podem ocorrer lado a lado em estruturas de fluxo. As dimensões dos fenocristais ocorrem entre 1,5 e 4 cm, predominando o intervalo entre 2 e 3 cm.

São rochas predominantemente isotrópicas, mas termos miloníticos ocorrem em que os minerais assumem formas alongadas, estiradas e exibem recristalização parcial. Nestes tipos deformados a matriz apresenta textura do tipo argamassa, com domínios poligonais (agregados de quartzo) e

domínios lepidoblásticos em função de estruturas intensamente foliadas, constituindo proto- a ultramilonitos. Localmente, estruturas cataclásticas estão presentes. Algumas destas feições são identificadas e caracterizadas nas figuras 6 e 7.

Para as rochas com textura porfirítica, a matriz apresenta composição média de quartzo (< 25%), intersticial ou em agregados inequigranulares, microclínio (23%), predominantemente pertítico e, às vezes caulinitizados, e oligoclásio (30%), intensamente sericitizado e/ou saussuritizado, mirmequítico ou ressaltando zoneamento dado por bordas mais límpidas de albíta.

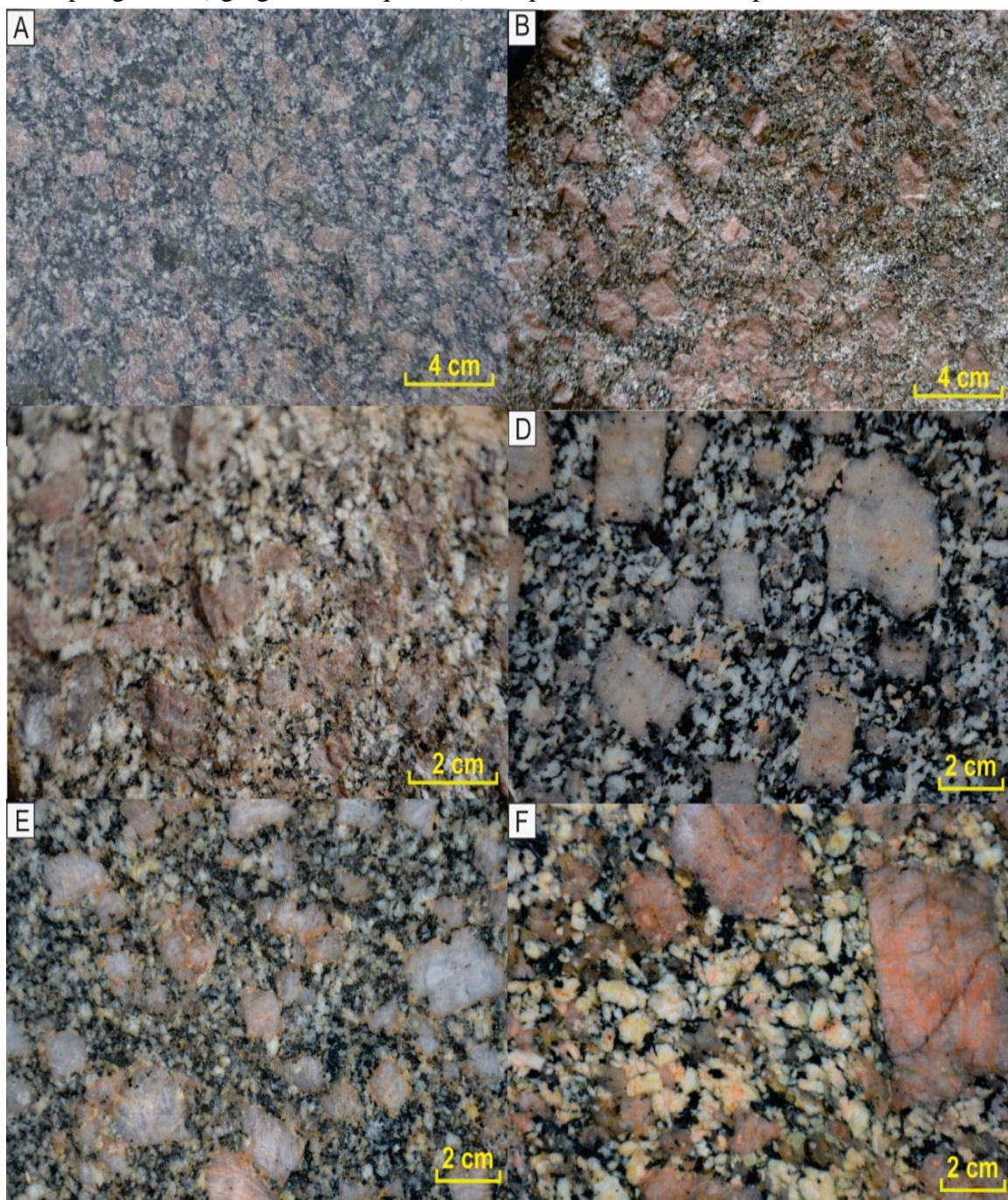


Figura 6 – Caracterização mesoscópicas das rochas da fácies monzogranito porfirítico grosso do *Stock Apiaí*. **A, B, C)** Aspectos gerais de detalhe das rochas porfiríticas; **D)** Rocha com fenocristais euhedrais em matriz rica em plagioclásio e minerais máficos; **E, F)** Rochas com feições de deformação miloníticas.

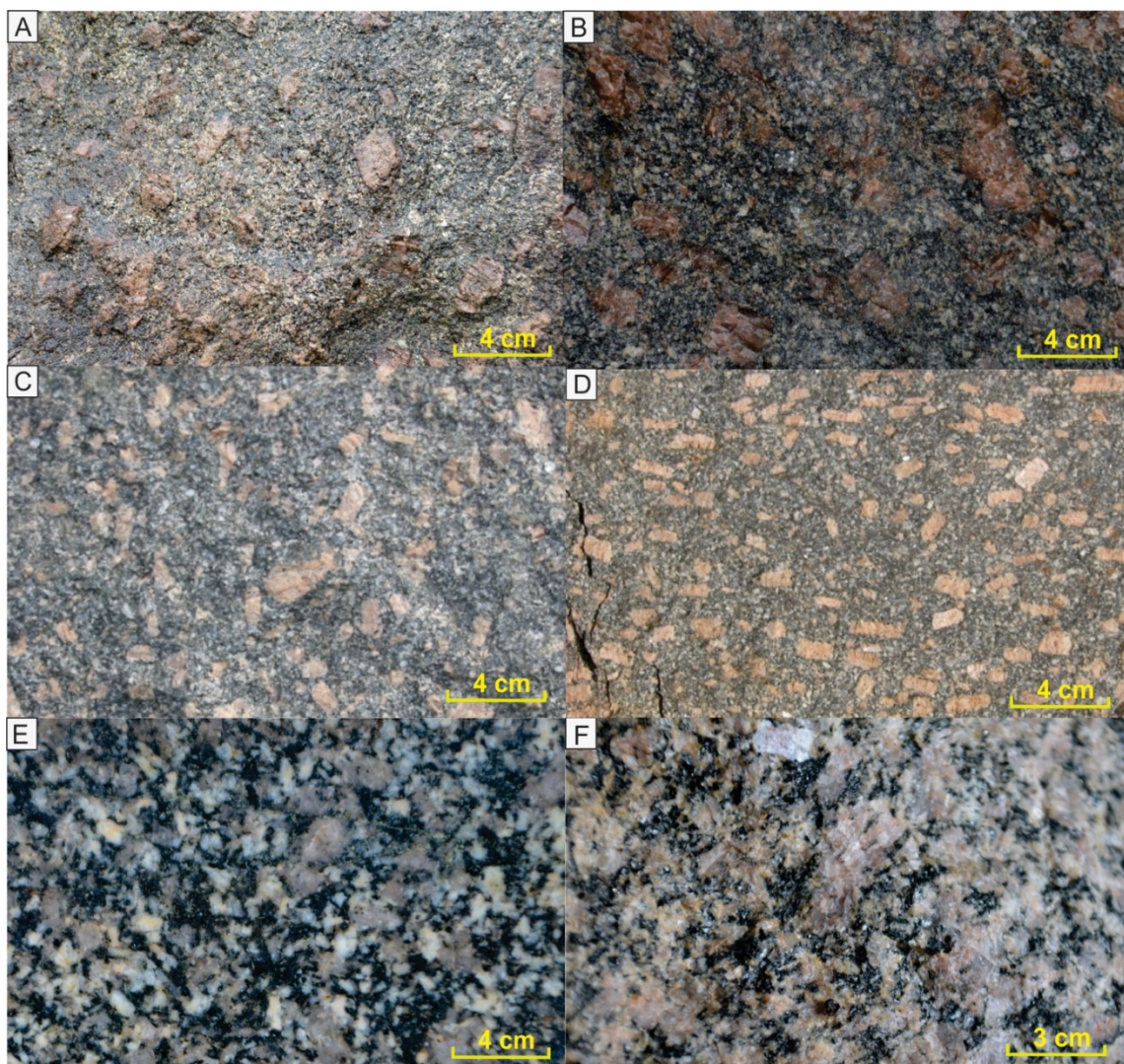


Figura 7 – Caracterização mesoscópicas das rochas da fácies monzogranito porfirítico grosso do *Stock Apiaí*. **A, B, C**) Variedade de Monzogranito porfirítico médio; **D**) Monzogranito porfirítico róseo apresentando estrutura de fluxo magmático; **E**) Características da fácies monzogranito inequigranular cinza; **F**) Características da fácies sieno- a monzogranito inequigranular róseo.

Os minerais máficos são constituídos por biotita em até 15%, encontrada em placas isoladas, aglutinadas ou desenvolvendo alinhamentos que contornam os fenocristais, definindo gnaissificação milonítica. O anfibólio até 10% é do tipo hornblenda e é caracterizado por apresentar-se parcialmente alterado, passando para biotita e clorita.

