

**GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E QUÍMICA MINERAL DOS STOCKS
GRANÍTICOS RAPA KIVI CAMPINA DO VEADO E SANTA BLANDINA,
SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

*GEOLOGY, GEOCHEMISTRY AND MINERAL CHEMISTRY OF CAMPINA DO VEADO AND
SANTA BLANDINA RAPA KIVI GRANITE STOCKS, SOUTHWEST OF SÃO PAULO STATE*

**Antonio Misson GODOY¹, Otávio Augusto Ruiz Paccola VIEIRA², Larissa Marques
Barbosa de ARAÚJO³, Daniel Françoso de GODOY⁴**

¹Departamento de Geologia – Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) - Univ. Estadual Paulista (UNESP).

Av. 24A, 1551-Bela Vista, Rio Claro (SP), Brasil. Email: antonio.godoy@unesp.br

²Pós-Graduação em Geociências - IGCE- UNESP. Email: otaviovieirageo@gmail.com

³Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, KM 1, Rodovia LMG-746, Monte Carmelo, Brasil.
E-mail: larissamarquesba@gmail.com

⁴Assistente de Suporte Acadêmico. Departamento de Geologia – IGCE- UNESP. E-mail: daniel.godoy@unesp.br

Introdução
Geologia regional
Geologia local
Aspectos geomorfológicos
Aspectos estruturais
Aspectos metamórficos
Aspectos aerogamaespectrométricos
Aspectos faciológicos
Aspectos petrográficos
Química mineral
Litogeoquímica
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - Os *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina localizam-se na região sudoeste do estado de São Paulo, no município de Nova Campina, intrusivos em rochas da sequência metavulcanossedimentares do Grupo Itaiacoca. Os corpos encontram-se relacionados à evolução da granitogênese *rapakivi* neoproterozoica da parte norte do Terreno Apiaí e da Província Mantiqueira Central. As rochas do Campina do Veado abrangem uma área de aproximadamente 20 km² e as suas rochas ocorrem no leito do rio Taquari Guaçu, na interface dos contrafortes erosivos da Unidade Geomorfológica da Depressão Periférica, a partir de rochas dos grupos Furnas e Itararé da sequência sedimentar da Bacia do Paraná. O corpo de Santa Blandina, de aproximadamente 4 km², é identificado por pequenas ocorrências isoladas de rochas graníticas. As rochas são representadas por variedades graníticas de coloração rósea a vermelha, rara ocorrência cinza, isotrópicos e porfíricas a equi- a inequigranulares, com variedades viborgíticas e apresentando como mineral máfico preservado somente a biotita. As rochas podem ser distinguidas por composições monzograníticas, sienograníticas e álcali granitos, além das rochas das fases tardias aplíticas e pegmatíticas. O magmatismo dos *stocks* graníticos demonstra uma forte relação de semelhanças entre as suas rochas, sugerindo constituir em um mesmo corpo. Os granitos *rapakivi* são peraluminosos e podem ser correlacionados à séries cálcio-alkalina alto potássio a shoshonítica, do Tipo I Caledonianos, pós-colisional a anorogênico de intraplaca, altamente diferenciado e da fase final da construção do Arco Magmático Ribeira ou associado aos granitos peraluminosos alcalinos do tipo A. Estão associados às estruturas transtensivas das zonas de cisalhamento do final do evento colisional da Orogênese Ribeira e reflete o arranjo final geotectônico de estabilização do Terreno Apiaí.

Palavras-Chave: Granito Campina do Veado. Granito Santa Blandina. *Rapakivi*. Geoquímica. Química mineral.

ABSTRACT - The Campina do Veado and Santa Blandina granitic stocks are located in the southwest region of São Paulo state, in the municipality of Nova Campina, intrusive in the Itaiacoca Group's metavolcanosedimentary sequence rocks. These bodies are related to the evolution of neoproterozoic *rapakivi* granitogenesis northern part of Apiaí Terrain, Central Mantiqueira Province. The Campina do Veado rocks covers an area of approximately 20 km² and occur in the Taquari Guaçu river bed, at the Peripheral Depression Geomorphological Unit erosive buttresses, from Furnas and Itararé groups rocks of the Paraná Basin sedimentary sequence. The Santa Blandina stock of approximately 4 km² is identified by small occurrences of isolated granitic rocks. The rocks are represented by pink to red color granitic varieties, a rare occurrence of gray, isotropic and porphyritic to equi- to inequigranular, with viborgitic varieties and presenting only biotite as mafic mineral. The rocks can be distinguished by monzogranitic, syenogranitic and alkali granite compositions, in addition to late aplitic and pegmatitic phases rocks. The granitic stocks magmatism demonstrates a strong relationship of similarities between its rocks, suggesting constituting the same body. These *rapakivi* granites are peraluminous belonging to the high potassium to shoshonitic calcium-alkaline series, Caledonian I-type, post-colisional to intra-plate anorogenic, highly differentiated, from the final magmatic arch construction phase or similar to A-type granites. It is correlated to shear zones transtensional structures at the end of Ribeira Orogenesis collisional event and reflects the stabilization of the Apiaí Terrain final geotectonic arrangement.

Keywords: Campina do Veado Granite. Santa Blandina Granite. *Rapakivi*. Geochemistry. Mineral chemistry.

INTRODUÇÃO

Os *stocks* graníticos *rapakivi* Campina do Veado e Santa Blandina demonstram uma forte semelhança quanto aos aspectos da sua disposição areal, composicional, textural e geoquímica. Os *stocks* estão localizados a sudoeste do estado de São Paulo e inserem-se na Microrregião de Capão Bonito, na porção oeste da Folha Topográfica de Ribeirão Branco (SG.22-X-B-II-4) em escala 1:50.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

O *stock* Campina do Veado constitui um corpo com exposição inferior a 20 Km² e se localiza a sudoeste do antigo município homônimo, atualmente denominado de Nova Campina. Suas rochas ocorrem na interface dos contrafortes erosivos da Unidade Geomorfológica da Depressão Periférica com o Planalto Atlântico.

Os litotipos graníticos afloram no fundo do vale, no leito do rio Pirituba, atualmente Taquari Guaçu, intrusivos em rochas supracrustais metavulcanossedimentares de idade neoproterozoica do Grupo Itaiacoca.

Estes agrupamentos rochosos constituem na área o embasamento das rochas sedimentares dos Grupos Furnas e Itararé da sequência sedimentar da Bacia do Paraná, que afloram em escarpas de até 100 m de altura. É uma área de difícil acesso, reconhecida desde o início da década de 1890, a partir das construções da Estrada de Ferro Sorocabana – Ramal Itararé e da Usina Hidrelétrica São José, no rio Taquari-Guaçu.

O *stock* Santa Blandina é identificado por três ocorrências pequenas e isoladas, intrusivas em metassedimentos do Grupo Itaiacoca e, localizadas na direção nordeste, a aproximadamente 5 km do *stock* Campina do Veado, sendo que o principal corpo granítico, de aproximadamente 4 km², ocorre nas proximidades da Mina de Cobre Santa Blandina, conhecida desde 1941.

Estas associações metassedimentares mineralizadas compreendem a principal ocorrência de minerais de cobre em escarnito, identificadas nos trabalhos iniciais de Barbosa (1960a, b); Melfi (1964); Petri & Fulfaro (1967) *apud* Arruda (1971), na tese “Mineralogia da Mina de Cobre de Santa Blandina, em Itapeva, Estado de São Paulo”.

Não foram reconhecidas duas pequenas exposições graníticas que afloram nas proximidades: a do Bairro Antunes e a do Bairro SANBRA, identificadas nos trabalhos de Theodorovicz et al. (1986, 1988).

Regionalmente, os *stocks* estão inseridos na Província Mantiqueira (Almeida et al., 1977; Hasui & Oliveira, 1984), na parte sul do Cinturão de Dobramentos Sudeste e na Faixa Ribeira (Almeida et al., 1977; Hasui et al., 1975). A região situa-se na porção norte do Terreno Apiaí e está relacionada a evolução da granitogênese neoproterozoica da Província Mantiqueira Central (Heilbron et al., 2004; Hasui, 2012).

O Terreno Apiaí, na área, compreende duas sequências de rochas supracrustais metavulcanossedimentares de idades meso- a neoproterozoicas, sendo uma delas de baixo grau metamórfico, em que ocorrem intrusivos os litotipos dos *stocks*, referentes às rochas do Grupo Itaiacoca (Kaefer & Alagarte, 1972; Theodorovicz et al., 1986; Campanha, 1991, 2002; Sallun Filho, 1999; Hiruma et al., 2007), com exposição, a norte da Zona de Cisalhamento Itapirapuã (ZCI). A sul desta zona de cisalhamento expõem-se as rochas de médio grau metamórfico da Formação Água Clara do Supergrupo Açungui (Campanha, 1991, 2002; Campanha & Sadowski, 1999).

O domínio das suítes graníticas intrusivas neoproterozoicas é representado pelos granitos sin-colisionais do Complexo Granítico Três Córregos (Fuck et al., 1967; Prazeres Filho, 2001, 2005; Prazeres Filho et al., 2003; Janasi et al., 2001) e pelos granitos pós-colisionais Correias (Goraieb, 1995, 2001, Mata et al., 2020a, b), Sguario (Brumatti et al., 2011), Campina do Veado e Santa Blandina (Theodorovicz et al., 1986, 1988). A oeste da área ocorrem as exposições de rochas sedimentares dos Grupos Furnas e Itararé, além dos sedimentos recentes associados à Bacia do Paraná. Regionalmente, ocorre uma série de diques básicos de direção geral NW-SE, associado ao magmatismo Serra Geral (Jurocretáceo) (Figura 1A e B).

O padrão estrutural final na área é definido por um forte controle tectônico associado às zonas de cisalhamento rúpteis/dúcteis de direção NE-SW e com a presença de grandes dobras (anticlinais e sinclinais), identificadas nas rochas metassedimentares do Grupo Itaiacoca, bem como na orientação geral imposta aos corpos graníticos.

A geologia da região encontra-se inicialmente definida nos mapas geológicos de integrações do estado de São Paulo em escala 1: 500.000, elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas -

IPT (Bistrichi et al., 1981, Almeida et al., 1981).

No mapa em escala 1: 750.000 elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Perrotta et al., 2005), já se encontram individualizados os *stocks* graníticos pós-tectônicos Campina do Veado e Santa Blandina.

Na figura 1A, a suíte pós-tectônica é representada pelos plútons e batólitos graníticos, numerados de 1 a 10 e que apresentam colocação em níveis crustais epizonais, acompanhando a atual estruturação da borda da Bacia do Paraná.

Representam o início da extensão crustal, associada a um processo de escape tectônico, com reativações de inúmeras zonas de cisalhamento transcorrentes, a exemplo da Zona de Cisalhamento Itapirapuã, que seriam responsáveis pela movimentação e posicionamento final dos blocos crustais e consequentemente no controle e disposição dos corpos graníticos (Godoy, 1989; 2003). A figura 1B representa o detalhe da área com os *stocks* em estudo.

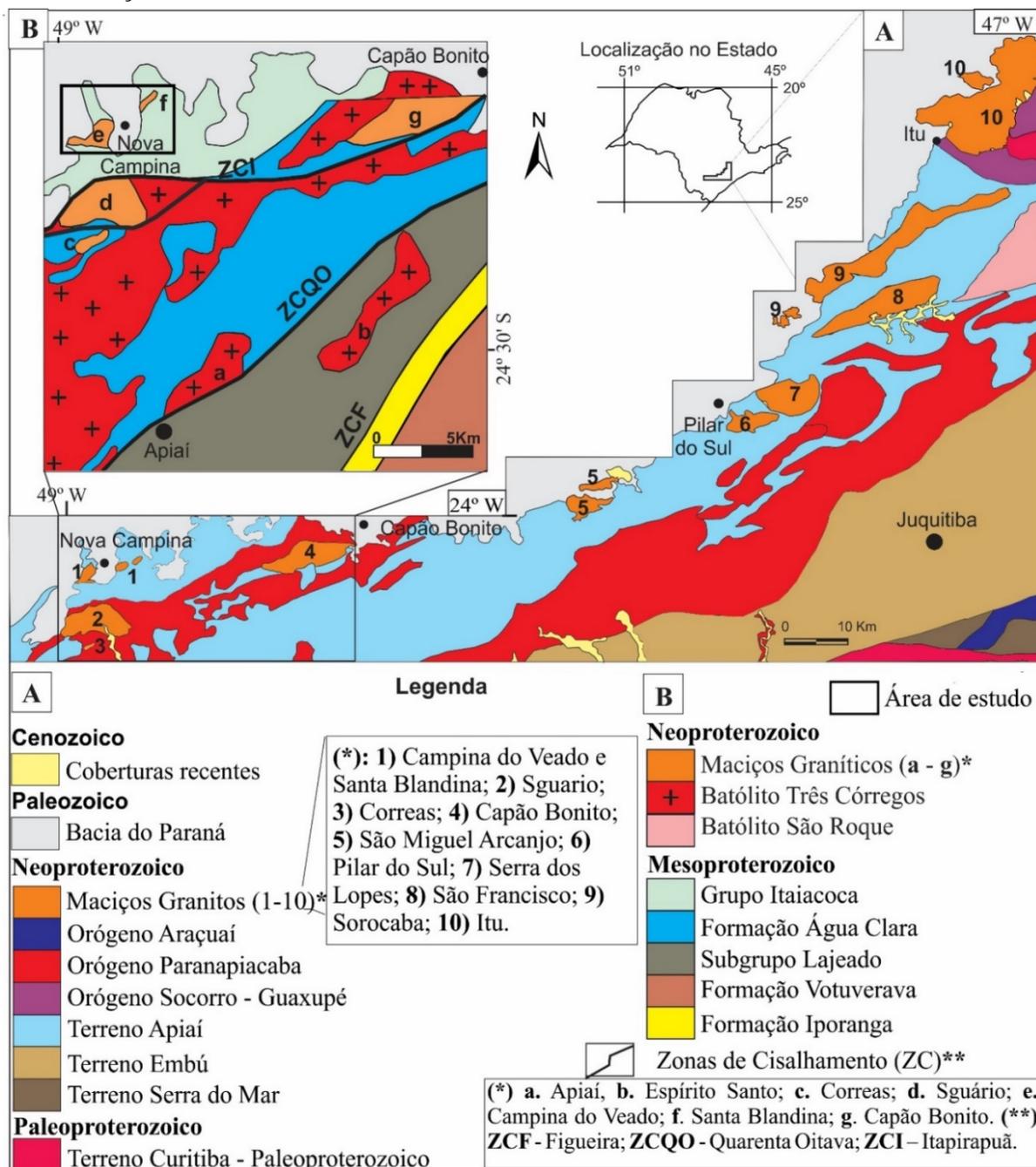


Figura 1 - A) Mapa do Pré-Cambriano do estado de São Paulo com a disposição dos principais corpos graníticos pós-orogênicos a anorogênicos. Mod. de CPRM (2003). B) Detalhamento das principais unidades geológicas no entorno dos *stocks* Campina do Veado e Santa Blandina. Mod. de Prazeres Filho et al. (2005).