Os minerais acessórios são caracterizados por apatita, rutilo, zircão, titanita, allanita e minerais opacos. Os minerais de alteração são constituídos principalmente por sericita e/ou muscovita, epidoto, biotita, clorita, carbonatos, hidróxidos, óxidos e leucoxênio. Processos de alteração tardi- a pós-magmáticos caracterizam-se por albitização, cloritização, biotitização, epidotização e sericitização.

As rochas do *stock* compreendem predominantemente duas associações de fácies distintas pelo tamanho e volume dos fenocristais de feldspatos potássicos e tamanho de matriz:

A associação de *monzogranito porfirítico grosso* domina a região sul do *stock*, dispendo-se a sul da Falha Espírito Santo e é constituída por hornblenda-biotita monzogranito a localmente quartzo monzogranito róseo porfirítico, com fenocristais entre 2 a 4 cm, mas dominando 3 cm, e porcentagens elevadas de fenocristais, atingindo localmente até 40%, mas dominando de 15% a 30%. Apresenta composição média de minerais essenciais caracterizados por microclínio (20%), oligoclásio (35%), quartzo (25%), biotita (14%) e hornblenda (6%).

As feições estruturais e as texturais seriais desta faciologia são vistas em seção de amostras macroscópicas, identificadas nas fotografias de afloramentos das figuras 6A, B, além da figura 6D, que apresenta detalhe destas rochas e seus cristais euédricos de feldspatos potássicos. Texturas ligadas a foliações milonítica regional são observadas nas figuras 6E e F.

Uma variedade litológica, em destaque, que ocorre na associação de monzogranito porfirítico grosso, é o monzogranito porfirítico róseo (Figura 6C). Constitui uma unidade intrusiva e isolada que ocorre na parte sul do corpo e é identificada, localmente em afloramento da linha férrea, nas proximidades de Apiaí. Caracteriza-se por uma variedade faciológica semelhante texturalmente, mas apresentando porcentagens inferiores de minerais máficos. As rochas têm estrutura maciça, textura porfirítica hiatal, com fenocristais de coloração rósea imersos em matriz média a grossa rica em quartzo, plagioclásio e minerais máficos.

São rochas porfiríticas de granulação média a grossa, ocorrendo com quantidades de fenocristais de feldspato potássico de até 20%. A relação de minerais máficos varia pela presença dominante de biotita e secundariamente hornblenda, mas em porcentagens sempre inferiores a 7%. A matriz é constituída por microclínio (35%), oligoclásio (30%), quartzo (25%), biotita (5%), hornblenda (2%), minerais opacos, zircão, apatita, titanita e allanita e os minerais secundários mais comuns são compostos por clorita, sericita, carbonato e minerais opacos.

A associação de *monzogranito porfirítico média* domina a região norte do *stock* e ocorre a norte da Falha Espírito Santo, composta por litotipos caracterizados por variedades de biotita monzogranito com hornblenda. As rochas têm estrutura maciça e tamanhos inferiores de fenocristais de feldspato potássico, predominando uma média de 2 cm, e porcentagens menores a 20% (Figuras 7A, B, C), mas feições deformacionais miloníticas estão presentes, além de rochas com orientação fluidal (Figura 7D).

Nestas rochas ocorrem variações da porcentagem de minerais máficos, a biotita é dominante e secundariamente hornblenda, mas, o inverso é raro, com variações sutis e de difícil distinção de contatos entre litotipos. Termos localizados de melagranito podem estar raramente presentes.

Em termos composicionais, possuem microclínio (35%), oligoclásio (30%), quartzo (25%), contendo cerca de 3% a 5% de biotita e hornblenda inferior a 5%. Os minerais acessórios são caracterizados por apatita, titanita, allanita, zircão e minerais opacos. Os minerais secundários são pouco frequentes e estão representados pela sericita, muscovita, epidoto e clorita.

Na associação *monzogranito porfirítico média* foram reconhecidas duas variedades litológicas

localizadas nas proximidades da Zona de Cisalhamento Quarenta Oitava, mas sem a possibilidade de delimitação.

O *monzogranito porfirítico cinza* (Figura 6E) representa uma unidade com feições miloníticas marcantes e sua ocorrência encontra-se associada à Zona de Cisalhamento Quarenta-Oitava e deve ser provavelmente um representante das fases iniciais da diferenciação ou corresponder a megaenclaves de rochas graníticas correlatas. Exibe estrutura foliada de intensidade variada a discretamente orientada. A granulação da matriz varia de média a grossa. Composicionalmente, corresponde a monzogranito cinza, essencialmente leucocrático, mas variando de cerca de 10 a 20% de minerais máficos, índice de cor mais elevado pode estar presente, reflexo de concentrações de filossilicatos, gerando feições lépidoblásticas impostas pela estrutura milonítica.

As rochas são constituídas por microclínio (23%), oligoclásio (30%), quartzo (24%), biotita (< 15%), e hornblenda (< 7%). Os minerais acessórios são constituídos por minerais opacos, zircão, apatita, titanita e allanita. Os minerais secundários mais comuns são clorita, sericita, epidoto, carbonato e minerais opacos.

As rochas caracterizadas por *sienogranito inequigranular róseo* (Figura 6F) correspondem a um evento tardio em relação às unidades anteriores e são constituídas por pequenas ocorrências de conjunto de rochas holo- a leucocrática, de coloração rósea, com estrutura isotrópica dominante, mas feições miloníticas localizadas. A textura é inequigranular, com granulação média a grossa e esparsos fenocristais de microclínio, que apresentam dimensões máximas ao redor de 1 cm e, raramente, ultrapassam 2% ou 3% da rocha. As rochas são caracterizadas essencialmente por microclínio (35%), oligoclásio (25%), quartzo (< 30%), biotita (< 10%), e rara hornblenda intensamente cloritizada.

Quanto aos aspectos evolutivos e de distribuição das várias faciologias do *stock*, sugere-se que as rochas podem ser agrupadas em quatro grandes massas ígneas ou momentos. A fase inicial é restrita e constituída por autólitos de quartzo diorito a quartzo monzonito porfirítico róseo e sugere-se que o monzogranito porfirítico cinza também corresponde às rochas desta fase inicial da diferenciação e preservada na forma de megaenclaves.

A fase principal é composta por monzogranito porfirítico róseo que fragmenta e engloba as

rochas da fase anterior.

Esta fase predomina em mais de 90% do corpo magmático e distribui-se com feições texturais distintas a partir da Zona de Cisalhamento Espírito Santo, que secciona as rochas do *Stock* Apiaí. A parte sul com a presença de porcentagem e tamanho maior de fenocristais de feldspato potássico e matriz com maior presença de hornblenda, representaria as rochas comagmáticas mais profundas expostas, enquanto a parte norte apresenta características texturais inversas e representaria um nível estrutural mais raso do *stock*, com manutenção e preservação de inúmeros tetos pendentes de metassedimentos.

Na fase de acreção, principalmente lateral, as rochas do *stock* são compostas por sienogranito inequigranular róseo associado principalmente à Zona de Cisalhamento Quarenta-Oitava e a fase final, mais diferenciado e tardio e constituído

secundariamente por aplitos e pegmatitos.

Os aplitos, veios e pegmatitos afloram internamente ao conjunto de rochas do *stock* e no contato com as encaixantes ocorrendo na forma de diques e veios aplíticos, e diques, bolsões e apófises pegmatíticos, geralmente de larguras centimétricas, intrusivos nas rochas graníticas ou de maneira discordante ou concordante nas rochas hospedeiras. São rochas isotrópicas, composição sienogranítica, coloração rósea, hololeucocrática, equigranular a inequigranular com matriz fina a média ou muito grossa.

Na figura 8 é apresentado o diagrama QAP de Streckeisen (1976), com a classificação modal das rochas do *stock* magmático. Na tabela 1 é apresentada uma descrição sucinta das principais feições petrográficas analisadas das rochas do *stock* com as porcentagens modais médias, obtidas na análise petrográfica.

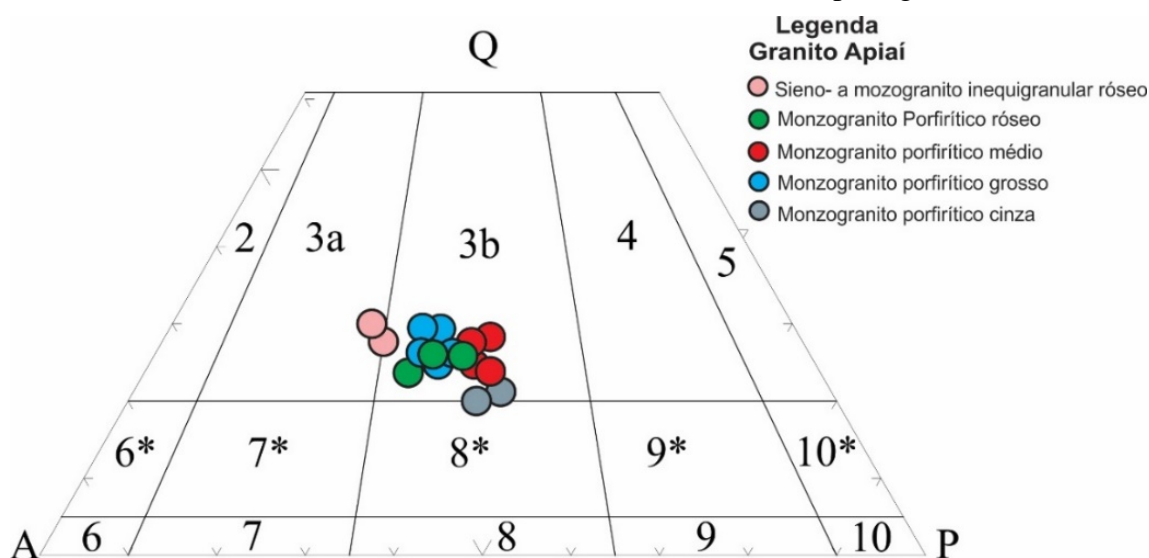


Figura 8 - Classificação modal de rocha total das amostras do *Stock* Apiaí. De acordo com o diagrama QAP de Streckeisen (1976): 3a: sienogranito; 3b: monzogranito; 8*: quartzo monzonito.