Este trabalho tem o propósito de apresentar os dados resultantes da investigação cartográfica, geológica, petrográfica, geoquímica e de química mineral, com enfoque principalmente nas rochas graníticas *rapakivi* dos *stocks* pós-tectônicos a anorogênicos do tipo A, identificados como

Campina do Veado e Santa Blandina.

Tem também o intuito de discutir os ambientes extensionais tardios, pós-colisionais, correlacionados a evolução final do arco magmático e fundamental à compreensão da evolução petrogenética e da tectônica deste importante episódio tectônico magmático do

sudoeste do estado de São Paulo.

Este magmatismo tardio representa importante fase de registro do tipo *rapakivi* neoproterozoico do SW do estado de São Paulo. Constitui o último evento acrescionário de rochas graníticas, deformacional rúptil e de adição térmica, associados à Orogenia Ribeira.

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises químicas de rocha total e multielementar para elementos maiores, menores, traços e elementos terras raras, das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina, foram realizadas no laboratório de geoquímica - SGS Geosol Laboratórios Ltda., Belo Horizonte, MG.

Para análise dos elementos maiores (concentração em %) foram utilizados para quantificação Fluorescência de Raios X, através de pastilha fundida em meio com tetraborato de lítio. 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.

As análises químicas qualitativas e semi-quantitativas foram feitas nos laboratórios do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) – Campus de Rio Claro e realizadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica, utilizando-se Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) modelo JEOL-JSM-6010LA, com detector de EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectrometer*) acoplado.

Análises químicas quantitativas de minerais foram realizadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica da marca JEOL modelo JXA-8230 Superprobe, acoplado a 5 detectores de WDS (*Wavelength Dispersive X-Ray Spectrometer*), sob condições de 15 kV em minerais silicáticos formadores de rocha. Foram analisados plagioclásio, feldspato potássico e mica (biotita), escolhidos por critérios petrográficos de acordo com a associação mineral de interesse.

GEOLOGIA REGIONAL

Os metassedimentos da Formação Itaiacoca foram definidos inicialmente por Almeida (1957) e Petri & Suguio (1969) e, posteriormente, nomeados como Grupo Itaiacoca por Theodorovicz et al. (1988), Santoro et al. (1989), Rodrigues & Caltabeloti (2012) e Pereira et al. (2015).

Segundo Rodrigues & Caltabeloti (2012) o Grupo Itaiacoca corresponde a uma sequência de rochas metavulcanossedimentares de baixo grau metamórfico que ocorrem em uma faixa de direção NE-SW, fortemente afetadas por zonas de cisalhamento rúpteis/dúcteis e por intrusões graníticas.

O Grupo Itaiacoca regionalmente apresenta diversas propostas de arranjo estratigráfico, destacando-se os trabalhos de Bistrichi et al. (1985), Trein et al. (1985), Theodorovicz et al. (1986), Souza (1990), Reis Neto (1994) e Prazeres Filho et al. (1998).

Atualmente, o empilhamento litoestratigráfico das rochas do grupo é caracterizado por Rodrigues & Caltabeloti (2012), constituído, na

base, por uma sequência de rochas metapelíticas e metacarbonáticas de idade toniana (1030-908 Ma), correspondendo à Formação Água Nova e Unidade de Metabásicas e gradações para metassedimentos mais grossos constituindo as Formação Serra dos Macacos e Formação Bairro dos Campos.

No topo ocorrem rochas metavulcano-clásticas, metarenitos arcoseanos e metapelitos do final do Neoproterozoico (645-628 Ma), associados à Formação Abapã. Estas denominações adotadas foram referência aos trabalhos de Souza (1990) e Reis Neto (1994)

O mapeamento geológico inicial da área foi executado pela PROTEC - Projetos Técnicos e Obras de Engenharia Ltda. para o Departamento Nacional da Produção Mineral, denominado de “Projeto Ribeira” e, deve-se à síntese da evolução geológica da região aos trabalhos de Melcher et al. (1971, 1973).

A elaboração final deste projeto resultou na publicação, por vários membros da equipe, das

folhas topográficas, em escala 1: 100.000, de Apiaí, Eldorado, Capão Bonito, Cerro Azul, Itararé e a de Guapiara, que envolve a área de abrangência dos *stocks*, elaborado por Cordani et al. (1971).

O principal projeto institucional que envolve a área, realizado na década de 80, restringe-se a Algarte et al. (1973), no trabalho de pesquisa mineral realizado em 1972/1974 pelo convênio do 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.

As pesquisas pelo DNPM/CPRM no projeto “Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira” de Silva et al. (1981), culminaram na publicação dos mapas geológicos das folhas topográficas em escala 1:100.000, de Guapiara (SG.22-X-B-II) e Itararé (SG.22-X-B-I) por Francisconi et al. (1981a, b).

A região retorna a estudos institucionais com ênfase à prospecção mineral, a partir de trabalhos ligados ao Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), através de mapeamento geológico e de prospecção da Folha Capão Bonito em escala 1: 50.000 e de áreas dos municípios do entorno desta folha topográfica, por Chiodi Filho et al. (1983).

Trabalhos específicos na região foram realizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Superintendência Regional de São Paulo, através do Mapa Geológico da Folha Guapiara (SG. 22-X-B-II-2) (Takahashi et al., 1984).

Hasui et al. (1978) propõem a primeira sistematização das rochas granitoides para o estado de São Paulo em dois grandes conjuntos: os sintectônicos e os pós-tectônicos, a partir de dados petrográficos, estruturais, químicos e geocronológicos que possibilitaram a divisão das rochas em fácies dominantes: os sin-tectônicos, constituídos pela fácies migmatítica (tipo 1), englobam os corpos alongados segundo o *trend* regional das foliações, granulação grossa, equigranulares a porfiroides, com frequente caráter oftalmítico e anatéticos, similar à fácies migmatítica de Melcher et al. (1973); e à fácies Cantareira, que corresponde às rochas do Batólito Três Córregos, com os tipo 2 – Tremembé, 3 – Santa Evelina, 4- Pirituba, 5- Varejão, similar ao tipo porfiroide de Melcher et al. (1973).

Os pós-tectônicos são compostos pelos tipos

Graciosa e Itu, além das fácies Granofíricas localizadas, que constituem granitos de alta alcalinidade, tardios, não deformados discordantes, controlados por zonas de cisalhamento e dominando variedades inequigranulares a equigranulares a levemente porfiroides.

Kaul (1984) define para o sul do estado São Paulo e parte do Paraná e Santa Catarina, a ocorrência de *stocks* e pequenos batólitos de granitoides anorogênicos associados à Suíte Intrusiva Serra do Mar e que possuem várias características similares aos granitos tipo A. Neste conjunto inserem-se os *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina e ocorrências próximas, até então sem dominação (Sguario e Correa).

A divisão, individualização e caracterização dos corpos graníticos Sguario, Campina do Veado e Santa Blandina ocorrem no mapeamento geológico sistemático na escala de 1:50.000, definido no projeto de estudo das folhas “Engenheiro Maia (SG. 22-X-B-I-2) e Ribeirão Branco (SG.22-X-B-II-1)” por Theodorovicz et al. (1986), realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, para a Secretaria da Indústria e Comércio Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo (SICCT) e que resultou na divulgação deste mapeamento referente às áreas da folha por Theodorovicz et al. (1988).

Estes pequenos plútons graníticos intrusivos que ocorrem na área da Folha Topográfica de Ribeirão Branco foram agrupados como Suíte Granítica Intrusiva Pós-Tectônica e denominados de Capuavinha, Capote, Santa Blandina, bairro dos Antunes e SANBRA.

Rochas semelhantes às identificadas nesta suíte são encontradas na porção leste da Folha Itararé, onde ocorrem granitos tardios ao magmatismo principal, referidos por Gimenez Filho (1993); Gimenez Filho et al (1995); Goraieb (2001) e Prazeres Filho (2005) como granitos do tipo A (granitos anorogênicos), associados a ambientes tardi- a pós-orogênicos, com idade entre 590 a 560 Ma.

As rochas do Complexo Granítico Três Córregos ocorrem a sul da Zona de Cisalhamento Itapirapuã e são predominantemente constituídos por monzogranito inequigranular de granulação média a grossa a porfirítico, variando de coloração rósea a cinza.

Apresenta textura granoblástica, mas às vezes identifica-se uma foliação de baixo ângulo discreta, definida na orientação de fenocristais de

feldspato potássico e dos minerais ferromagnesianos da matriz. Próximo das zonas de cisalhamento impõe-se uma deformação milonítica de grau deformacional variado.

O Granito Sguário é um plúton de forma elíptica, zonado, com um núcleo de granito félsico de granulação fina e borda de biotita sienogranito inequigranular de granulação grossa a porfirítica (Gimenez Filho et al., 2000, Prazeres Filho, 2005, Brumatti et al., 2011).

O Maciço Correias constitui um *stock* granítico alongado de 5 km² na direção ENE-WSW e apresenta mineralizações associadas de cassiterita e volframita. É caracterizado pelas fácies biotita monzogranito porfirítico, biotita-muscovita sienogranito porfirítico e muscovita-zinnwaldita-albita granito porfirítico com topázio. São rochas peraluminosas pertencentes às séries cálcio-alcalina monzogranítica de alto potássio, shoshonítica a alcalina sódica. (Mata et al., 2020a, b).

Rodrigues & Caltabeloti (2012) no trabalho de mapeamento pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, abordando a Geologia e Recursos Minerais da Folha Itararé (SB.22-X-B-I), em escala 1:100.000, apresentam alguns plútons semelhantes aos definidos para Folha de Ribeirão Branco, constituídos por granitos leucocráticos a hololeucocráticos, avermelhados e de composição sienogranítica, onde se destaca a presença de textura do tipo *rapakivi*, denominados de granitos Rio Pirituba e Bairro da Serrinha e corpos menores que foram caracterizados como indiferenciados.

A granitogênese pós-orogênica a anorogênica na região, segundo Bittencourt & Nardi (1993), englobam corpos circunscritos, tardi- a pós-colisionais, com idades de 600 a 550 Ma, e incluem as variedades pós-tectônicas, subalcalinas (tipo-A) e variedades alcalinas e shoshoníticas, como o Granito Capão Bonito, Campina do Veado, Santa Blandina e Correias.

Vlach et al. (1990) reconhece o Cinturão *Rapakivi* Itu constituído por dezenas de plútons e complexos granitóides tardi- a pós-orogênicos associados ao ciclo Brasileiro, na região

sudoeste do estado de São Paulo.

Este conjunto magmático é subdividido em quatro associações de rochas, sendo que a unidade é caracterizada pelos plútons e batólitos compostos predominantemente por sienogranitos do tipo wiborgíticos Itu, São Francisco, Sguario e Campina do Veado.

Atualmente, dados geológicos disponibilizados na literatura e a presença localizada de estruturas rapakivíticas permitem a correlação do Maciço Capão Bonito como uma unidade do tipo wiborgítica (Godoy, 2003, Bolonini & Godoy, 2013), associada aos plútons e batólitos pós-tectônicos definidos na figura 1 por Godoy (1989; 2003), acompanhando a atual borda erosiva da Bacia do Paraná.

Este agrupamento de corpos magmáticos, que inclui o Complexo Sorocaba, foi denominado quimicamente por Wernick et al. (1997) como Província *Rapakivi* Itu. Wernick (1998; 2000) denomina o conjunto magmático de plútons e complexos granitóides tardi- a pós-orogênicos do Cinturão Itu (Vlach et al., 1990), associado à Faixa Ribeira, como Sistema Pluriserial Magma-tico Ribeira e ao conjunto dos granitos anarogênicos *rapakivi*, como constituintes de um arco magmático, de natureza *rapakivi*, da Faixa Ribeira.

A mais recente classificação envolvendo rochas granitoides desta área é a de Janasi & Ulbrich (1992), que subdividiu as rochas graníticas em seis conjuntos maiores, que representem grupos genéticos, com bases petrográfica, geoquímica, associação lítica e idades geocronológicas.

O conjunto de granitos brasileiros pós-orogênicos do tipo A, constituídos pelos *stocks* Sguario, Campina do Veado e Santa Blandina, correlacionam-se aos granitos do Tipo A, da série aluminosa (sienogranitos com biotita e Fe-edenita) do Cinturão Serra do Mar de Kaul (1984) ou com linhagem tipo I, Caledoniano (afinidade cálcio-alcalina de alto K) e linhagem de tipo A aluminoso do Cinturão Itu (Vlach et al. (1990).

GEOLOGIA LOCAL

As rochas dos *stocks* graníticos ocorrem na porção oeste da Folha Topográfica de Ribeirão Branco. A configuração metamórfica, magmática e tectônica da área, de modo geral, segue um padrão estrutural regional neoproterozoico, cujo principal *trend* se associa

à orientação NE-SW.

A organização da sequência metassedimentar na região teve como base a distribuição litoestratigráfica que compreende a sequência metavulcanossedimentar de idade meso- a neoproterozoica, de baixo grau metamórfico, que

ocorre a norte da Zona de Cisalhamento Itapirapuã, correlacionada ao Grupo Itaiacoca.

Associadas a esta sequência ocorrem rochas granitoides neoproterozoicas dos *stocks* Campina do Veado e Santa Blandina, além da cobertura de rochas sedimentares indivisas compostas por siltito e arenito conglomerático polimítico da Formação Furnas e arenito conglomerático do Grupo Itararé da Bacia do Paraná (Figura 2). Os corpos ígneos básicos são caracterizados por diques de direção geral NW, correlacionados ao magmatismo básico do Grupo Serra Geral.

As rochas dos *stocks* graníticos são intrusivas em rochas do Grupo Itaiacoca, que foi dividido na região em três unidades composicionais (A, B e C) por Theodorovicz et al. (1986, 1988). A unidade A é composta pelas sequências sedimentares terrígenas, representadas por quartzito; a unidade B é composta das sequências vulcânicas representada pelas metabásicas; e a unidade C, que predomina parcialmente no entorno dos *stocks*, é composta pelas sequências terrígenas mais finas representadas por metarritmito e filito sericítico, além da associação de metacalcário silicoso e carbonoso.

Esta sequência terrígena fina, constituinte da Unidade C, segundo, Rodrigues & Caltabeloti (2012) corresponde as rochas da sequência basal da Formação Itaiacoca, caracterizadas por uma sequência metapelítica e metacarbonática de idade toniana, nomeada de Formação Água Nova, na Folha Geológica de Itararé em 1:100.000.

As rochas do *Grupo Itaiacoca* são caracterizadas predominantemente por metarritmito intercalando filito, com alguma contribuição quartzosa, e quartzito fino. Essas camadas têm espessuras que variam desde decimétricas até métricas. O contato entre camadas é transicional e difícil de ser observado, uma vez que estas passagens se dão pelo enriquecimento em quartzo, a partir do aumento da espessura das camadas quartzíticas, enquanto que, em direção ao filito sericítico, as camadas apresentam a mesma tendência, só que nesse caso, ocorre um aumento significativo na porção de sericita e clorita. O filito sericítico tem uma foliação bem desenvolvida e são observadas intercalações com lentes de quartzito arcoseano.

A grande homogeneidade e quantidade de sericita e clorita, às vezes distribuídas em grandes pacotes, fazem com que estas rochas assumam um importante interesse econômico

para a indústria mineira da região.

Associam-se a este conjunto terrígeno rochas de natureza química representada principalmente por metacalcário dolomítico e/ou calcítico, as vezes silicoso ou não. É frequente a presença de material carbonoso associado. As rochas parafibrolíticas ocorrem na forma de pequenas ocorrências, com disposição alongada na direção geral NE-SW, concordantes com a direção geral das camadas metassedimentares carbonáticas.

Aspectos geomorfológicos

As rochas do *stock granítico Campina do Veado* afloram no leito do rio Taquari Guaçu, intrusivas em rochas metavulcanossedimentares terrígenas e químicas do Grupo Itaiacoca. Estas rochas constituem o embasamento das rochas sedimentares dos grupos Furnas e Itararé da sequência sedimentar da Bacia do Paraná, que afloram a partir de uma escarpa erosiva associada à Depressão Periférica.

As porções centrais do corpo encontram-se intensamente dissecadas e erodidas em direção a bacia de drenagem do rio Taquari-Guaçu. Os afloramentos dispõem-se na forma de matacões, parcialmente encobertos com solo ou expostos ao longo da drenagem.

Nas encostas das cuestas erosivas encontram-se taludes expressivos de rochas fragmentadas diversificadas de natureza sedimentar, não permitindo, por várias dezenas de metros o reconhecimento dos contatos bruscos das rochas ígneas e a discordância erosiva sedimentar.

Os melhores afloramentos observados se encontram dispostos ao longo da Estrada de Ferro Sorocabana – Ramal Itararé e da Usina Hidroelétrica São José.

As rochas do *stock granítico Santa Blandina* são identificadas por pequenas ocorrências de rochas graníticas isoladas, dispostas na direção geral NE-SW, a aproximadamente 5 km do corpo do *stock* Campina do Veado, paralelas ao evento deformacional de caráter milonítico e que impõem uma organização de um bandamento de natureza tectônica em quase totalidade das rochas metassedimentares. As ocorrências graníticas são identificadas por dois corpos ígneos denominados de Santa Blandina, sendo que ambos são intrusivos em metassedimentos químicos e terrígenos do Grupo Itaiacoca.

A ocorrência granítica principal, denominada de Santa Blandina é reconhecida por aflorar nas proximidades da Mina de Cobre Santa Blandina, constituída de corpos lenticulares de calcário,

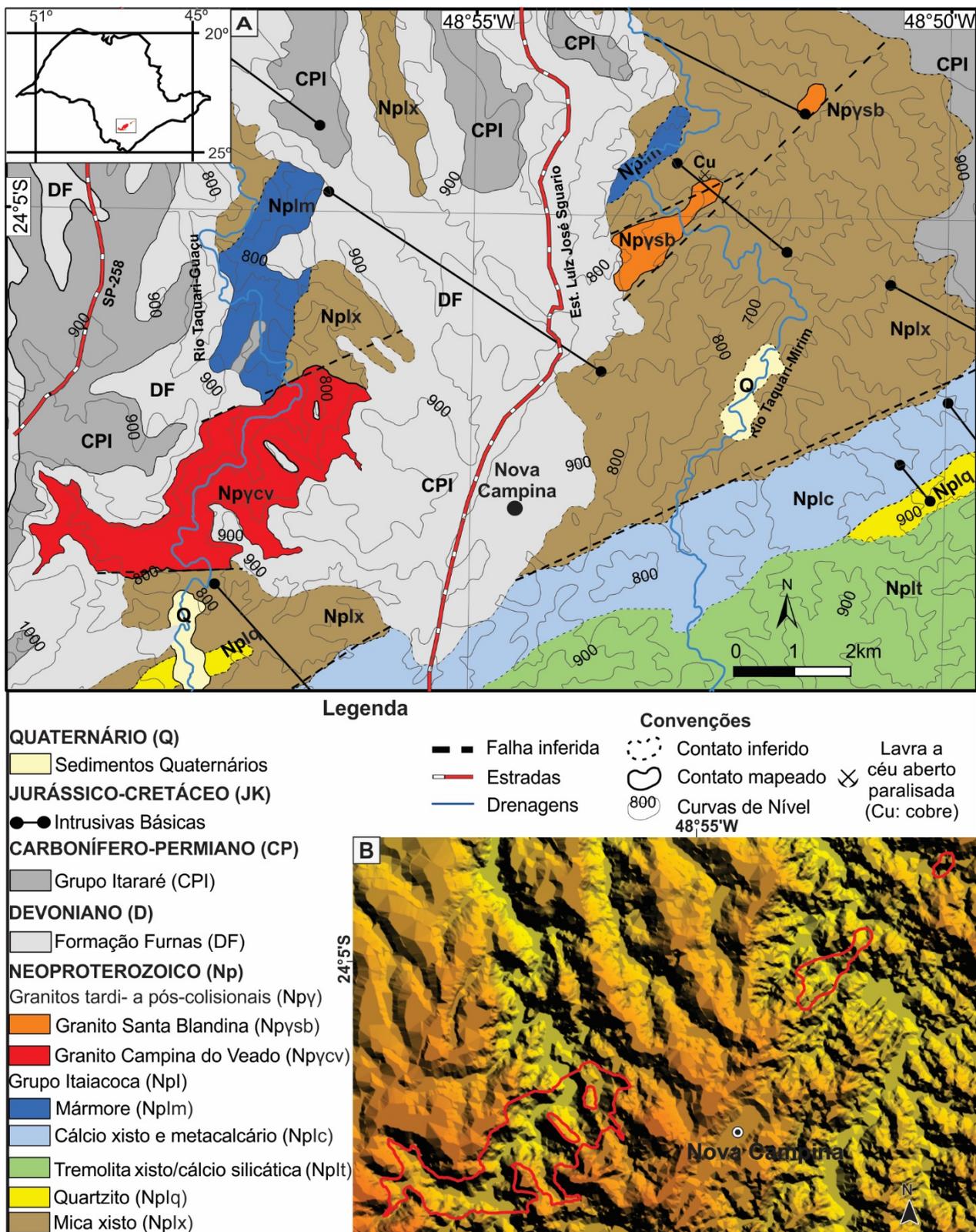


Figura 2 – A) Mapa geológico com as principais litologias da área. B) Imagem sobreposta ao modelo digital de elevação a partir de imagem do Satélite ALOS PALSAR, utilizadas na delimitação dos *stocks* granítico Campina do Veado e Santa Blandina.

intercalados nas rochas xistosas, originando escarnitos metassomáticos. Esses eventos relacionados às intrusões graníticas, possibilitaram a remobilização do cobre e a sua concentração nas rochas carbonáticas, sob a forma de filões sulfetados, com geração de mineralização

supérgenas de Cu.

Theodorovicz et al. (1986, 1988) apresentam para a área a Suíte Granítica Intrusiva Pós-Tectônica, em que agrupam os dois plútons graníticos intrusivos denominados de Santa Blandina, além da ocorrência do Bairro dos

Antunes (pequena exposição granítica que aflora, nas proximidades do bairro homônimo, a 3 km na direção nordeste do corpo principal) e a ocorrência denominada de Bairro da SANBRA, localizada no bairro homônimo, a 4 km na direção norte, sendo que ambas não foram reconhecidas em campo, provavelmente pelo pequeno tamanho e em razão de urbanizações nas áreas.

Aspectos Estruturais

O quadro estrutural da área fica evidente com os dados obtidos no mapeamento geológico da Folha Topográfica de Ribeirão Branco em 1:50.000 e nos trabalhos de áreas circunvizinhas de Vieira (2017); Vieira et al. (2018a, 2018b); Godoy et al. (2019) e Mata et al. (2020a, 2020b) e é constituído pelo arranjo deformacional-metamórfico identificado principalmente nas rochas epimetamórficas meso- a neoproterozoicas e parcialmente nas rochas graníticas.

A evolução estrutural é determinada por três fases deformacionais, definidas como D_1 , D_2 e D_3 , associadas aos eventos metamórficos M_1 , M_2 , M_3 . As estruturas primárias preservadas são identificadas principalmente nas regiões onde se preservam foliações de baixo ângulo, mas devido aos intensos processos de transposição das foliações, não são de fácil reconhecimento, mas sim paralelizadas a S_1 e S_2 , definidas 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 dobras isoclinais D_2 ou das dobras abertas D_3 , respectivamente.

Os dois eventos iniciais são relacionados a uma tectônica tangencial, ligada à fase colisional, conseqüente espessamento de massas crustais e colocação/deformação das rochas graníticas sin-colisionais do Complexo Granítico Três Córregos.

As fases progressivas D_1/D_2 encontram-se associadas às zonas de cavalgamento com formação de dobras isoclinais a recumbentes. O primeiro evento deformacional D_1 apresenta uma foliação plano-axial S_1 de baixo a médio ângulo e atitude preferencial N15E/21NW, representado por uma clivagem ardósiana ou xistosidade nos flancos dos dobramentos, predominantemente paralela a subparalela a S_0 .

A fase deformacional D_2 é definida por redobramentos assimétricos gerando uma clivagem ardósiana ou de crenulação S_2 , com atitude média de N52E/44SE, 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.

Associado à fase tectônica dúctil D_2 , ocorrem a colocação e deformação das rochas sin-colisionais do Complexo Granítico Três Córregos, vista principalmente na reorientação dos minerais máficos (biotita e hornblenda) e na geração de porfiroblastos nas auréolas de metamorfismo de contato. Esta relação estrutural, de uma foliação de baixo ângulo com este corpo granítico, ressalta o caráter sin-cinemático da colocação magmática ao evento tectônico D_2 do Supergrupo Açungui.

A deformação de caráter dúctil-rúptil e retrometamórfica D_3 ocorre associada à ascensão magmática tardia dos granitos Correias, Sguario, Campina do Veado e Santa Blandina e a formação de dobras suaves a abertas (sinformais e antiformais), com flancos de $S_0//S_1//S_2$ e plano axial de atitude preferencial N42E/83NW, com uma tênue clivagem subvertical, que evolui gradativamente e localmente para falhas direcionais, apresentando foliação milonítica e/ou cataclástica S_3 , e mergulhos de alto ângulo tanto para SE, quanto para NW, paralela à direção geral da Zona de Cisalhamento Itapirapuã.