LITOGEOQUÍMICA

As análises geoquímicas realizadas nas rochas do *stock* granítico Apiaí estão apresentadas na tabela 2.






A geoquímica referente às rochas das associações será descrita de forma geral para os litotipos do *Stock* Apiaí, pois as variações são principalmente de conteúdo textural e não composicional. A geoquímica de rochas que apresentem discrepâncias da distribuição geral será tratada e discutida individualmente.

A distribuição dos elementos maiores se encontra caracterizada nos diagramas das figuras 9A a H de Harker (1909) e, identificam, quanto aos teores de **silica**, para o conjunto de rochas das associações de fácies, a composição dominante-

mente ácida a localmente intermediária, variando de monzogranito a granodiorito e quartzo monzonito, que domina toda distribuição das rochas do *stock*. Apresentam valores restritos de sílica, distribuídos no intervalo mais amplo de 64 e 69% de SiO₂, mas dominando o maior número de análises entre valores de 66-68% SiO₂. As rochas da associação monzogranítica porfirítica grossa a localmente quartzo monzonítica porfirítica apresentam os menores valores de sílica e, portanto, menor diferenciação no *stock*.

Para os demais **óxidos**, os teores de Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO e MnO mostram correlação negativa em relação ao aumento em relação às rochas mais enriquecidas e empobrecimento

Tabela 1 – Sumário petrográfico das associações e fácies graníticas do *stock* granítico Apiaí.

Stock Granítico Apiaí						
		Ass. Monzogranito porfirítico grosso		Ass. Monzogranito porfirítico médio		
Litologias		Monzogranito grosso	Monzogranito médio	Monzogranito róseo	Siengranito róseo	Monzogranito cinza
						
Estrutura		Anisotropia fraca	Anisotropia fraca	Anisotropia	Anisotropia	Anisotropia forte
Textura		porfirítica	porfirítica	porfirítica	inequigranular	porfiroclástico
Matriz (mm)		0,2 – 6	0,2 – 5	0,2 – 5	0,2 – 5	0,2 – 5
Fenocristal (%)	FK	20%	18%	16%	4%	8%
	Plag	0	0	0	0	0
	Qz	0	0	0	0	0
	Total	20%	18%	16%	4%	8%
Descrição	Feno-cristal	Fenocristais róseos a esbranquiçados	Fenocristais róseos a esbranquiçados o	Fenocristais róseos	Raro fenocristal róseo	Fenocristais brancos
	Matriz	branca a cinza	cinza escura	rósea	rósea	cinza escura
Índice de cor (%)		M' ≈ 14	M' ≈ 11	M' ≈ 7	M' ≈ 5	M' ≈ 20
Minerais Félsicos (%)	Qtz	21	20	22	27	22
	FK	17	21	20	29	20
	Plag.	28	30	30	31	27
	Total	20%	18%	16%	4%	8%
Minerais Mafico (%)	Anf	6	4	2	1	8
	Biot	8	7	5	8	15
	Total	20%	18%	16%	4%	8%
Minerais Acessórios		apatita; titanita; zircão; allanita; magnetita; minerais opacos				
Minerais Alteração		sericita; epidoto; carbonato; clorita; biotita; minerais opacos; leucóxênio; argilo minerais				

em minerais máficos. As exceções ocorrem na distribuição dos **álcalis**, vistos nas figuras 9F e G, onde os teores de **sódio** são crescentes, oscilam num intervalo de variação entre 3,4 a 4,3% de Na₂O, enquanto que os valores de **potássio** são relativamente discrepantes com valores entre 3,4 a 5,5% K₂O.

No diagrama petrográfico de Middlemost (1985) de álcalis (Na₂O + K₂O) *versus* SiO₂ observado na figura 10A, as amostras distribuem-se concentradamente no campo do monzogranito com amostras transicionando para o campo do granodiorito e quartzo monzonito.

No diagrama QAP da figura 10B de Lameyre & Bowden (1982), as rochas são classificadas como monzogranito, com exemplares tendendo a granodiorito e quartzo monzonito. O conjunto das amostras correlacionam afinidade com a série cálcio-alcalina monzogranítica de alto potássio.

No diagrama de classificação petrográfica que utiliza os parâmetros multicatiônicos Q *versus* P, de Debon et al. (1988) da figura 10C, os litotipos são classificados predominantemente como granitos de afinidade com as séries subalcalinas. A presença marcante de minerais cálcio-alcalinos, como hornblenda + biotita, reforça o caráter de um *stock* cálcio alcalino.

No diagrama de SiO₂ *versus* K₂O apresentado na figura 10D de Taylor (1976), observa-se que as amostras se distribuem na transição do campo da série cálcio-alcalina alto potássio com forte enriquecimento em potássio e, portanto, evoluindo para série shoshonítica.

No diagrama de saturação em alumínio da figura 10E, as rochas são classificadas segundo o Índice de Shand de Maniar & Picolli (1989), como granitóides peraluminosos em razão da forte presença de biotita dominando sobre a hornblenda.

No diagrama de Debon & Le Fort (1983) da figura 10F, define-se para os litotipos um conjunto constituído predominantemente por granito peraluminoso com biotita e hornblenda (campo IV).

Quanto à distribuição dos elementos traços dos diagramas binários identificados nas figuras 11A à 11F, observa-se que a distribuição no diagrama Rb *versus* SiO₂ (Figura 11A), apresenta correlação com a distribuição de potássio nos litotipos. A correlação positiva deve-se principalmente às rochas com alta porcentagem de biotita, além de expressivos valores de feldspato potássico. No geral, o rubídio substitui o potássio do feldspato potássico e, secundariamente, o potássio na biotita.

Tabela 2 - Dados químicos de amostras de rocha total dos litotipos do *Stock Apiaí*.

SiO₂	62,99	64,24	65,18	66,07	67,08	66,62	67,20	67,72	68,00	69,31
TiO₂	0,83	0,92	0,66	0,66	0,68	0,66	0,63	0,62	0,61	0,53
Al₂O₃	13,70	15,54	14,63	13,48	13,55	14,65	13,32	14,45	15,24	13,54
Fe₂O₃	4,49	5,09	3,84	3,68	3,69	3,66	3,34	3,71	3,24	2,91
MnO	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04
MgO	1,84	2,05	1,41	1,33	1,39	1,53	1,32	1,43	1,33	1,17
CaO	2,79	3,21	2,49	2,31	2,66	2,81	2,61	2,76	2,51	2,22
Na₂O	3,51	3,75	3,63	3,68	3,95	3,89	4,24	4,32	4,00	3,56
K₂O	4,83	5,30	4,91	5,43	4,92	4,53	3,95	3,68	5,20	5,01
P₂O₅	0,33	0,38	0,24	0,23	0,25	0,26	0,22	0,25	0,21	0,20
LOI	0,50	0,36	2,14	0,62	0,72	0,55	0,50	0,67	0,39	0,47
Soma	95,87	100,91	99,19	97,54	98,94	99,21	97,37	99,66	100,78	98,96
Ba	2521,00	2714,00	2042,00	2046,00	2116,00	1916,00	1225,00	1146,00	2083,00	2299,00
Co	13,90	12,00	9,00	11,00	9,60	9,00	14,40	9,00	8,00	9,50
Cs	1,03	1,05	1,52	1,63	1,47	1,51	1,62	1,64	1,15	1,27
Ga	20,90	20,80	20,90	20,40	20,90	20,40	20,60	20,90	19,50	19,10
Hf	9,47	9,41	6,34	6,86	6,59	6,71	6,71	6,95	5,79	5,59
Nb	9,79	10,79	14,34	12,10	40,32	40,13	15,84	15,23	21,43	20,55
Rb	99,60	99,10	117,80	119,80	105,30	105,10	97,70	99,70	103,70	102,70
Sr	1210,00	1212,00	894,00	996,00	1021,00	815,00	894,00	694,00	783,00	961,00
Ta	0,47	0,40	0,29	0,23	0,05	0,09	0,05	0,15	0,41	0,40
Th	9,20	8,90	11,20	11,10	12,00	10,40	10,20	10,90	11,90	10,90
U	0,99	1,07	1,95	1,80	2,04	2,14	2,55	3,72	1,45	1,42
V	64,00	66,00	53,00	64,00	71,00	56,00	54,00	50,00	47,00	54,00
Y	14,71	16,69	13,13	12,63	24,38	27,40	28,45	35,50	10,40	10,30
Zn	68,00	79,00	70,00	58,00	55,00	71,00	65,00	73,00	56,00	57,00
Zr	366,00	366,00	251,00	251,00	245,00	245,00	254,00	254,00	240,00	240,00
La	145,20	150,50	91,20	94,60	87,70	67,80	79,70	78,90	59,20	108,00
Ce	220,20	231,20	157,90	159,60	150,20	125,40	136,70	135,50	115,00	182,50
Pr	25,26	25,98	16,24	16,81	16,44	14,48	18,01	16,83	12,81	18,20
Nd	79,70	87,70	56,60	54,50	56,20	51,50	64,30	64,60	44,00	57,00
Sm	11,90	11,60	7,90	7,90	8,20	7,90	10,80	10,90	6,20	7,90
Eu	2,66	2,82	2,03	1,91	2,04	2,05	2,73	2,66	1,79	1,91
Gd	7,06	7,36	5,50	5,12	5,74	6,17	8,92	9,43	4,55	4,66
Tb	0,80	0,89	0,65	0,58	0,75	0,76	1,09	1,17	0,54	0,52
Dy	3,46	3,81	2,93	2,74	3,88	4,15	5,33	6,04	2,19	2,33
Ho	0,56	0,58	0,49	0,45	0,78	0,80	0,94	1,11	0,35	0,35
Er	1,38	1,40	1,16	1,10	2,22	2,40	2,31	3,07	0,96	0,85
Tm	0,19	0,18	0,14	0,14	0,28	0,28	0,30	0,44	0,12	0,11
Yb	1,00	1,10	1,00	0,80	1,60	1,80	1,80	2,80	0,70	0,70
Lu	0,18	0,16	0,13	0,15	0,32	0,24	0,27	0,52	0,09	0,13
[La/Yb]_n	97,89	92,24	61,49	79,72	36,95	25,39	29,85	19,00	57,02	104,02
Média	58,07									
Eu*	74,65	73,70	51,13	50,40	53,13	52,42	72,60	74,10	40,58	49,51
Média	56,82									
Eu/Eu*	0,48	0,52	0,54	0,52	0,52	0,53	0,51	0,49	0,60	0,52
Média	0,52									
Ce-Sm	4,47	4,81	4,82	4,88	4,42	3,83	3,05	3,00	4,48	5,58
Média	4,21									
Gd-Yb	5,70	5,40	4,44	5,16	2,89	2,77	4,00	2,72	5,25	5,37
Média	4,59									

Tabela 2 - Dados químicos de amostras de rocha total dos litotipos do *Stock Apiaí* (continuação).

SiO ₂	66,11	66,12	66,35	66,34	66,55	66,18	66,46	66,28
TiO ₂	0,68	0,72	0,69	0,61	0,75	0,75	0,73	0,63
Al ₂ O ₃	14,80	13,53	14,63	13,10	15,35	13,80	15,04	13,30
Fe ₂ O ₃	3,98	3,89	3,81	3,21	4,12	3,89	4,30	3,55
MnO	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04
MgO	1,54	1,39	1,48	1,37	1,48	1,29	1,55	1,41
CaO	2,74	2,57	2,56	2,28	2,23	2,03	2,61	2,30
Na ₂ O	3,77	4,00	3,74	3,43	3,80	3,86	4,07	3,83
K ₂ O	4,99	5,16	5,03	4,85	5,29	5,60	4,16	3,77
P ₂ O ₅	0,26	0,24	0,29	0,24	0,30	0,26	0,27	0,22
LOI	0,33	0,51	1,70	0,66	0,74	0,75	1,66	0,63
Soma	99,25	98,18	100,33	96,13	100,66	98,46	100,90	95,96
Ba	2261,00	2158,00	2268,00	2099,00	2687,00	2562,00	1666,00	1602,00
Co	11,00	9,70	8,00	9,00	9,00	10,80	10,00	10,10
Cs	1,68	1,63	2,21	2,36	0,97	0,96	2,02	2,02
Ga	20,10	20,50	21,30	21,10	20,10	20,50	21,50	21,80
Hf	6,76	6,59	7,13	7,41	8,58	8,17	7,34	7,11
Nb	9,78	9,49	12,34	11,64	23,09	28,09	7,61	6,91
Rb	104,30	109,30	106,40	109,40	95,30	95,10	103,50	107,50
Sr	886,00	994,00	978,00	1044,00	1024,00	1243,00	800,00	968,00
Ta	0,33	0,30	0,12	0,10	0,42	0,49	0,37	0,47
Th	11,40	11,40	9,60	11,90	8,80	9,30	11,40	11,60
U	1,69	1,73	1,61	1,48	1,18	1,22	1,54	1,40
V	61,00	78,00	54,00	51,00	57,00	69,00	58,00	49,00
Y	11,15	10,48	23,67	20,94	17,83	17,13	12,21	10,78
Zn	68,00	73,00	65,00	50,00	69,00	70,00	73,00	62,00
Zr	248,00	248,00	278,00	278,00	359,00	359,00	287,00	287,00
La	75,90	81,60	75,50	80,30	75,90	83,80	68,00	66,10
Ce	134,40	140,30	130,80	132,60	136,00	146,30	153,40	144,90
Pr	14,21	15,24	15,28	16,02	16,02	17,54	15,18	14,78
Nd	51,10	50,00	56,40	55,10	59,40	60,00	53,30	49,70
Sm	7,50	7,80	8,40	8,80	8,60	9,30	8,20	8,30
Eu	1,81	1,79	2,11	2,04	2,20	2,37	2,10	1,84
Gd	4,72	4,89	6,50	5,75	6,33	6,52	5,55	5,07
Tb	0,57	0,56	0,78	0,71	0,77	0,75	0,61	0,59
Dy	2,51	2,50	3,29	3,37	3,28	3,64	2,74	2,54
Ho	0,39	0,36	0,62	0,58	0,60	0,60	0,41	0,40
Er	1,01	0,95	1,53	1,44	1,50	1,53	1,07	1,04
Tm	0,12	0,10	0,20	0,15	0,20	0,19	0,15	0,12
Yb	0,80	0,70	1,00	1,00	1,10	1,20	0,90	0,90
Lu	0,11	0,15	0,14	0,21	0,15	0,15	0,11	0,15
[La/Yb] _n	63,96	78,59	50,90	54,14	46,52	47,08	50,94	49,52
Média	58,07							
Eu*	47,57	49,44	55,63	56,23	56,32	60,28	52,77	52,35
Média	56,82							
Eu/Eu*	0,52	0,49	0,52	0,49	0,53	0,53	0,54	0,48
Média	0,52							
Ce-Sm	4,32	4,34	3,76	3,64	3,82	3,80	4,51	4,21
Média	4,21							
Gd-Yb	4,76	5,64	5,25	4,64	4,64	4,38	4,98	4,55
Média	4,59							

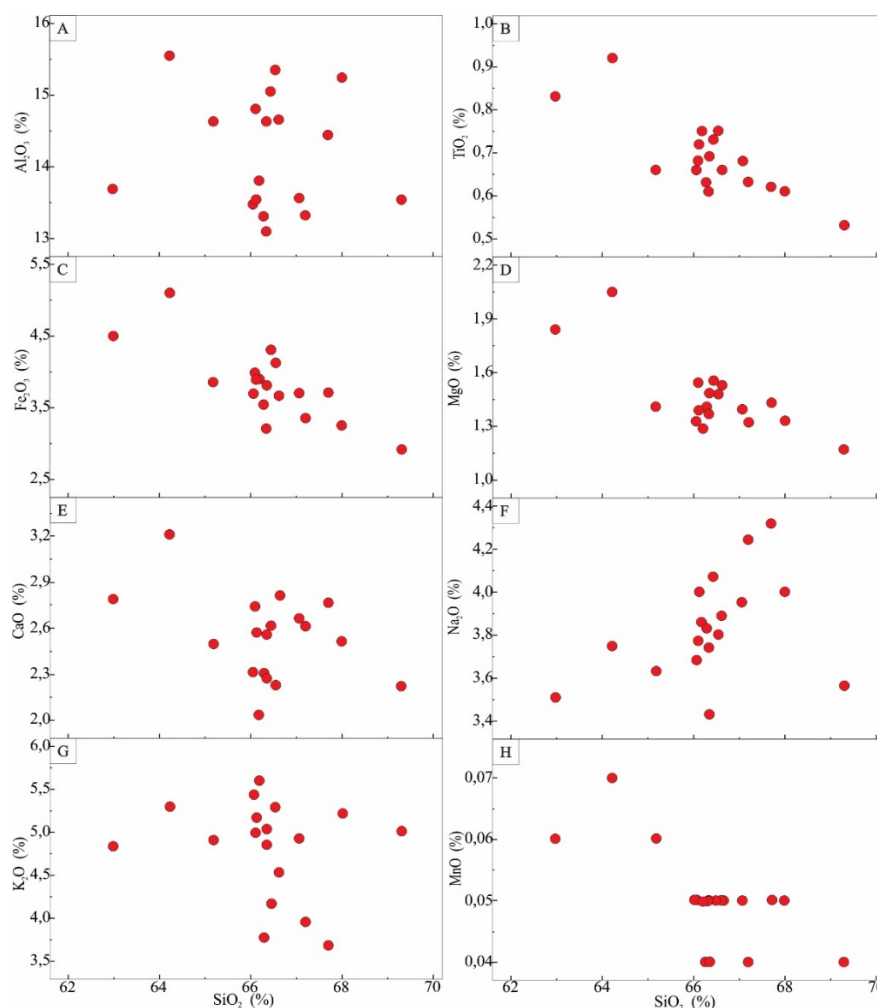


Figura 9 - Diagramas de correlação de óxidos de elementos maiores por sílica tipo Harker (1909). **A)** Al_2O_3 ; **B)** TiO_2 ; **C)** Fe_2O_3 ; **D)** MgO ; **E)** CaO ; **F)** Na_2O ; **G)** K_2O ; **H)** MnO para as rochas do *stock* granítico Apiaí.

Em relação ao estrôncio, no diagrama Sr *versus* SiO_2 (Figura 11B), os litotipos mostram baixos valores e decaimento em *trend* em relação ao aumento da SiO_2 . No geral, o estrôncio apresenta correlação direta na substituição do cálcio nos plagioclásios, proporcionando correlação negativa pela redução de plagioclásios e enriquecimento em feldspato potássico para as rochas mais diferenciadas e, portanto, mais enriquecidas em SiO_2 . Sugere-se um processo de fracionamento magmático, envolvendo principalmente os feldspatos, com consequente aumento de feldspato potássico a partir da segregação e redução em plagioclásios e empobrecimento de Sr do líquido magmático, disponível para as fases mais diferenciadas.

A porcentagem de bário, no diagrama Ba *versus* SiO_2 (Figura 11C) é fortemente elevada, mas caracteriza leve redução dos valores e que é admitida pela sua associação, mais facilmente, aos plagioclásios. A correlação negativa com o aumento de sílica é evidenciada pela redução de plagioclásio e enriquecimento em feldspato potássico para as rochas mais diferenciadas.

Os valores de zircônio no diagrama Zr *versus* SiO_2 (Figura 11D) evidenciam dois agrupamentos de rochas, sendo que os valores mais baixos apresentam correlação para as fácies mais diferenciadas. O decréscimo do Zr indica forte fracionamento ao longo da evolução dos líquidos e sua diminuição ocorre nas concentrações nos líquidos mais diferenciados. Portanto, sugere-se o fracionamento simultâneo de titanomagnetita, ilmenita e zircão no processo evolutivo do líquido residual magmático.