A colocação pós-colisional das rochas destes *stocks* registra o estágio final de um ambiente extensional tardi-orogênico e está associada às feições deformacionais tardi- a pós- D_3 .

Aspectos metamórficos

A evolução metamórfica é caracterizada pelo metamorfismo regional progressivo M_1 , associado ao processo de colisão continental, considerado do tipo dinamotermal (orogênico), da série Barroviana (P/T moderadas), em fácies xisto-verde, na zona da clorita e/ou biotita.

O auge do metamorfismo foi contemporâneo à fase de deformação D_2 , evidenciado pelo crescimento de biotita como um dos minerais formadores da clivagem S_2 .

O metamorfismo de contato M_2 encontra-se associado ao alojamento dos corpos ígneos tardios que ocorrera durante a fase deformacional D_2 , havendo a recristalização e desenvolvimento de minerais de contato sobre os do metamorfismo regional M_1 , alcançando a fácies albíta a piroxênio hornfels, observado em rochas metapelíticas e localmente em rochas cálcio-silicatadas expostas na área da ferrovia Sorocabana.

O metamorfismo de contato e hidrotermalismo que ocorrem associados ao *stock* Santa Blandina é representado principalmente pelos escarnitos metassomáticos na localização da mina. A auréola de metamorfismo termal se apresenta parcialmente preservada em função do maior ou menor grau de deformação imposto pela foliação milonítica S_3 ou devido a intensidade das transformações minerais retrometamórficas impostas pelo metamorfismo M_3 , que ocorre tanto nas paragêneses de contato como nas regionais.

Localmente, o metamorfismo dinâmico M_3 é

intenso e vinculado à foliação milonítica, principalmente da Zona de Cisalhamento Itapirapuã e regiões do seu entorno, com geração de filonitos.

Aspectos aerogamaespectrométricos

A emissão dos raios gama, quando ajustado para uso na geologia, possibilita realizar a medição dos elementos K, U e Th em rochas, sedimentos e solos. Na figura 3 são apresentados os mapas produzidos a partir dos dados aerogamaespectrométricos, disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Projeto Aerogeofísico Paraná-Santa Catarina, 2011.

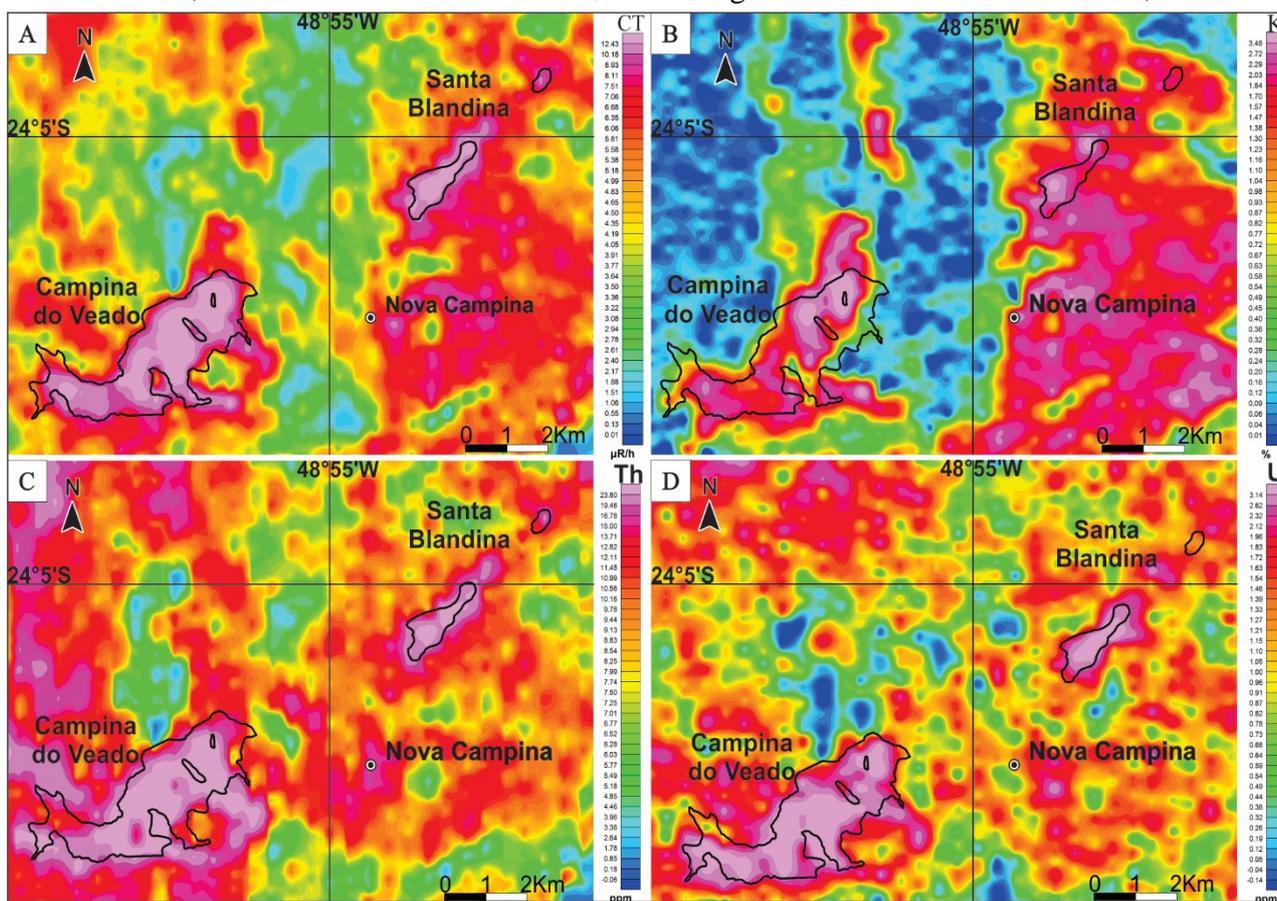


Figura 3 - Mapa Aerogamaespectrométrico: **A)** Contagem de K; **B)** Contagem de Th; **C)** Contagem de U; **D)** Contagem total (CT) para K, Th e U a região das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina.

Nestes mapas foram inseridos os limites das unidades dos corpos ígneos obtidos neste trabalho, com objetivo de ilustrar e caracterizar a relação entre as respectivas respostas das rochas por elementos analisados.

O mapa de contagem de K (Figura 3A) 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 3B) se destaca pelos valores elevados. O contraste também é observado entre as ocorrências das fácies potássicas e apresentando valores elevados eU para todo o plúton (Figura 3C).

O mapa de contagem (CT) (Figura 3D) para K, Th, U apresenta resultados similares na delimitação das rochas do plúton.

Aspectos faciológicos

As rochas graníticas do *stock* Campina do Veado afloram em uma área de difícil acesso em

função do declive desenvolvido por um paredão erosivo, em boa parte do seu entorno, entre as rochas ígneas e sedimentares dos Grupos Furnas e Itararé da Bacia do Paraná (Figura 4A).

A forma externa definida do corpo segue a exposição da erosão da bacia do rio Taquari-Guaçu a partir aproximadamente da cota de 820 metros. As rochas ígneas encontram-se distribuídas em matações e raros lajedos no canal da drenagem.

São compostas predominantemente por rochas plutônicas porfiríticas e secundariamente por rochas hipoabissais, isotrópicas a localmente cataclásticas, coloração rósea a vermelha, localmente cinza, definidas por variedades texturais principais de composição sienogranítica, monzogranítica e álcali granítica.

As texturas ígneas que ocorrem com maior frequência são as porfiríticas, com fácies apresentando predominantemente textura *rapakivi*, sendo que são mais raros e de menor expressão areal os termos inequigranulares de granulação média a grossa e coloração vermelha e equigranulares de granulação fina a média de coloração cinza.

Estas fácies texturais constituem intrusões tardias finais na construção do *stock*.

As feições de texturas *rapakivi* são observadas em fenocristais de feldspato potássio róseos ovalados manteados por albita/oligoclásio (Figuras 4B e 4C) e pela frequência de fenocristais de quartzo corroído com formas globulares, com tonalidades azuladas, além de cristais de quartzo anedrais intersticiais (Figura 4D), oligoclásio uniformes ou fortemente zonados.

O índice de coloração destes litotipos é holo-leucocrático com variedades sempre apresentando $M' < 7\%$ de máficos.

A biotita ocorre dispersa caoticamente (Figura 4B) ou organizada e concentrada levemente no entorno do feldspato potássico ovoides (Figura 4C) ou concentrada em pequenos glúmeros (Figura 4D).

A composição dominante na área de exposição, nas rochas da fase inicial, é monzoga sienogranítica; na fácies intermediária, ocorrem variedades de composição sienogranítica *rapakivi* ou não; e na fase tardia é comum a presença de albita-microclínio granito a sienogranito, comumente porfiríticos, e microgranito *rapakivi*.

Veios aplíticos tardios e pegmatitos de

pequenas dimensões ocorrem isoladamente e pouco frequentes.

Localmente, ocorre a presença de xenólitos centimétricos escuros de composição variando de diorito a quartzo diorito e de fragmentos de rochas encaixantes, principalmente em parte do seu entorno norte no contato com as rochas metassedimentares.

As deformações dúcteis estão ausentes, sendo registrado fraturamentos de natureza rúptil tardias, internamente nas rochas do *stock*, com fragmentação e desenvolvimento de pórfiro-clastos de feldspato potássico. Às vezes estes fraturamentos encontram-se preenchido por minerais de alteração hidrotermal, principalmente por material quartzoso ou carbonático epidotizado.

Como os contatos são definidos por uma discordância erosiva, não são reconhecidas na borda do maciço possíveis deformações rúpteis, frequente nestes tipos de corpos magmáticos tardios da região.

Nestes corpos de natureza pós-colisional é comum observar uma grande variedade de litotipos. Na escala de trabalho foram identificados três associações ou agrupamentos de fácies magmáticas para as rochas do *stock* Campina do Veado e que serão definidas a seguir:

Associação Porfiroide: É constituída por monzogranito porfiroide róseo de matriz de granulação grossa a média (Figuras 4B, C, D) e constitui as rochas dominantes na distribuição areal do *stock*.

É composta por rochas apresentando fenocristais de microclínio com tamanhos geralmente inferiores a 3 cm e, em menores proporções, fenocristais de oligoclásio.

Os fenocristais apresentam texturas viborgíticas ou não e são caracterizados por formas subédricas a ovaladas e coloração rósea e podem atingir porcentagens locais de até 20% (Figuras 4B e 4C).

Apresenta associadas, em menores expressões, variedades de rochas porfiríticas com porcentagens de fenocristais de feldspato potássico inferiores a 10% e que podem transicionar para rochas levemente porfiríticas a inequigranulares de granulação média a grossa (Figura 4D).

Associação Inequigranular a Porfirítica: É constituída principalmente por duas formas texturais dominantes: a primeira, de maior expressão, é composta pela Fácies sienogranito

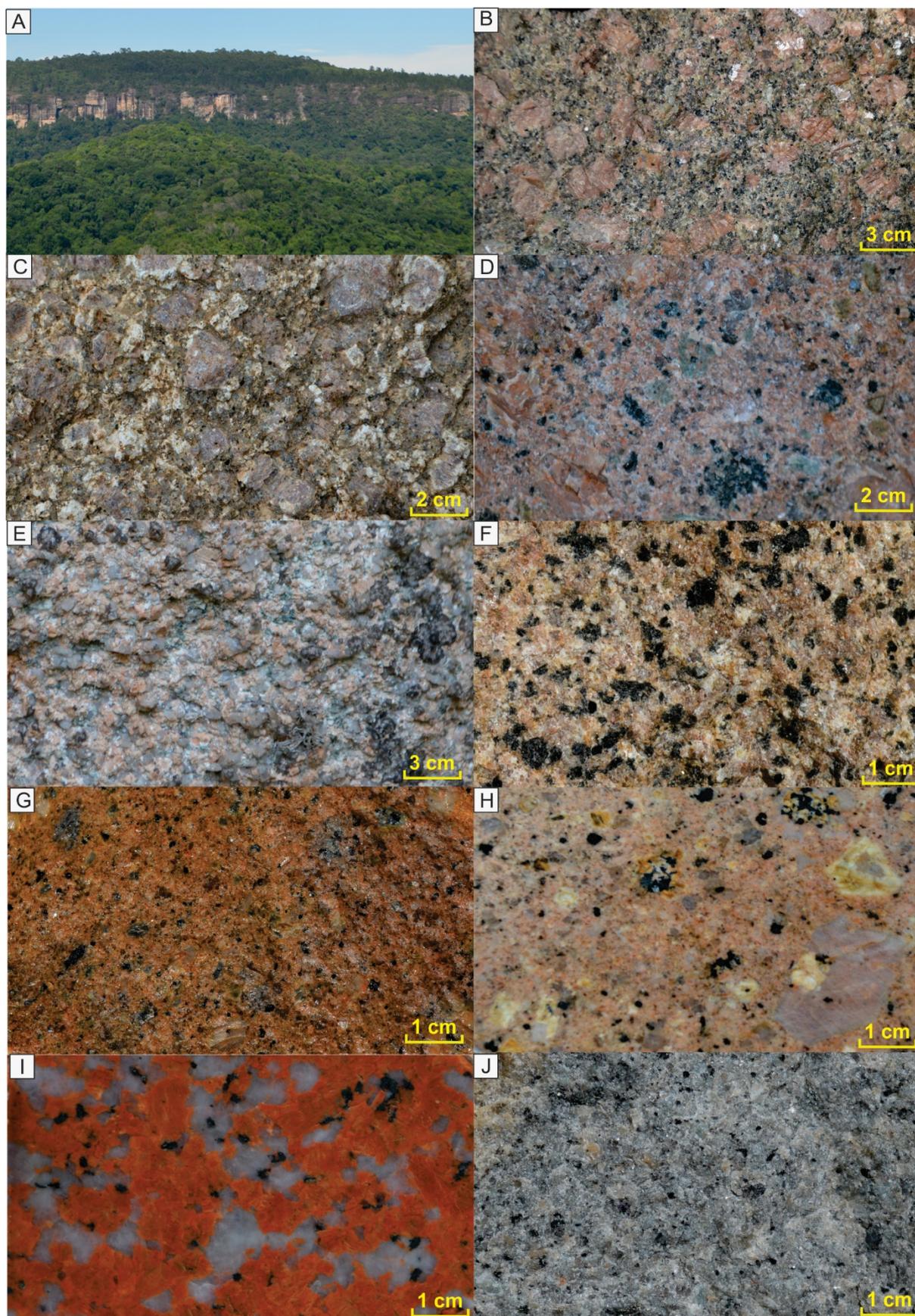


Figura 4 - Fotografias dos principais tipos de rochas do *stock* Campina do Veado. **A)** Relevo da parte inferior do *stock*. *Associação Porfiroide*: **B, C, D)** Associação de fácies de monzogranito porfiroide róseo de matriz de granulação grossa a média. *Associação Inequigranular a Porfíritica*: Fácies sienogranito róseo inequigranular de granulação grossa (**E**); Fácies monzo- a sienogranito róseo inequigranular de granulação grossa a media (**F**); Fácies albita-microclínio granito róseo equigranular a inequigranulares de granulação média a fina (**G**) e Fácies sienogranito a monzogranito róseo porfíritico rapakivi (**H**). *Associação Inequigranular*: Fácies sienogranito a microclínio granito vermelho (**I**) e Fácies sienogranito cinza (**J**).