Os valores de nióbio (Figura 11E) mostram leve correlação positiva para as fácies mais diferenciadas. Os valores de ítrio (Figura 11F) mostra leve distribuição positiva para as fácies mais diferenciadas, devido ao maior fracionamento magmático e correlação com o empobrecimento de minerais ferromagnesianos.

Os valores de háfnio na figura 11G, apresentam correlação negativa, decrescendo para as rochas mais diferenciadas. Os valores apresentados para gálio observados na figura 11H, mostram heterogeneidade nas rochas menos evoluídas e valores que tendem a diminuir para rochas mais diferenciadas.

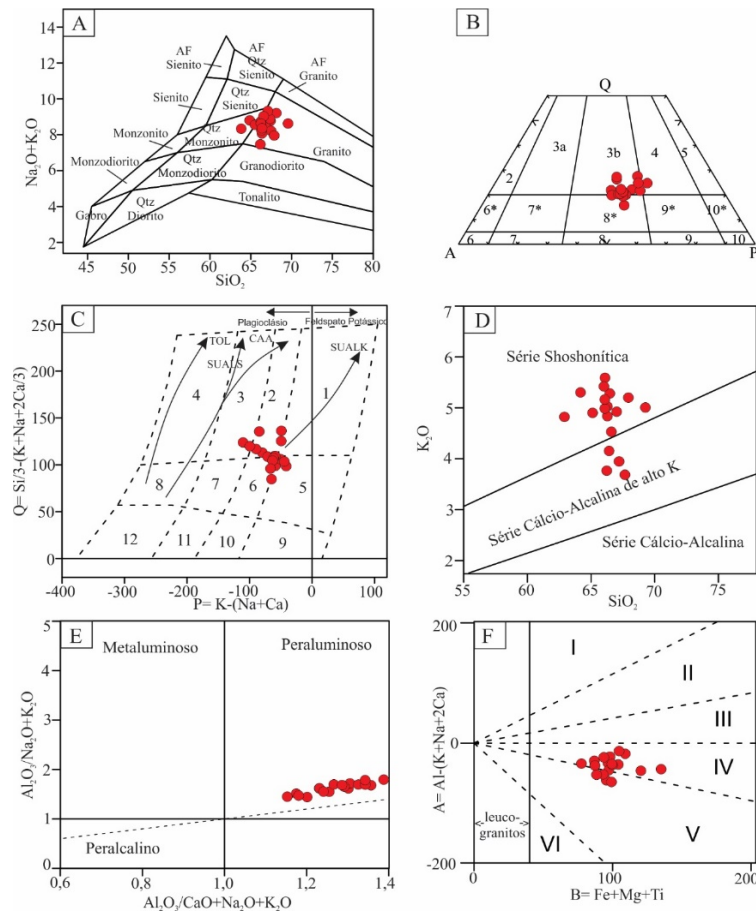


Figura 10 – Diagramas geoquímicos de classificação das rochas do *Stock Granítico Apiaí*. **A**) Middlemost (1985); **B**) Lameyre & Bowden (1982) (3b-monzogonito; 4-granodiorito); **C**) Q x P de (Debon et al., 1988) Abr.: TOL=toleítica, CAA=cálcico-alcalina, SUBALS= subalcalina sódica, SUBALK= subalcalina potássica; **D**) Taylor (1976); **E**) Índice de Shand de Maniar & Picolli (1989); **F**) Debon & Le Fort (1983): leucogranito peraluminoso: campo IV – biotita + hornblenda.

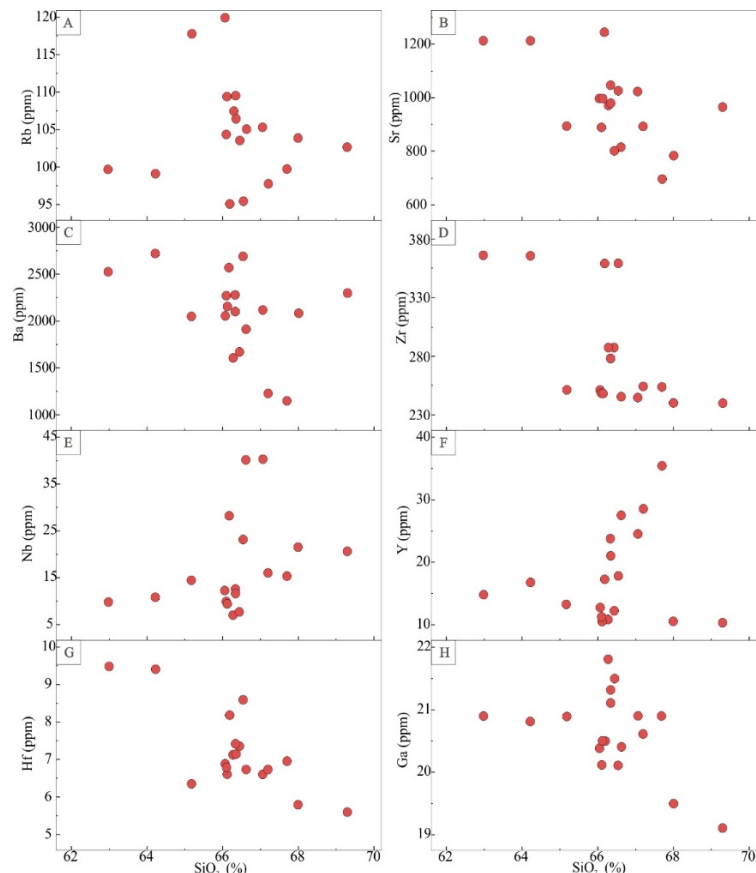


Figura 11 - Diagramas geoquímicos binários para elementos traços para as amostras de rochas do *Stock Apiaí*.

Nos diagramas de caracterização de ambiente geotectônico da figura 12 são caracterizados: no diagrama da figura 12A de Batchelor & Bowden

(1985) as amostras são classificadas segundo um *trend* de distribuição, como pertencentes a um evento magmático sin- colisional a tardi-orogênico.

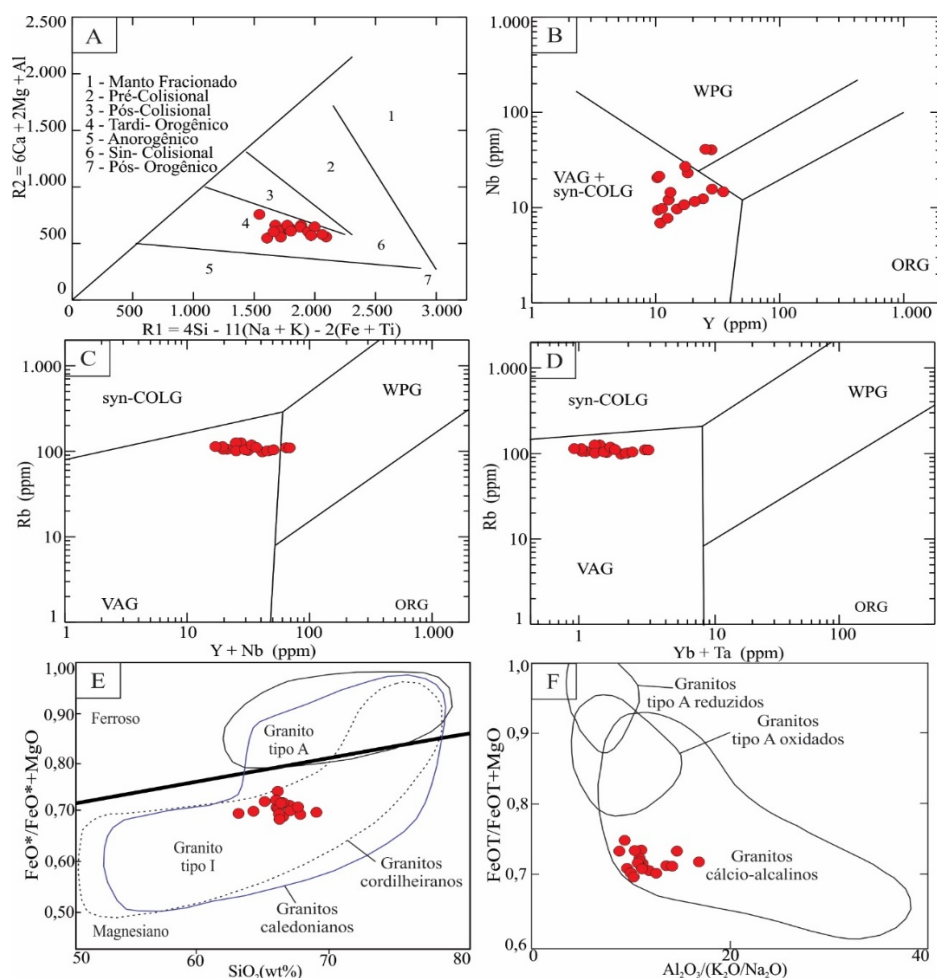


Figura 12 - Diagramas geoquímicos de ambientes tectônicos para elementos traços das rochas do *stock* granítico Apiaí. **A)** Batchelor & Bowden (1985); **B, C e D)** Pearce et al. (1984) (Syn-COLG) granitoide sin-colisional; (VAG) granitoide de arco vulcânico; (WPG) granitoide intraplaca; (ORG) granitoides de cadeias oceânicas; **E)** Frost et al. (2001), **F)** Dall'Agnol, & Oliveira (2007).

Nos diagramas das figuras 12B, C, D de Pearce et al. (1984), observam-se que as rochas são classificadas como possivelmente pertencentes a uma suíte magmática de granitos sin-colisionais associados a um ambiente de arco magmático. A tendência para amostras de ambiente intraplaca corresponde as rochas de composição sienogranítica mais diferenciadas e enriquecidas em feldspato potássico.

No diagrama de classificação com base nas condições de oxidação da figura 12E de Frost et al. (2001), verifica-se que as amostras são identificadas como granitos magnesianos do tipo I cordilheranos ou caledoniano de ambiente de arco magmático.

No diagrama de Dall'Agnol & Oliveira (2007), com base nas condições de oxidação da figura 12F, observa-se que as amostras apresentam uma disposição de granitos cálcio-alcalinos.

Nos variogramas de multielementos, normali-

zados para os valores de meteoritos condríticos de Thompson (1982) da figura 13A e para os valores de crosta inferior e Weaver & Tarney (1984) na figura 13B, as amostras do *stock* exibem grande simetria entre os valores, apresentando empobrecimento em Nb, Sr, P, Ti e enriquecimento em Rb, Zr, Y, o que define rochas diferenciadas.

Os diagramas de elementos terras raras (ETR) para as amostras do *stock* foram normalizadas segundo os valores de meteoritos condríticos de Boynton (1984) (Figura 13C) e também normalizadas segundo os valores para crosta inferior de Weaver & Tarney (1984) (Figura 13D). Os padrões de distribuições de elementos terras raras obtidas para as rochas são muito similares e com distribuição assimétrica e paralela, o que evidencia amostras distintas e comagmáticas, com valores crescentes de elementos terras raras leves (ETRL) para as rochas levemente mais diferenciadas e

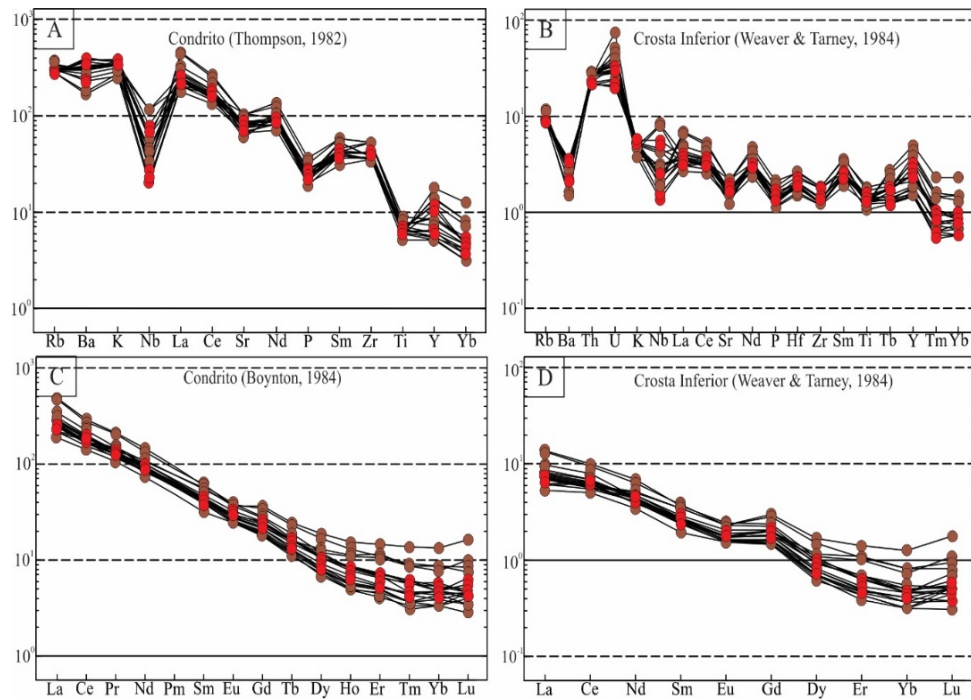


Figura 13 - Diagramas de variogramas de multielementos incompatíveis e elementos de terra-raras para as amostras de rochas do Granito Apiaí. **A)** Valores para meteoritos condríticos de Thompson (1982); **B)** Valores da crosta inferior de Weaver & Tarney (1984); **C)** Valores dos meteoritos condríticos de Boynton (1984); e **D)** Valores da crosta inferior de Weaver & Tarney (1984).

redução dos valores de elementos de terras raras pesadas (ETRP).

Mostram leve anomalia negativa em Eu, o que sugere um processo de diferenciação magmática pouco expressivo a partir do magma inicial, através da remoção dos plagioclásios e enriquecimento de feldspato. Exceção foi observada para leve enriquecimento na distribuição do gadolínio (Gd) para as rochas no geral.

O padrão geral de distribuição dos elementos terras-raras (ETR) normalizados pelo condrito (Boynton, 1984) apresenta para as rochas

[La/Yb]_N=58,07, o que sugere que, durante o fracionamento magmático, não ocorreu uma expressiva participação das fases enriquecidas em elementos terras-raras pesadas (ETRP), consequência do empobrecimento em minerais ferromagnesianos e minerais acessórios. Apresentam fraca anomalia negativa de Eu com $Eu^* = 56,82$ e $[Eu/Eu^*]_N = 0,52$, assimetria definida pela relação de elementos terras-raras leves $[Ce/Sm]_N = 4,22$ em relação ao empobrecimento de elementos terras-raras pesadas $[Gd/Yb]_N = 4,59$ o que indica um conjunto de rochas pouco evoluídas.

CONCLUSÕES

A área envolve rochas da sequência metavulcanossedimentar do Supergrupo Açungui de idade meso- a neoproterozoica, constituída pela Formação Água Clara, e pelo Grupo Lajeado, mais especificadamente as formações Mármore Apiaí, Serra da Boa Vista e Gorutuba, além do Gabro Apiaí, Complexo Granítico Três Córregos, Granito Barra do Chapéu e Granito Apiaí, rochas básicas correlacionadas a Formação Serra Geral e sedimentos recentes.

As rochas do *Stock* Apiaí constituem um corpo com aproximadamente 65 km² e seus contatos com as rochas encaixantes são intrusivos ou tectônicos ou encobertos por vários tetos pendentes. Quando tectônicos, são marcados pela imposição longitudinal de orientação NE-SW resultante dos processos deformacionais impostos

pela Zona de Cisalhamento Quarenta-Oitava (ZCQO) e das falhas Espírito Santo (FCES) e Carumbé (FCC), que condicionam a forma geral do *stock*.

O arranjo deformacional–metamórfico é identificado principalmente nas rochas epimetamórficas do Supergrupo Açungui, marcado por três deformações principais, atribuídas ao evento neoproterozoico. Os dois eventos iniciais, de baixo ângulo, são relacionados a tectônica progressiva e tangencial D₁/D₂, ligados à fase colisional e a colocação e deformação das rochas sin- a tardi- colisionais do *Stock* Apiaí.

A deformação posterior D₃ é marcada por tectônica transcorrente/transpressiva com *trend* preferencial NE-SW, e apresenta caráter retro-metamórfico, sendo que no corpo magmático

estas deformações se encontram associadas principalmente às suas bordas laterais.

O metamorfismo regional progressivo é do tipo Barroviano, com rochas em fácies xisto verde médio a alto, com ocorrências locais de metamorfismo de contato e metamorfismo dinâmico, de natureza retrometamórfica. O metamorfismo regional M₁ está relacionado aos principais eventos deformacionais D₁/D₂. O *emplacement* ígneo, encontra-se associado ao evento metamórfico de contato M₂ e à colocação das rochas graníticas do *Stock* Apiaí, definindo rochas em fácies albíta a hornblenda hornfels. O evento deformacional D₃ é evidenciado pelas zonas de cisalhamento que balizam o *stock* e caracterizado pelas imposições de paragêneses retrometamórficas.

As rochas são compostas predominantemente por hornblenda-biotita monzogranito e biotita monzogranito porfirítico com megacristais de feldspato potássico róseo, imersos em matriz cinza a rósea e, em menores expressões, por rochas de composição sienogranítica porfirítica a inequigranular rósea e cinza, além de corpos restritos de rochas aplíticas e pegmatíticas.

A estrutura das rochas é maciça a localmente milonítica e/ou cataclástica, holo- a leucocrática, coloração rósea a vermelha e branca a cinza. As rochas são constituídas por associações ígneas comagmáticas definidas: no segmento sul da Falha do Espírito Santo, predomina a associação de monzogranito porfirítico grosso, que apresenta pequenas variações para monzogranito porfirítico róseo, constituindo uma unidade intrusiva e isolada; no segmento ao norte da Falha Espírito Santo, domina a associação de monzogranito porfirítico médio, localmente sienogranito inequigranular róseo e monzogranito porfirítico cinza.

O comportamento e distribuição das rochas

das várias faciologias sugere que as rochas do *stock* podem ser agrupadas, quanto aos aspectos evolutivos, em quatro fases.

A fase inicial é restrita e constituída por autólitos de quartzo diorito equigranular a porfirítico e por monzogranito porfirítico cinza, correspondente as fases iniciais da diferenciação e preservados na forma de enclaves. A fase principal é composta por monzogranito porfirítico róseo a quartzo monzonito que fragmenta e engloba às rochas da fase anterior e predomina em mais de 90% do corpo magmático. Este conjunto de rochas apresenta feições texturais distintas a partir da Zona de Cisalhamento Espírito Santo, que secciona as rochas do *stock*.

A parte sul, com porcentagens maiores de fenocristais de feldspato potássico de dimensões maiores e matriz com presença marcante de hornblenda, representaria as rochas comagmáticas mais profundas do *stock*, enquanto a parte norte, com características inversas, representaria nível estrutural mais raso. A fase de acreção lateral é composta por sienogranito inequigranular róseo associado principalmente a zona de cisalhamento. A final é representada por diferenciados tardios constituídos por aplitos e pegmatitos.

Geoquimicamente, trata-se de um granito cálcio alcalino peraluminoso, sin- a tardi colisional, pertence à série de alto potássio a shoshonítica, similar a granitos magnesianos, apresentando assinatura de granito do tipo I, gerados pela fusão da crosta inferior e associados à evolução de Arco Magma. A gênese das rochas do *Stock* Apiaí encontra-se correlacionada à evolução do magmatismo do Granito Barra do Chapéu, pertencente à granitogênese do Complexo Granítico Três Córregos e associada a ambiente extensional do evento colisional da Orogênese Ribeira.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio à pesquisa (Processo n^o: 304614/2017-3).