róseo inequigranular de granulação grossa (Figura 4E) e pela Fácies monzo- a sienogranito róseo inequigranular de granulação grossa a média (Figura 4F).

A segunda forma textural caracteriza-se por variedades inequigranulares às vezes transacionando para inequigranulares porfiríticos, observados na Fácies albita-microclínio granito róseo, equigranular a inequigranular de granulação média a fina (Figura 4G) e principalmente nos litotipos da Fácies sienogranito a monzogranito róseo porfirítico rapakivi (Figura 4H).

As rochas com texturas *rapakivi* apresentam predominantemente porcentagem de fenocristais de feldspato potássico que não ultrapassam 5%, com tamanhos geralmente inferiores a 1 cm e raramente maiores e fenocristais de plagioclásio, dispersos em matriz de granulação média a fina.

As feições de textura *rapakivi* são observadas frequentemente em fenocristais de feldspato potássico róseos ovalados com bordas de albita, pela frequência de fenocristais de quartzo corroído com formas globulares, além de uma segunda fase de cristalização de cristais de quartzo anedrais intersticiais, oligoclásio uniforme e fortemente zonados. A biotita ocorre dispersa caoticamente ou concentrada em glúmeros.

Associação Inequigranular: É constituída por duas variedades de fácies e são reconhecidas no campo isoladamente e localmente, não permitindo correlações e associações temporais com as demais fácies. É caracterizada pelas rochas da Fácies sienogranito a microclínio granito vermelho (Figura 4I), constituída por rochas de granulação grossa a média, inequigranular, hololeucocrática com raríssima biotita e estrutura isotrópica e por uma segunda variedade da fácies sienogranito cinza (Figura 4J), composta por rochas equigranulares de granulação média a fina, isotrópica e hololeucocrática com rara biotita.

As rochas graníticas expostas do *stock* Santa Blandina apresentam dimensões inferiores a 4 km². Em razão da dificuldade de exposições, acentuada alteração, exposição em blocos e da restrição a entrada na região de propriedade da Mineração Santa Blandina, fica dificultada a caracterização e descrição das variedades dos litotipos.

Algumas rochas obtidas apresentam extrema semelhança com rochas de associação do *stock* Campina do Veado.

Associação Porfiroide: A Fácies monzogranito porfiroide róseo constituiu a principal exposição e é basicamente de natureza viborgíticas, mas não

foram obtidas amostras frescas que permitissem a geoquímica. Estas rochas são definidas por uma riqueza em fenocristais, principalmente de feldspato potássico *rapakivi* ou não e, em menor quantidade e tamanho, ocorrem fenocristais de plagioclásio com cores esbranquiçadas, além da presença de quartzo arredondado globular e intersticial. São variedades apresentando geralmente fenocristais com tamanhos < 3 cm e porcentagem < 20%, isotrópicas, leucocrática com M' < 7% e coloração rósea a vermelha (Figura 5A).

Os megacristais caracterizam-se por um zoneamento, dado pela formação de feldspato com texturas *rapakivi* e nova feldspatizações nas partes externas, constituindo anéis definidos, homogêneos em todo o contorno ou às vezes irregulares e descontínuos.

Associação Equigranular a Inequigranular: É caracterizada por fácies tardias do *stock* e suas ocorrências são de pequena expressão e representadas por rochas constituídas por albita-microclínio granito a sienogranito róseo a vermelho.

As amostras das figuras 5B e 5C encontram-se associadas a feições intrusivas texturais de natureza aplíticas e rósea (Figura 5B) e por microgranitos hipoabissais (Figura 5C).

A amostra da figura 5D foi reconhecida localmente no campo e não permitindo correlações e associações temporais com as demais fácies, mas sendo muito semelhante as amostras observadas na figura 4I do *stock* Campina do Veado. As rochas das figuras 5B, C, D estão agrupadas na Associação Albita-microclínio granito a sienogranito e são compostas por três variedades, isotrópicas, hololeucocráticas com rara biotita: as equigranulares de granulação média a fina rósea (Figura 5B) e a vermelha (Figura 5C), a inequigranular de granulação grossa a média de coloração vermelha (Figura 5D).

As rochas do magmatismo básico da Formação Serra Geral, ocorrem na forma de diques de diabásios subverticais, de espessuras métricas. Estes diques encontram-se controlados por um *trend* de direção principal NW-SE.

As coberturas de rochas sedimentares são direcionadas para as formações Furnas e Itararé e por depósitos sedimentares recentes associados às margens de rios e planícies de inundação, além de sedimentos coluvionares expressivos no sopé das principais cuestas erosivas.

Aspetos petrográficos

Os resultados petrográficos obtidos para as amostras graníticas dos *stocks* Campina do Veado e

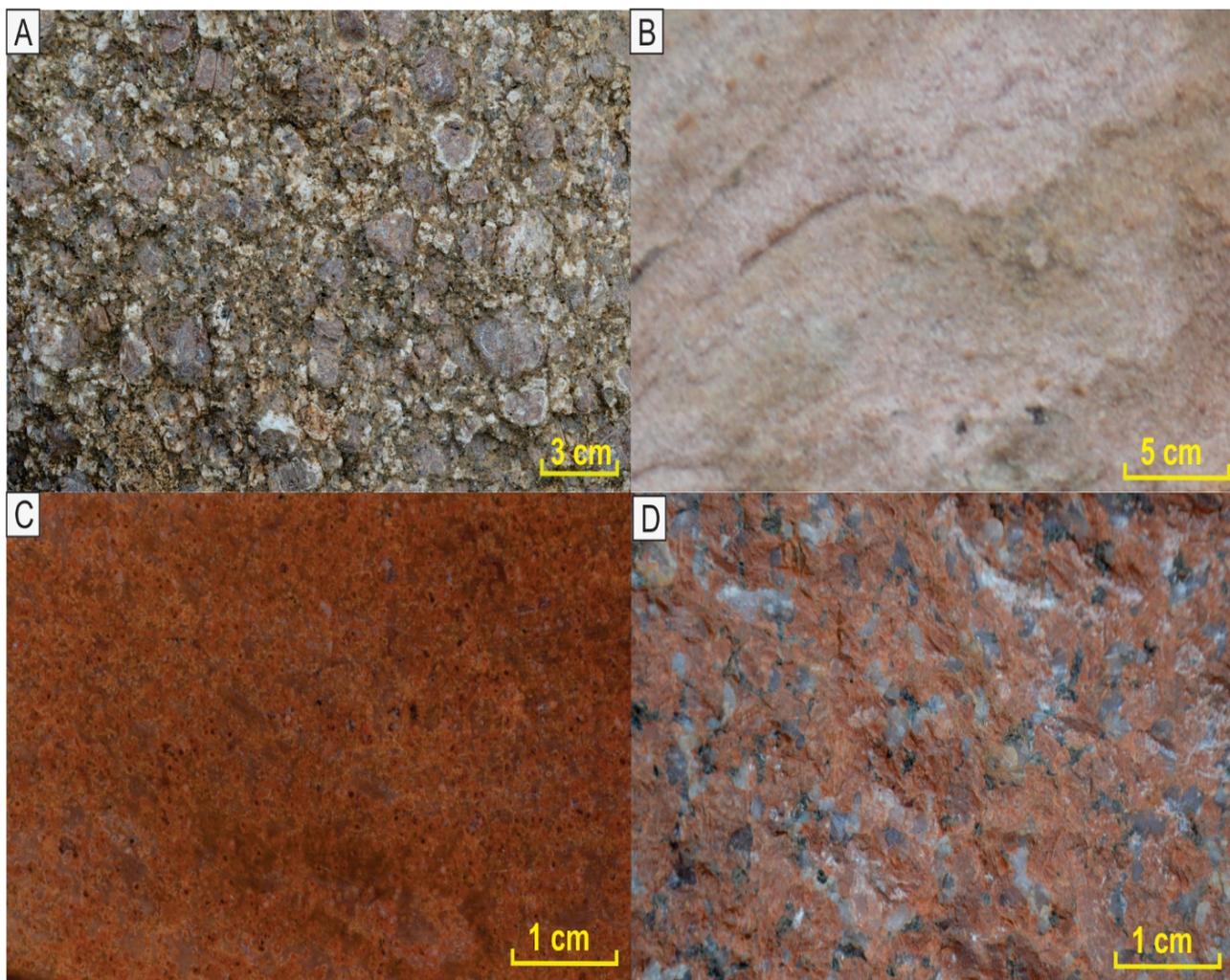


Figura 5 - Fotografias dos principais tipos de rochas do *stock* Santa Blandina. *Associação Porfiroide*. **A)** Fácies de monzogranitos porfiroides róseos rapakivi de matriz de granulação grossa a média. *Associação Equigranular a Inequigranular*: Fácies albita granito a sienogranito equigranulares de granulação media a fina rósea **(B)** e vermelha **(C)** e Fácies albita –microclínio granito vermelho **(D)**.

Santa Blandina foram classificadas com base no diagrama Q-A-P (Streckeisen, 1976), utilizando os valores das composições modais estimadas da mineralogia (Tabela 1 e Figuras 6, 7).

As rochas são compostas por microclínio, albita, oligoclásio, quartzo e rara biotita e pseudomorfos de hornblenda, ocorrendo os máficos presentes parcialmente cloritizados. Estes minerais máficos são observados somente nas fácies iniciais, com menor índice de diferenciação magmática dos *stocks*.

Os minerais acessórios mais comuns são constituídos por titanita, apatita, zircão, allanita e minerais opacos e os minerais de alteração são constituídos por epidoto, clorita, sericita, minerais opacos, leucoxênio e argilominerais.

Processos de alteração tardi a pós-magmáticos vistos caracterizam-se por uma forte albitização, epidotização, cloritização e

sericitização.

As transformações minerais por processos de hidratação mineral são principalmente definidas por fortes processos de biotitização, cloritização, saussuritização e caulinização.

As rochas são constituídas por variedades isotrópicas de composição microclínio granito, sienogranito e monzogranito porfirítico com feldspato potássico róseo a avermelhado de até 2 cm, em texturas *rapakivi* com mantos de albita/oligoclásio (Figura 7A, B), parcialmente caulinizados, inseridos em uma matriz de granulação média a grossa de plagioclásio (Figura 7C) parcialmente seritizado, quartzo (Figura 7D), raros pseudomorfos de hornblenda intensamente cloritizada (Figura 7E) e biotita (Figuras 7F, G). O microgranito porfirítico hipoabissal apresenta estrutura esferulítica preenchida por microclínio (Figuras 7I, J).

Tabela 1 - Composição modal das principais rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina.

		Campina do Veado			Santa Blandina		
Fácies		Monzogranito porfiroide róseo	Monzo- a sienogranito e albita-microclínio granito vermelho	Sienogranito a Microclínio granito vermelho Sienogranito cinza	Albita-microclínio granito róseo a vermelho	Albita-microclínio granito vermelho	
		●	●	●	■	■	
Estrutura		Isotrópica	Isotrópica	Isotrópica	Isotrópica	Isotrópica	
Textura		Porfiroide hipidiomórfica	Inequigranular a Porfirítica	equigranular a inequigranular	equigranular hipidiomórfica	inequigranular hipidiomórfica	
Grão (mm)	Matriz	1,5 – 2,5	1 – 2/0,1 -1	1,5 – 2,5	1 – 2/0,1 -1	1,5 – 2,5	
	Microclínio	15 - 20	10 - 15	-	10	-	
	Plagioclásio	5	-	-	-	-	
% fenocristais	Quartzo	-	-	-	-	-	
	Descrição “Coloração”	rósea	rósea	vermelho e cinza	rósea e vermelho	vermelho	
	Índice de cor	Leucocrático	Leucocrático	Hololeucocrático	Hololeucocrático	Hololeucocrático	
Minerais Félsicos (%)	Qtz	25	28 - 32	25 - 30	25 - 30	25 - 30	
	FK	20 - 25	35 - 45	30 - 35	40 - 50	30 - 35	
	Pl	Olg	35 - 40	13 - 20	10	10	10
		Al			30		30
Minerais escuros (%)	Hornb	tr	-	-	-	-	
	Bt	5	2 - 5	1 - 3	2 - 3	1 - 3	
	Índice M'	5	2 - 5	1 - 3	2 - 3	1 - 3	
Minerais Acessórios		apatita, zircão, titanita, minerais opacos	apatita, zircão, titanita, minerais opacos	apatita, zircão, titanita, minerais opacos	apatita, zircão, titanita, minerais opacos	apatita, titanita, zircão, minerais opacos	
Minerais Secundários		sericita, epidoto, clorita	sericita, epidoto, clorita	sericita, epidoto e clorita	sericita, epidoto, clorita	sericita, epidoto, clorita	

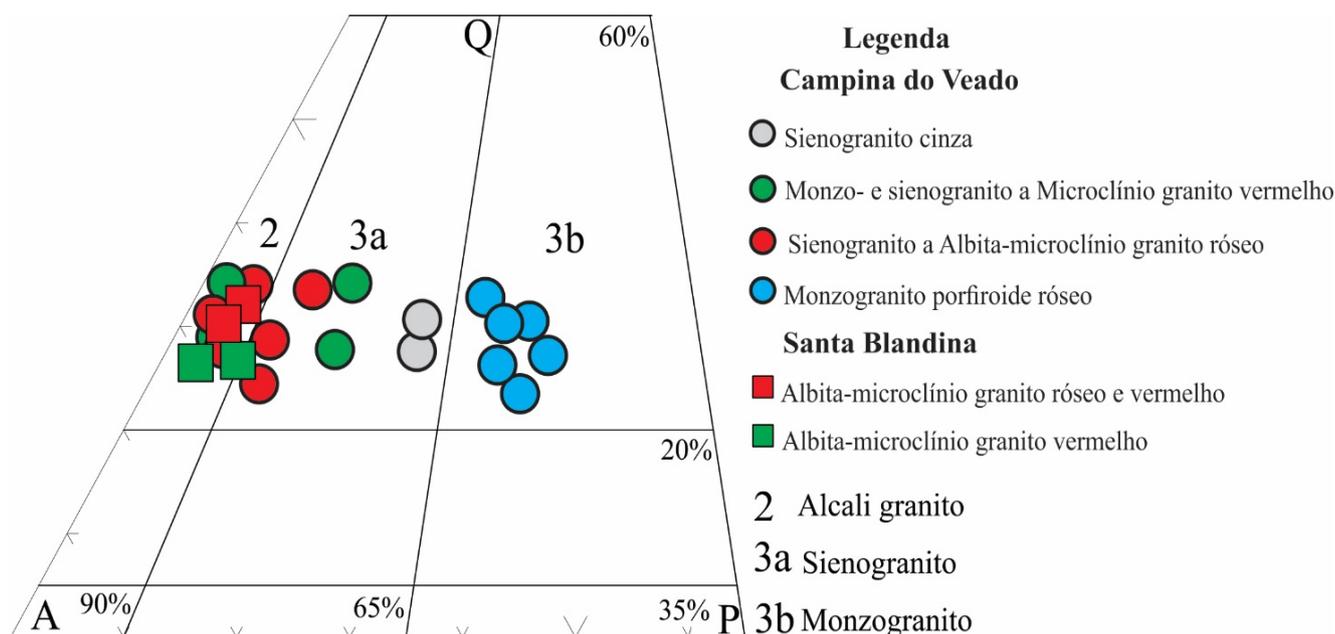


Figura 6 - Diagrama QAP (Q- quartzo; A- feldspato alcalino; P- plagioclásio) com a composição modal estimada para as rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina.

As transformações minerais por processos de hidratação mineral são principalmente definidas por fortes processos de biotização, cloritização, saussuritização e caulinizacão.

As rochas são constituídas por variedades isotrópicas de composição microclínio granito, sienogranito e monzogranito porfirítico com feldspato potássico róseo a avermelhado de até 2 cm, em texturas *rapakivi* com mantos de

albita/oligoclásio (Figuras 7A e 7B), parcialmente caulinizados, inseridos em uma matriz de granulação média a grossa de plagioclásio (Figura 7C) parcialmente seritizado, quartzo (Figura 7D), raros pseudomorfos de hornblenda intensamente cloritizada (Figura 7E) e biotita (Figuras 7F e 7G). O microgranito porfirítico hipoabissal apresenta estrutura esferulítica preenchida por microclínio (Figuras 7I e 7J).

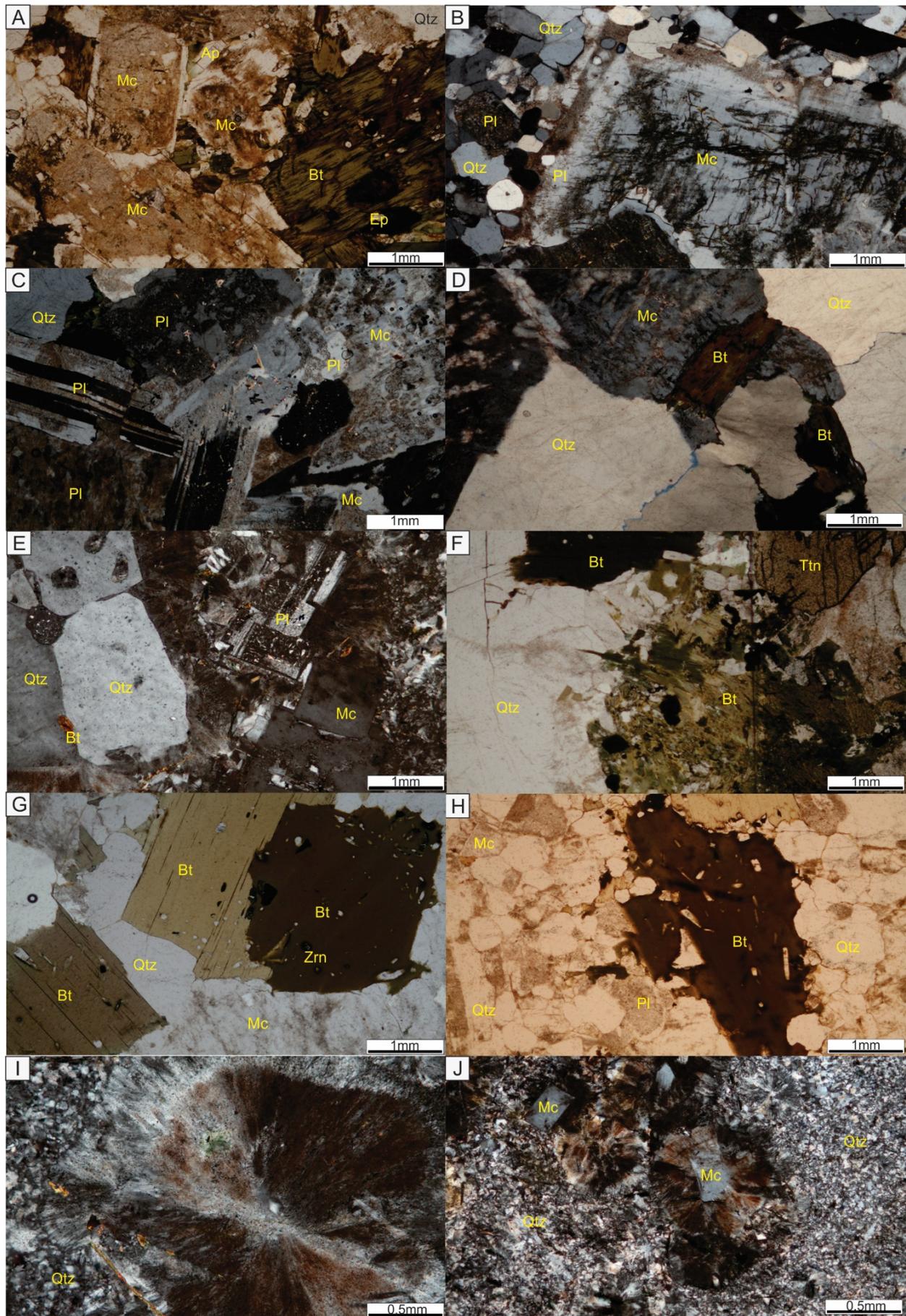


Figura 7 - Principais feições microscópicas das rochas do *stock* granítico Campina do Veado. A) Monzogranito Porfiroide; A, B) Microclínio caulinizado e envolto por albita parcialmente alterado para albita; C, D, E) Microclínio e oligoclásio parcialmente alterados e quartzo; F, G, H) Biotitas primárias. Rochas da figura 4C do *stock* granítico e Santa Blandina. I, J) Feições amigdaloidais em rochas vítreas preenchidas por microclínio.

QUÍMICA MINERAL

No estudo de química mineral foram caracterizados feldspato potássico (microclínio), plagioclásio (oligoclásio/albita), além de biotita, quando presentes nos litotipos das fácies.

Feldspato Potássico e Plagioclásio

Foi analisado um total de 10 cristais de feldspato potássico e 20 cristais de plagioclásio para as rochas das fácies dos *stocks* Campina do

Veado e Santa Blandina e que se encontram discriminadas na tabela 2.

O conteúdo de átomos por unidade de fórmula (a.p.u.f.), para os cristais do grupo dos feldspatos analisados de cada amostra, foi calculado na base de 8 oxigênios e os resultados significativos estão apresentados na tabela 2, para o feldspato potássico e na tabela 3 para o plagioclásio.

Tabela 2 - Análises químicas de feldspato potássico das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina.

	Feldspato Potássico								Fácies Santa Blandina			
	Fácies Campina do Veado				Fácies Santa Blandina							
	Monzogranito porfiroide róseo 		Monzo- e sienogranito a Albita –microclínio granito róseo 		Albita-microclínio granito vermelho 		Sienogranito cinza 		Albita-microclínio granito róseo e vermelho 		Albita-microclínio granito vermelho 	
SiO ₂	63,60	63,90	66,13	68,08	62,77	64,07	63,84	63,87	62,58	62,65	64,45	67,07
Al ₂ O ₃	18,35	18,57	19,16	19,55	18,49	18,76	18,54	18,65	17,87	18,02	18,34	16,90
BaO	0,03	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,05	0,02	0,09	0,05	0,00	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,23	0,23	0,21	0,17	0,16	0,20	0,17	0,52	0,24	0,15	0,26	0,18
K ₂ O	15,33	15,56	13,43	10,16	15,50	15,74	15,87	15,18	15,52	15,47	15,51	14,12
Total	99,38	98,68	99,40	98,44	98,98	99,07	98,79	99,45	96,87	96,50	98,62	98,61
Si	2,96	2,99	3,02	3,06	2,94	2,98	2,98	2,97	2,99	2,99	3,01	3,09
Al	1,01	1,02	1,03	1,04	1,02	1,03	1,02	1,02	1,01	1,02	1,01	0,92
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,05	0,02	0,01	0,02	0,02
K	0,91	0,93	0,78	0,58	0,93	0,93	0,95	0,90	0,95	0,94	0,92	0,83
Soma Cátions	4,97	4,97	4,86	4,71	4,98	4,97	4,98	4,98	4,98	4,97	4,96	4,87
Ab	2,22	2,16	2,34	2,47	1,58	1,92	1,60	4,97	2,28	1,43	2,48	1,95
Anor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Or	97,78	97,84	97,66	97,53	98,42	98,08	98,40	95,03	97,72	98,57	97,52	98,05

Tabela 3 - Análises químicas de plagioclásio das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina.

	Plagioclásio								Fácies Santa Blandina			
	Fácies Campina do Veado				Fácies Santa Blandina							
	Monzogranito porfiroide róseo 		Monzo- e sienogranito a Albita –microclínio granito róseo 		Albita-microclínio granito vermelho 		Sienogranito cinza 		Albita-microclínio granito róseo e vermelho 		Albita-microclínio granito vermelho 	
SiO ₂	61,45	62,09	64,50	63,81	65,21	64,27	63,17	65,40	68,43	69,13	68,50	68,76
Al ₂ O ₃	24,28	24,54	23,00	22,93	22,92	23,03	21,73	23,50	19,94	19,72	20,45	20,10
BaO	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	5,35	5,46	3,91	3,90	3,57	3,76	3,37	4,00	0,26	0,20	0,30	0,35
Na ₂ O	8,39	8,45	9,12	9,10	9,25	9,05	8,64	9,24	11,25	11,01	11,54	11,38
K ₂ O	0,45	0,19	0,35	0,29	0,38	0,60	0,31	0,48	0,12	0,10	0,18	0,07
Total	100,11	100,93	101,06	100,20	101,49	100,88	97,39	102,81	100,03	100,19	101,03	100,79
Si	2,73	2,73	2,82	2,81	2,83	2,82	2,85	2,81	2,98	3,00	2,96	2,98
Al	1,27	1,27	1,18	1,19	1,17	1,19	1,16	1,19	1,03	1,01	1,04	1,03
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,25	0,26	0,18	0,18	0,17	0,18	0,16	0,18	0,01	0,01	0,01	0,02
Na	0,72	0,72	0,77	0,78	0,78	0,77	0,76	0,77	0,95	0,93	0,97	0,96
K	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,00
Soma Cátions	5,01	5,00	4,98	4,99	4,98	4,99	4,95	4,99	4,98	4,96	5,00	4,99
Ab	72,06	72,91	79,22	79,52	80,65	78,53	80,69	78,54	98,04	98,44	97,60	97,94
Anor	25,40	26,02	18,76	18,84	17,19	18,04	17,40	18,79	1,25	0,97	1,42	1,68
Or	2,55	1,07	2,02	1,64	2,17	3,43	1,91	2,67	0,71	0,59	0,97	0,37

Os valores de feldspato potássico condizem com a interpretação petrográfica de microclínio, com Or > 97 demonstrado na tabela 2. Os cristais de plagioclásio apresentam variação composicional com teor de albita entre Ab_{72,06} – Ab_{80,69} e composição predominantemente de oligoclásio nas demais fácies, observadas na tabela 3 e figura 8.