REFERÊNCIAS

- ALGARTE, J.P.; MARTINS, A.J.M.; MORGENTAL, A.; DAITX, E.C.; ANDRADE Jr, F.S.; BATOLLA Jr, F.; FERREIRA, F.J.F.; PINTO, G.G.; CUNHA, H.C.S.; DRUMOND, J.B.V., RODRIGUES, J.C.; YAMAMOTO, K.; KAEFER, L.Q.; CHIEREGATI, L.A.; PINHO FILHO, W.D.; ADDAS, W. **Projeto Sudeste do Estado de São Paulo**. Relatório Final. São Paulo: DNPM/CPRM, 1973.
- ALMEIDA, F.F.M. Novas ocorrências de fósseis no Pré-Cambriano brasileiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 29, n. 1, p. 63-72, 1957.
- ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro. *Boletim DNPM/DGM*, v. 36, p. 241, 1967.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, 1977, Campina Grande. *Anais...Campina Grande: Sociedade Brasileira de Geologia*, 1977, p. 363-391.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S.; BISTRICH, C.A. **Mapa Geológico do estado de São Paulo em escala 1:500.000**. Nota explicativa. São Paulo, IPT, Monografias 6, v. 1, 126 p., 1981.
- ALMEIDA, M.A. **Geologia da formação Água Clara na região de Araçáiba – SP**. São Paulo, 1989. 184 p. Dissertação

- (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitic rock series using multicationic parameters. **Chemical Geology**, v. 48, p. 43-55, 1985.
- BISTRICHI, C.A.; CARNEIRO, C.D.R.; DANTAS, A.S.L.; PONÇANO, W.L.; CAMPANHA, G.A.C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M.A.; STEIN, D.P.; MELO, M.S.; CREMINI, O.A. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo em 1: 500.000**. IPT/Pró-Minério, São Paulo, v. 2, 1981.
- BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, M.A.; STEIN, D.P. **Geologia das Folhas Barra do Chapéu (SG.22-X-B-I-4) e Araçaíba (SG.22-X-F-II-3), Estados de São Paulo e Paraná**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas/Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais, 3 v. Relatório 22.150, 1985.
- BOYNTON, W.V. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: HENDERSEN, P. (Coords). **Rare earth element geochemistry**. Elsevier Amsterdam, p. 63-114, 1984.
- CAMPANHA, G.A.C. **Tectônica proterozoica no Alto e Médio Vale do Ribeira, Estados de São Paulo e Paraná**. São Paulo, 1991. 296 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- CAMPANHA, G.A.C. **O papel do sistema de zonas de cisalhamento transcorrentes na configuração da porção meridional da Faixa Ribeira**. São Paulo, 2002. 105 p. Tese Livre (Docência), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- CAMPANHA, G.A.C. & SADOWSKI, G.R. Tectonics of the Southern Portion of the Ribeira Belt (Apiá Domain). **Pre-cambrian Research**, v. 98, p. 31-51, 1999.
- CAMPANHA, G.A.C.; GIMENEZ FILHO, A.; CAETANO, S.L.V.; PIRES, F.A.; DANTAS, A.S.L.; TEIXEIRA, A.L.; DEHIRA, L.K. **Geologia das folhas Iporanga (SG-22-X-B-V-2) e Gruta do Diabo (SG-22-X-B-VI-1), Estado de São Paulo**. São Paulo: PROMINÉRIO/IPT, Relatório 22.352, 1985.
- CAMPANHA, G.A.C.; GIMENEZ FILHO, A.; CAETANO, S.L.V.; PIRES, F.A.; DANTAS, A.S.L.; TEIXEIRA, A.L.; DEHIRA, L.K. Geologia e estratigrafia da região das folhas Iporanga e Gruta do Diabo, Vale do Ribeira, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. **Anais...**Goiânia: Sociedade Brasileira de Geologia, 1986.
- CAMPANHA, G.A.C.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, M.A. Considerações sobre a organização litoestratigráfica e evolução tectônica da faixa de dobramentos Apiá. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 3, 1987, Curitiba. **Atas...**Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1987, v. 2, p. 725-742.
- CAMPANHA, G.A.C.; FALEIROS, F.M.; BASEI, M.A.S.; TASSINARI, C.G. Geocronologia do terreno Apiá no sul do estado de São Paulo. In: ANOS DE GEOCRONOLOGIA NO BRASIL, 45, 2009, São Paulo. **Boletim de Resumos Expandidos...**São Paulo: Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo, 2009, p. 220-221.
- CAMPANHA, G.A.C. BASEI, M.A.S.; FALEIROS, F.M.; TASSINARI, C.G.; NUTMAN, A.; VASCONCELOS, P.; DANTAS, E.L. Geocronologia da porção meridional da faixa Ribeira no sul do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 45, 2010, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 2010.
- CAMPANHA, G.A.C.; FALEIROS, F.M.; BASEI, M.A.S.; TASSINARI, C.C.G.; NUTMAN, A.P.; VASCONCELOS, P.M. Geochemistry and age of mafic rocks from the Votuverava Group, southern Ribeira Belt, Brazil: Evidence for 1490Ma oceanic back-arc magmatism. **Precambrian Research**, v. 266, p. 530-550, 2015.
- CORDANI, U.G.; BITTENCOURT, I.; BITTENCOURT, J.S.; GOMES, C.B.; LELIS, H.S.; MELFI, A.J. Geologia da Folha de Guapiara, SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. **Boletim de Resumos...**São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1971, p. 176.
- CORDANI, U.G.; SATO, K.; TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; BASEI, M.A.S. Crustal evolution of the South American platform. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Eds.) **Tectonic evolution of South America**, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000, p. 19- 40.
- DALL'AGNOL, R. & OLIVEIRA, D.C. Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: Implications for classification and petrogenesis of A-type granites. **Lithos**, v. 93, p. 215-233, 2007.
- DEBON, F. & LE FORT, P. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. **Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences**, v. 73, p. 135-149, 1983.
- DEBON, F.; LE FORT, P.; SABATÉ, P. Uma classificação químico-mineralógica das rochas plutônicas comuns e suas associações, método e aplicações. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 18, n. 2, p. 122-133, 1988.
- FALEIROS, F.M. **Zona de Cisalhamento Ribeira: deformação, metamorfismo e termobarometria de veios sintectônicos**. São Paulo, 146 p., 2003. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- FALEIROS, F.M. **Evolução de terrenos tectono-metamórficos da Serrania do Ribeira e Planalto Alto Turvo (SP, PR)**. São Paulo, 306 p., 2008. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- FALEIROS, F.M.; CAMPANHA, G.A.C.; BELLO, R.M.S.; FUZIKAWA, K. Quartz recrystallization regimes, c-axis texture transitions and fluid inclusion reequilibration in a prograde greenschist to amphibolite facies mylonite zone (Ribeira Shear Zone, SE Brazil). **Tectonophysics**, v. 485, p. 193-214, 2010.
- FALEIROS, F.M.; CAMPANHA, G.A.C.; MARTINS, L.; VLACH, S.R.F.; VASCONCELOS, P.M. Ediacaran high-pressure collision metamorphism and tectonics of the southern Ribeira Belt (SE Brazil): evidence for terrane accretion and dispersion during Gondwana assembly. **Pre-cambrian Research**, v. 189, n. 3-4, p. 263-291, 2011.
- FALEIROS, F.M.; MORAIS, S. M.; CROSTA, V.S. **Geologia e Recursos minerais da Folha Apiá – SG.22-X-B-V**, Estados de São Paulo e Paraná, Escala 1:100.000 – São Paulo: CPRM, 107 p. 2012.
- FIORI, A.P. **Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui a norte de Curitiba**. São Paulo, 1990. 261 p. Tese (Livre Docência), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- FIORI, A.P. Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui, PR. **Boletim IG-USP. Série Científica**, v. 23, p. 55-74, 1992.
- FIORI, A.P. Evolução geológica da bacia Açungui. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 42, p. 7-27, 1994.
- FRANCISCONI, O. **Mapa Geológico, Folha Guapiara (SG.22-X-B-II) escala 1:100.000, (com nota explicativa)**. In: SILVA, A.T.S.F.; FRANCISCONI, O.; GODOY, A.M.; BATOLLA JR, F. Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira. Relatório Final. São Paulo, DNP/CPRM, v. 2, 1981.
- FRASCÁ, M.H.B.O.; CAMPANHA, G.A.C.; FIGUEIREDO, M.C.H.; SADOWSKI, G.R. Geoquímica e ambiência tectônica de metabasitos do alto e médio Vale do Ribeira, São Paulo e Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 1, p. 41-48, 1997.
- FUCK, R.A.; MARINI, O.J.; TREIN, E. Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 23, p. 183-221, 1967.
- GIMENEZ FILHO, A. **Evolução do Complexo Granítico Três Córregos a noroeste da Apiá – SP**. São Paulo, 1993, 118 p. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- GIMENEZ FILHO, A.; TEIXEIRA, W.; FIGUEIREDO, M.C.; TREVIZOLI JÚNIOR, L.E. Geologia, Petrografia e Litogeoquímica do Complexo Granítico Três Córregos na Região de Barra do Chapéu e Ribeirão Branco, SP. São Paulo.

- Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 2, p. 92-106, 1995.
- GODOY, A.M. **Caracterização Faciológica, Petrográfica e Geoquímica dos Maciços Sorocaba e São Francisco, SP**. São Paulo, 1989. 221 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências-Universidade de São Paulo.
- GODOY, A.M. **Estudos Geológicos das Rochas Granitoides e Metamórficas e suas Aplicações como Rochas Ornamentais e de Revestimento**. Rio Claro, 2003. 243 p. Tese (Livre Docência), Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista.
- GODOY, A.M.; VIEIRA, O.A.R.P.; LEITE JUNIOR, W.B.; HACKSPACHER, P.C.; MATA, S.P.; ZENERO, J.M. Geologia e Tectônica da Folha Topográfica de Capão Bonito na Escala 1:50.000, Sudeste do Estado de São Paulo. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 38, n. 1, p. 51 - 71, 2019.
- HACKSPACHER, P.C.; DANTAS, E.L.; SPOLADORE, A.; FETTER, A.H., OLIVEIRA, M.A.F. Evidence of Neoproterozoic back arc basin development in the Central Ribeira Belt, Southeastern Brazil new geochronological and geochemical constraints from São Roque Açungui groups. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 1, p. 110-114, 2000.
- HARKER, A. **The Natural History of Igneous Rocks**. London, Methuen, 384 p., 1909.
- HASUI, Y. A grande Colisão Pré-Cambriana do Sudeste brasileiro e a Estruturação Regional. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.
- HASUI, Y. Sistema Orogênico Mantiqueira. In: HASUI, Y., CARNEIRO, C.D.R., ALMEIDA, F.F.M.A., BARTORELLI, A. (org.) **Geologia do Brasil**. São Paulo, Beca, p. 331- 372, 2012.
- HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. Província Mantiqueira. Setor Central. In: ALMEIDA, F.F. & HASUI, Y. (Eds). **O Pré-cambriano do Brasil**. São Paulo, p. 308-344, 1984.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. Os Granitos e Granitoides da Região de Dobramentos Sudeste nos Estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, 1978, Recife. **Anais**...Recife: Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, p. 2579-2593.
- HASUI, Y.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. O embasamento Pré-Cambriano e Eopaleozoico em São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo, Escala 1.500.000**. São Paulo, SP, Brasil, v. 1, p. 12-45, 1981.
- HEILBRON, M.; SOARES, A.C.P.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. Província Mantiqueira. In: **Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, Ed. DECA, 2004, p. 203-234.
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; VALLADARES, C.S.; MACHADO, N.A. Orogênese Brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, n. 4, p. 249-266, 1995.
- LAMEYRE, J. & BOWDEN, P. Plutonic Rock Types Series: Discrimination of Various Granitoids Series and Related Rocks. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 14, n. 1-2, p. 169-186, 1982.
- MANIAR, P.D. & PICOLLI, P.M. Tectonic Discrimination of Granitoids. **Geological Society of America Bulletin**, v. 101, p. 635-643, 1989.
- MARINI, O.J.; TREIN, E.; FUCK, R.A. O Grupo Açungui no Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 23/25, p. 43-103, 1967.
- MATA, S.P.; VIEIRA, O.A.R.P.; GODOY, A.M. Geologia do Maciço Correas, Sudeste do Estado de São Paulo. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 39, n. 2, p. 297-316, 2020a.
- MATA, S.P.; GODOY, A.M.; VIEIRA, O.A.R.P.; LUVIZOTTO, G. Litogeoquímica e Química Mineral das Rochas do Maciço Correas. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 39, n. 3, p. 609-630, 2020b.
- MELFI, A.J.; MELCHER, G.C.; CORDANI, U.G.; DAMASCENO, E.C.; GIRARDI, V.A.V.; GOMES, C.B.; LELLIS, H. Geologia da Folha de Apiaí, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971, São Paulo. **Boletim de Resumos**...São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1971, p. 194, 1971.
- MELCHER, G.C.; CORDANI, U.G.; DAMASCENO, E.C.; GIRARDI, V.A.V.; GOMES, C.B., LELLI, S.H.S.; MELFI, A.J. Geologia das Rochas Pré-Cambrianas do Vale do Rio Ribeira de Iguape. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971a, São Paulo. **Boletim de Resumos**...São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1971a, p. 193.
- MELCHER, G.C.; CORDANI, U.G.; DAMASCENO, E.C.; GIRARDI, V.A.V.; GOMES, C.B., LELLI, S.H.S.; MELFI, A.J. Geologia da Folha de Apiaí, SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971a, São Paulo. **Boletim de Resumos**...São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1971b, p. 194.
- MELCHER, G.C.; GOMES, C.B.; CORDANI, U.G.; BETTENCOURT, J.S.; DAMASCENO, E.C.; GIRARDI, V.A.V.; MELFI, A.J. Geologia e petrologia das rochas metamórficas e graníticas associadas do Vale do Rio Ribeira de Iguape, SP e PR. **Revista Brasileira de Geologia**, v. 3, n. 2, p. 97-123, 1973.
- MELLO, I.S.C. **Geologia e aspectos metalogenéticos do Maciço Itaoca, Vale do Ribeira, SP e PR**. São Paulo, 1995. 167 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- MELLO, I.S.C. & BETTENCOURT, J.S. Geologia e gênese das mineralizações associadas ao Maciço Itaoca, Vale do Ribeira, SP e PR. **Brazilian Journal of Geology**, v. 28, n. 3, p. 257-268, 1998.
- MIDDLEMOST, E.A.K. **Magma and magmatic rocks. An Introduction to Igneous Petrology**. Longman, London, 266 p., 1985.
- MORGENTAL, A.; BATTOLA JÚNIOR, F.; PINTO, G.G.; PAIVA, I.P.; DRUMOND, J.B.V. **Projeto Sudelpa: relatório final**. São Paulo. SUDELPA/CPRM. 18 v., 1975.
- MORGENTAL, A.; BATTOLA JÚNIOR, F.; PINTO, G.G.; PAIVA, I.P.; DRUMOND, J.B.V. **Projeto Geoquímica no Vale da Ribeira**, DNPM/CPRM, 8 v., 1978.
- PAIVA, I.P.; ALGARTE, J.P.; COLANERI, S.; LOPES JR., I.; RODRIGUES, J.C.; SÁ, L.C.M. **Projeto Leste do Paraná; Folha Apiaí (SG.22-X-B-IV), Brasil**. Relatório Final. São Paulo. DNPM/CPRM, 1977.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. **Journal of Petrology**, v. 25, p. 956-983, 1984.
- PERROTTA, M.M. **Potencial aurífero de uma região no vale do Ribeira, São Paulo, estimado por modelagem de dados geológicos, geofísicos, geoquímicos e de sensores remotos num sistema de informações geográficas**. São Paulo. 1996. 149 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo, São Paulo
- PERROTTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINHO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:750.000. Programa Geologia do Brasil-PGB, CPRM, São Paulo, 2005.
- PETRI, S. & SUGUIO, K. Sobre os metassedimentos do grupo Açungui do extremo sul do estado de São Paulo. São Paulo. **Serviços de Serviços e Obras Públicas/Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP**, p. 1-98, 1969.
- PRAZERES FILHO, H.J. **Litogeoquímica, geocronologia (U-Pb) e geologia isotópica dos complexos graníticos Cunhaporanga e Três Córregos, estado do Paraná**. São Paulo. 2001. 180 p. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- PRAZERES FILHO, H.J. **Caracterização geológica e petrogenética do Batólito Granítico rês Córregos (PRSP): geoquímica isotópica (Nd-Sr-Pb), idades (ID-TIMS/SHRIMP) e $\delta^{18}O$ em zircão**. São Paulo, 2005. 207 p. Tese

- (Doutorado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- PRAZERES FILHO, H.J.; HARARA, O.M.; BASEI, M.A.S.; PASSARELLI, C.R.; SIGA JR, O. Litoquímica, geocronologia U-Pb e geologia isotópica (Sr-Nd-Pb) das rochas graníticas dos batólitos Cunhaporanga e Três Córregos na porção sul do Cinturão Ribeira, Estado do Paraná. São Paulo, **Boletim IG-USP/Serie Científica**, v. 3, p. 51-70, 2003.
- SANTOS, T.M.B.; TASSINARI, C.C.G; FONSECA, P.E. Diachronic collision, slab break-off and long-term high thermal flux in the Brasiliano–Pan-African orogeny: Implications for the geodynamic evolution of the Mantiqueira Province. **Precambrian Research**, v. 260, p. 1-22, 2015.
- SILVA, A.T.S.F. Mapa Geológico, Folha Apiaí (SG.22-X-B-V) escala 1:100.000, (com nota explicativa). In: SILVA, A.T.S.F.; FRANCISCONI, O.; GODOY, A.M.; BATOLLA JR, F. **Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira**. Relatório Final. São Paulo, DNP/CPRM, 1981.
- STRECKEISEN, A.L. Plutonic rocks: classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommittee on the systematics of igneous rocks. **Geotimes**, n. 18, p. 26–30, 1976
- TASSINARI, C.C.G. & MELLO, I.S.C. A idade e a origem das mineralizações do Granitoide Itaoca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Camboriú, 1994. **Anais...**Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1994, p. 304.
- TASSINARI, C.C.G.; BARBOUR, A.P.; DAITX, E.C.; SATO, K. Aplicação dos isótopos de Pb-Sr na determinação da natureza das fontes das mineralizações de chumbo do Vale do Ribeira - SP e PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. Natal, 1990. **Anais...**Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, n. 3, p. 1254-1266, 1990.
- TAYLOR, W.P. Intrusion and differentiation of granitic magma at high level in the crust: the Puscao Pluton. Lima, Peru. **Journal of Petrology**, v. 17, n. 2, p. 194–218, 1976.
- THOMPSON, R.N. British Tertiary volcanic province. **Journal of Geology**, v. 18, p. 49-107, 1982.
- VIEIRA, O.A.R.P.; GODOY, A.M.; HACKSPACHER, P.C.; LEITE JUNIOR, W.B. Contexto Estrutural da Área da Folha Topográfica Guapiara. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 37, n. 3, p. 505-521, 2018a.
- VIEIRA, O.A.R.P.; GODOY, A.M.; LEITE JUNIOR, W.B.; HACKSPACHER, P.C. Geologia da Folha Topográfica Guapiara na escala 1:50.000. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 37, n. 2, p. 263-277, 2018b
- WEAVER, B. & TARNEY, J. Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. **Nature**, v. 310, p. 575-57, 1984.
- WERNICK, E. Aspectos petrológicos dos granitóides da Província Ribeira, SP e PR. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, Rio Claro, 1979. **Anais...**Rio Claro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1979, v. 1, p. 101-116.
- ZENERO, J.M.; VIEIRA, O.A. R.P.; GODOY A.M. Geologia e Litogeoquímica do Batólito Itaoca, Sul do Estado de São Paulo. **Geociências**, v. 39, n. 2, p. 317-242, 2020.

Submetido em 6 de agosto de 2021

Aceito para publicação em 13 de dezembro de 2021