A presença de albita nas fácies é explicada como um mineral secundário, fruto de alteração hidrotermal de oligoclásio. Entretanto, as rochas do Granito Santa Blandina têm como principal plagioclásio a albita (Ab_{97,60} – Ab_{98,44}) e serão classificadas, portanto, como albita microclínio granito.

Biotita

Foram analisados 20 cristais de biotita por fácies do stock Campina do Veado. As demais fácies não apresentam biotita ou a mesma encontra-se intensamente alterada, imprópria para a análise.

O conteúdo de átomos por unidade de fórmula (a.p.u.f.) para os cristais analisados de cada amostra foi calculado na base de 22 oxigênios e estão apresentados os valores significativos na tabela 4.

De acordo com o diagrama Al(IV) versus Fe²⁺/(Fe²⁺+Mg) (Deer et al., 1992), os cristais de biotita analisados são quimicamente classificados como annita (Figura 9, Tabela 4).

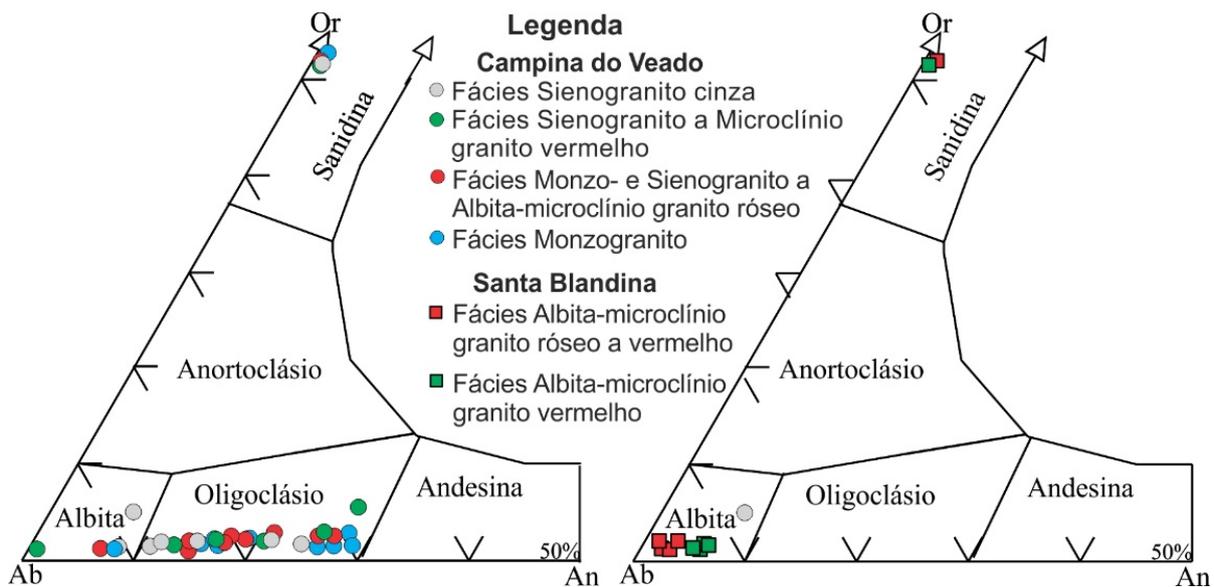


Figura 8 - Diagrama de composição de feldspato, a partir de valores de K (Or), Na (Ab), Ca (Na) (Deer et al., 1963) das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina.

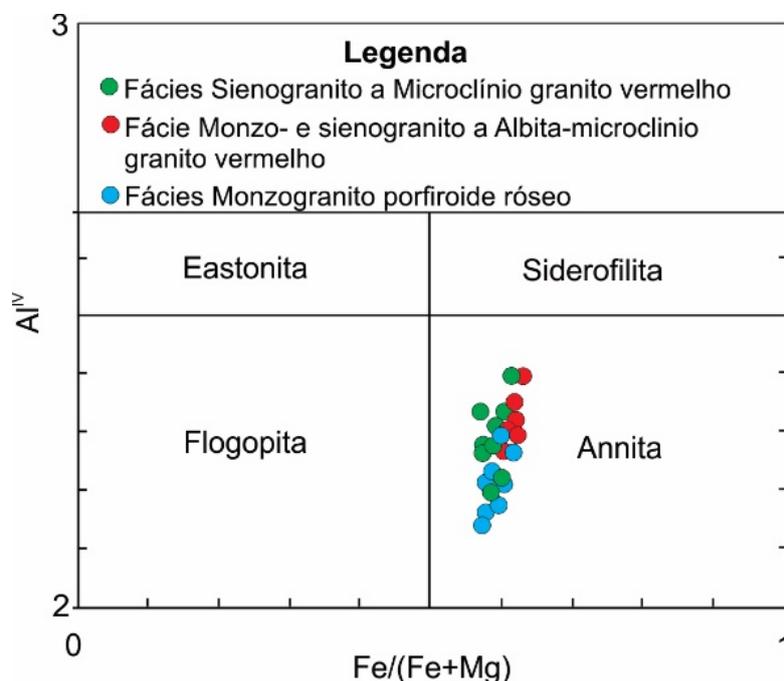


Figura 9 - Diagrama de classificação de biotita (Deer et al., 1992) das rochas do *stock* granítico Campina do Veado.

Tabela 4 - Análises químicas representativas de biotita das rochas do *stock* granítico Campina do Veado.

Fácies Campina do Veado												
	Monzogranito porfiroide róseo ●				Monzo- a sienogranito a Albita – microclínio granito róseo ●				Sienogranito cinza ○ Sienogranito a microclínio granito vermelho ●			
	SiO₂	35,68	36,22	36,80	35,86	36,06	36,73	36,38	35,80	36,09	36,29	36,07
TiO₂	2,96	3,13	2,47	3,22	3,03	2,69	3,01	2,53	2,92	3,38	3,19	2,47
Al₂O₃	12,55	12,35	12,75	12,49	12,41	12,76	13,17	12,55	12,96	12,75	12,71	12,75
FeO	23,12	22,43	22,51	22,85	23,77	24,65	23,68	25,75	24,22	24,54	24,59	24,03
MnO	0,50	0,46	0,46	0,47	0,57	0,56	0,48	0,53	0,50	0,76	0,51	0,66
MgO	9,98	9,71	10,28	9,66	8,28	8,57	8,39	8,42	8,46	8,35	8,52	8,97
BaO	0,56	0,25	0,00	0,47	0,29	0,00	0,12	0,00	0,13	0,81	0,40	0,00
Na₂O	0,08	0,11	0,06	0,16	0,10	0,12	0,08	0,05	0,12	0,10	0,09	0,05
K₂O	8,47	9,19	9,41	8,94	9,14	8,95	8,77	8,64	8,58	9,11	9,09	9,28
Total	93,98	93,94	94,84	94,23	93,74	95,14	94,18	94,34	94,07	96,19	95,29	94,79
Si	2,84	2,87	2,88	2,85	2,89	2,89	2,88	2,86	2,87	2,85	2,85	2,88
Al^{IV}	2,33	2,25	2,24	2,31	2,22	2,22	2,24	2,28	2,26	2,30	2,30	2,23
Ti	0,18	0,19	0,15	0,19	0,18	0,16	0,18	0,15	0,17	0,20	0,19	0,15
Fe	1,54	1,49	1,47	1,52	1,59	1,62	1,57	1,72	1,61	1,61	1,63	1,59
Mn	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04
Mg	1,18	1,15	1,20	1,14	0,99	1,01	0,99	1,00	1,00	0,98	1,00	1,06
Ba	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
Na	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
K	0,86	0,93	0,94	0,91	0,93	0,90	0,89	0,88	0,87	0,91	0,92	0,94
Fe/Fe+Mg	0,57	0,56	0,55	0,57	0,62	0,62	0,61	0,63	0,62	0,62	0,62	0,60

LITOGEOQUÍMICA

As análises geoquímicas realizadas nas rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina estão apresentadas na tabela 5. O único e raro trabalho que envolve tratamento geoquímico destas rochas para elementos maiores consta em Theodorovicz et al. (1986).

A distribuição dos elementos maiores encontra-se caracterizada nos diagramas de Harker (1909) nas figuras 10A a H e mostram para as rochas do *stock* Campina do Veado, teores extremamente elevados e restritos de sílica entre 68% a 78%.

As rochas das fácies iniciais, de composição monzograníticas, apresentam os teores mais baixos entre 68 a 71% de SiO₂, além dos sienogranitos cinza em torno de 71 % e teores médios em torno de K₂O > 4 a 5% e Na₂O > 3,5%. As rochas do *stock* Santa Blandina apresentam elevados valores de SiO₂ em torno de 71% K₂O ≈ 4,50 e Na₂O entre 3,5 e 4,3%. Os teores apresentados para as rochas dos *stocks* são condizentes com as rochas graníticas altamente diferenciadas para este conjunto magmático.

Os valores de TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO e MnO mostram um empobrecimento em relação as rochas mais enriquecidas em sílica e indicam as características de rochas predominantemente

holo- a leucocráticas, com acentuado empobrecimento em minerais máficos. É notável a relação de redução gradual de Fe₂O₃, MgO, CaO das fácies iniciais para as fácies mais diferenciadas, observada pela diminuição da paragênese máfica e pela presença de pseudomorfos de hornblenda + biotita nos litotipos iniciais, terminando com termos extremamente ácidos e apresentando somente biotita parcialmente cloritizadas. Para as rochas do *stock* Santa Blandina os valores de TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO e MnO apresentam semelhanças e o mesmo comportamento para as fácies *rapakivi*.

As rochas graníticas podem ser agrupadas em duas fases magmáticas principais: a fase inicial, dominante na área, constituída por monzogranito porfiroide, apresentando teores inferiores a 72% de SiO₂, e a segunda, mais evoluída e diferenciada, constituída por sienogranito a albita-microclínio granito porfirítico a inequigranular, apresentando teores acima de 72% de SiO₂. Para as exposições de rochas do *stock* Santa Blandina foram analisadas somente amostras mais evoluídas, não sendo encontradas amostras da associação menos diferenciada sem alterações acentuadas.

Tabela 5 - Resultado de análises geoquímicas de amostras das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina.

	Fácies Campina do Veado											
	Monzogranito porfiroide róseo ●						Monzo- e sienogranito a Albita-microclínio granito róseo ●					
SiO ₂	68,44	68,48	68,88	69,67	70,39	71,27	74,36	75,45	76,08	76,35	76,39	77,20
TiO ₂	0,68	0,66	0,63	0,73	0,56	0,52	0,24	0,27	0,25	0,16	0,15	0,15
Al ₂ O ₃	12,68	11,90	11,93	14,51	13,34	12,18	11,13	12,51	10,92	11,49	10,75	10,59
Fe ₂ O ₃	3,91	3,37	3,22	3,57	3,28	3,35	1,95	1,36	1,42	1,73	1,00	1,65
MnO	0,06	0,06	0,08	0,06	0,10	0,09	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03
MgO	1,14	0,99	0,99	0,91	0,86	0,80	0,23	0,24	0,21	0,12	0,17	0,13
CaO	1,89	1,64	1,69	1,98	1,59	1,47	0,56	0,64	0,66	0,74	0,68	0,68
Na ₂ O	3,49	3,01	3,09	3,39	3,56	3,22	3,02	3,44	3,12	3,79	3,11	3,20
K ₂ O	4,50	5,19	5,13	4,74	5,27	5,18	4,73	5,16	4,83	4,97	4,80	4,84
P ₂ O ₅	0,23	0,20	0,25	0,09	0,19	0,17	0,06	0,08	0,05	0,04	0,04	0,01
LOI	0,51	0,38	0,41	0,59	0,61	0,54	0,62	0,64	0,42	0,74	0,37	0,72
Soma	97,53	95,88	96,30	100,24	99,75	98,79	96,93	99,81	97,99	100,18	97,48	99,20
Ba	1050,00	1013,00	1057,00	918,00	682,00	677,00	292,00	296,00	117,00	121,00	157,00	163,00
Ga	19,20	17,00	17,00	19,20	15,70	15,70	17,00	17,00	16,30	16,80	16,30	16,80
Hf	10,87	9,76	9,12	10,21	8,12	8,33	5,88	5,87	4,98	6,46	4,76	6,33
Nb	32,34	24,97	24,69	32,90	35,89	36,23	20,24	20,33	21,69	23,97	21,29	23,64
Rb	209,60	236,70	266,20	205,60	310,20	290,10	361,30	355,40	337,10	256,30	326,10	226,80
Sr	222,00	202,00	201,00	188,00	156,00	164,00	61,00	73,00	39,00	24,00	50,00	30,00
Ta	4,82	2,29	2,39	4,34	2,92	2,77	3,34	3,12	1,21	2,59	0,66	2,36
Th	22,70	28,90	28,70	20,90	35,90	34,00	38,10	43,80	34,10	33,60	33,80	31,00
U	4,12	4,49	4,50	4,20	6,10	6,09	9,02	9,15	18,25	5,89	18,21	5,94
V	52,00	39,00	43,00	46,00	35,00	38,00	31,00	18,00	16,00	12,00	35,00	25,00
Y	29,39	55,11	66,00	34,90	32,45	29,49	21,81	25,35	18,56	30,37	17,75	27,27
Zn	55,00	55,00	60,00	58,00	58,00	128,00	21,00	25,00	29,00	33,00	25,00	33,00
Zr	373,00	400,00	69,00	66,00	83,00	306,00	163,00	88,00	64,00	145,00	119,00	198,00
La	57,80	116,10	115,30	61,90	96,10	87,20	54,10	62,40	43,60	64,30	47,50	61,20
Ce	117,80	217,10	225,40	119,60	175,60	164,90	138,00	150,00	76,90	123,80	80,40	119,50
Pr	14,22	25,60	26,50	13,64	18,03	19,47	10,71	10,91	7,75	12,85	8,44	13,78
Nd	49,30	85,20	92,90	49,00	58,90	60,12	31,20	32,40	23,00	42,50	23,60	42,80
Sm	9,10	15,20	15,60	8,80	9,30	9,10	5,40	5,40	3,40	7,50	3,60	7,40
Eu	1,84	2,07	2,16	1,79	1,61	1,42	0,76	0,81	0,52	0,38	0,53	0,40
Gd	7,30	11,63	13,66	7,95	7,51	12,80	4,03	4,29	2,68	6,25	2,83	6,03
Tb	1,03	1,71	1,97	1,12	1,07	1,11	0,58	0,65	0,43	0,97	0,41	0,92
Dy	6,14	10,38	11,76	6,33	6,24	8,48	3,69	3,95	2,51	5,84	2,40	5,37
Ho	1,22	2,03	2,17	1,23	1,06	2,26	0,73	0,76	0,52	1,09	0,52	1,08
Er	3,49	5,90	6,54	3,56	3,50	3,28	2,22	2,38	1,75	3,48	1,87	3,19
Tm	0,56	0,85	0,97	0,52	0,50	0,49	0,40	0,41	0,32	0,49	0,27	0,48
Yb	3,20	5,40	6,30	3,70	3,60	3,40	2,80	3,00	2,50	3,40	2,50	3,00
Lu	0,70	0,67	0,88	0,54	0,56	0,53	0,40	0,51	0,44	0,48	0,58	0,55
[La/Yb] _n	12,18	14,50	12,34	11,28	18,00	17,29	13,03	14,02	11,76	12,75	12,81	13,75
Média	14,26						13,02					
Eu*	60,76	100,40	106,37	60,48	62,19	71,38	35,47	35,97	22,61	50,53	23,92	49,59
Média	76,93						36,35					
Eu/Eu*	0,41	0,28	0,28	0,40	0,35	0,27	0,29	0,31	0,31	0,10	0,30	0,11
Média	0,33						0,24					
Ce-Sm	3,12	3,45	3,49	3,28	4,56	4,37	6,17	6,70	5,46	3,98	5,39	3,90
Média	3,71						5,27					
Gd-Yb	1,84	1,74	1,75	1,73	1,68	3,04	1,16	1,15	0,87	1,48	0,91	1,62
Média	1,96						1,20					

Tabela 5 – Continuação

	Fácies Campina do Veado						Fácies Santa Blandina			
	Sienogranito a				Sienogranito		Albita-microclínio granito		Albita-microclínio	
	Microclínio granito vermelho ●				cinza ●		róseo e vermelho ■		granito a vermelho ■	
SiO ₂	73,47	73,84	78,10	78,85	71,23	72,12	75,72	76,15	76,16	76,23
TiO ₂	0,34	0,37	0,12	0,12	0,46	0,34	0,04	0,06	0,05	0,06
Al ₂ O ₃	12,63	11,68	11,80	10,75	11,01	11,44	11,30	12,51	11,15	12,00
Fe ₂ O ₃	1,94	2,31	1,17	1,71	2,94	2,79	1,21	0,85	1,34	1,22
MnO	0,04	0,04	0,03	0,03	0,09	0,09	0,01	0,01	0,03	0,03
MgO	0,38	0,38	0,00	0,10	0,69	0,72	0,04	0,00	0,04	0,02
CaO	1,01	0,94	0,33	0,33	1,06	1,02	0,29	0,34	0,46	0,49
Na ₂ O	3,74	3,29	3,13	3,28	3,47	3,65	3,67	4,30	3,66	4,35
K ₂ O	4,81	4,54	5,15	5,10	3,73	4,12	4,69	5,05	4,35	4,61
P ₂ O ₅	0,10	0,10	0,03	0,02	0,13	0,10	0,01	0,02	0,01	0,02
LOI	0,54	0,50	0,53	0,40	0,58	0,56	0,14	0,43	0,45	0,50
Soma	99,01	97,99	100,39	100,69	95,39	96,95	97,12	99,71	97,70	99,52
Ba	400,00	576,00	65,00	101,00	158,00	118,00	151,00	147,00	76,00	40,00
Ga	18,10	18,10	17,00	17,00	17,80	17,80	20,70	20,70	20,80	20,80
Hf	6,89	6,43	6,76	6,57	8,63	8,18	5,31	5,28	5,57	5,89
Nb	50,00	84,53	23,45	23,26	24,75	24,97	39,02	39,21	37,46	37,21
Rb	298,70	283,00	283,20	249,60	322,70	320,00	433,60	401,20	360,20	369,90
Sr	104,00	130,00	21,00	18,00	38,00	32,00	23,00	26,00	14,00	13,00
Ta	2,12	2,09	3,56	3,74	2,33	2,41	4,56	4,18	5,01	4,49
Th	41,50	40,30	36,40	32,10	51,80	51,30	42,30	48,10	43,20	44,90
U	9,86	9,94	6,67	6,60	10,86	10,70	11,68	11,76	5,42	5,50
V	25,00	25,00	10,00	14,00	72,00	34,00	15,00	11,00	25,00	9,00
Y	29,25	26,88	25,46	22,15	177,13	188,15	89,39	100,06	37,58	39,24
Zn	32,00	35,00	50,00	44,00	57,00	62,00	13,00	21,00	26,00	32,00
Zr	87,00	199,00	157,00	177,00	263,00	108,00	115,00	99,00	102,00	105,00
La	77,70	84,60	84,10	76,00	455,10	440,50	171,00	192,60	12,80	13,00
Ce	115,10	135,50	163,40	154,80	206,40	195,70	25,70	27,10	31,40	29,90
Pr	13,53	16,39	17,15	17,30	81,72	78,05	52,11	52,08	4,48	3,89
Nd	44,50	51,30	55,30	54,80	272,60	277,60	172,00	177,40	17,00	15,40
Sm	7,20	8,30	9,50	9,40	38,00	36,70	33,80	34,30	5,40	5,50
Eu	1,21	1,37	0,22	0,25	4,86	4,66	3,26	3,32	0,10	0,08
Gd	5,91	5,96	6,63	5,92	33,75	34,78	21,91	24,67	5,83	5,45
Tb	0,82	0,87	0,93	0,85	4,19	4,33	3,26	3,49	1,06	1,01
Dy	4,80	4,74	4,87	4,33	23,15	23,68	17,16	19,22	7,04	6,81
Ho	0,93	0,96	0,90	0,85	4,71	4,87	3,09	3,26	1,35	1,31
Er	2,93	2,84	2,54	2,45	13,95	14,76	8,95	9,62	4,32	4,21
Tm	0,48	0,45	0,41	0,33	2,05	2,10	1,33	1,42	0,71	0,66
Yb	3,20	3,20	2,90	2,80	13,60	14,20	9,40	9,90	4,90	4,90
Lu	0,50	0,53	0,41	0,33	2,26	2,36	1,28	1,40	0,74	0,69
[La/Yb] _n	16,37	17,82	19,55	18,30	22,56	20,91	12,26	13,12	1,76	1,79
Média	18,01				21,74		12,69		1,77	
Eu*	48,33	54,07	61,52	59,63	260,03	255,35	215,63	223,52	38,95	38,73
Média	55,89				257,69		219,58		38,84	
Eu/Eu*	0,34	0,34	0,05	0,06	0,25	0,25	0,21	0,20	0,03	0,03
Média	0,20				0,25		0,20		0,03	
Ce-Sm	3,86	3,94	4,15	3,97	1,31	1,29	0,18	0,19	1,40	1,31
Média	3,98				1,30		0,18		1,36	
Gd-Yb	1,49	1,50	1,84	1,71	2,00	1,98	1,88	2,01	0,96	0,90
Média	1,64				1,99		1,95		0,93	

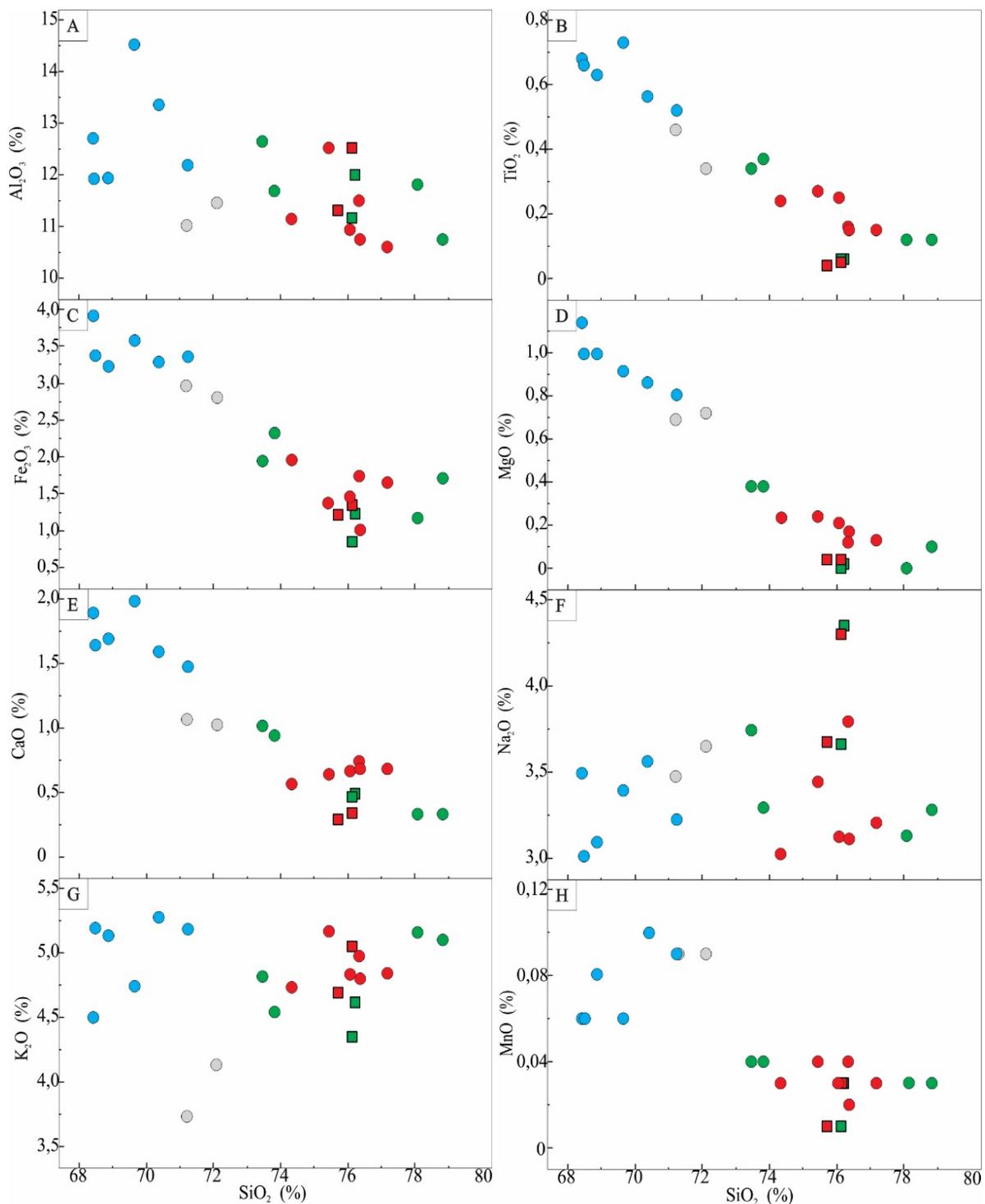


Figura 10 - Diagramas geoquímicos de variação para elementos maiores (Harker, 1909) das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina.

No diagrama petrográfico de Middlemost (1985) da figura 11A, as amostras distribuem-se principalmente em dois campos petrográficos: o das rochas ácidas definido por sienogranitos e monzogranito e o campo do álcali granito definido por albita-microclínio granito.

No diagrama modal QAP de Lameyre & Bowden (1982) da figura 11B, as rochas do *stock* Campina do Veado, representativas das fases iniciais do magmatismo, são caracterizadas por predominantemente por monzogranitos com

afinidade com a série cálcio-alcalina monzogranítica de alto potássio.

As amostras representativas das fases mais tardias e diferenciadas são constituídas por sienogranito e albita-microclínio granito com afinidades com as séries subalcalinas potássica a alcalina potássica. As amostras de rocha do *stock* Santa Blandina, como somente foram permitidas análises das amostras representativas da fase mais tardias, apresentam-se associadas com às séries subalcalinas potássica a alcalina potássica.

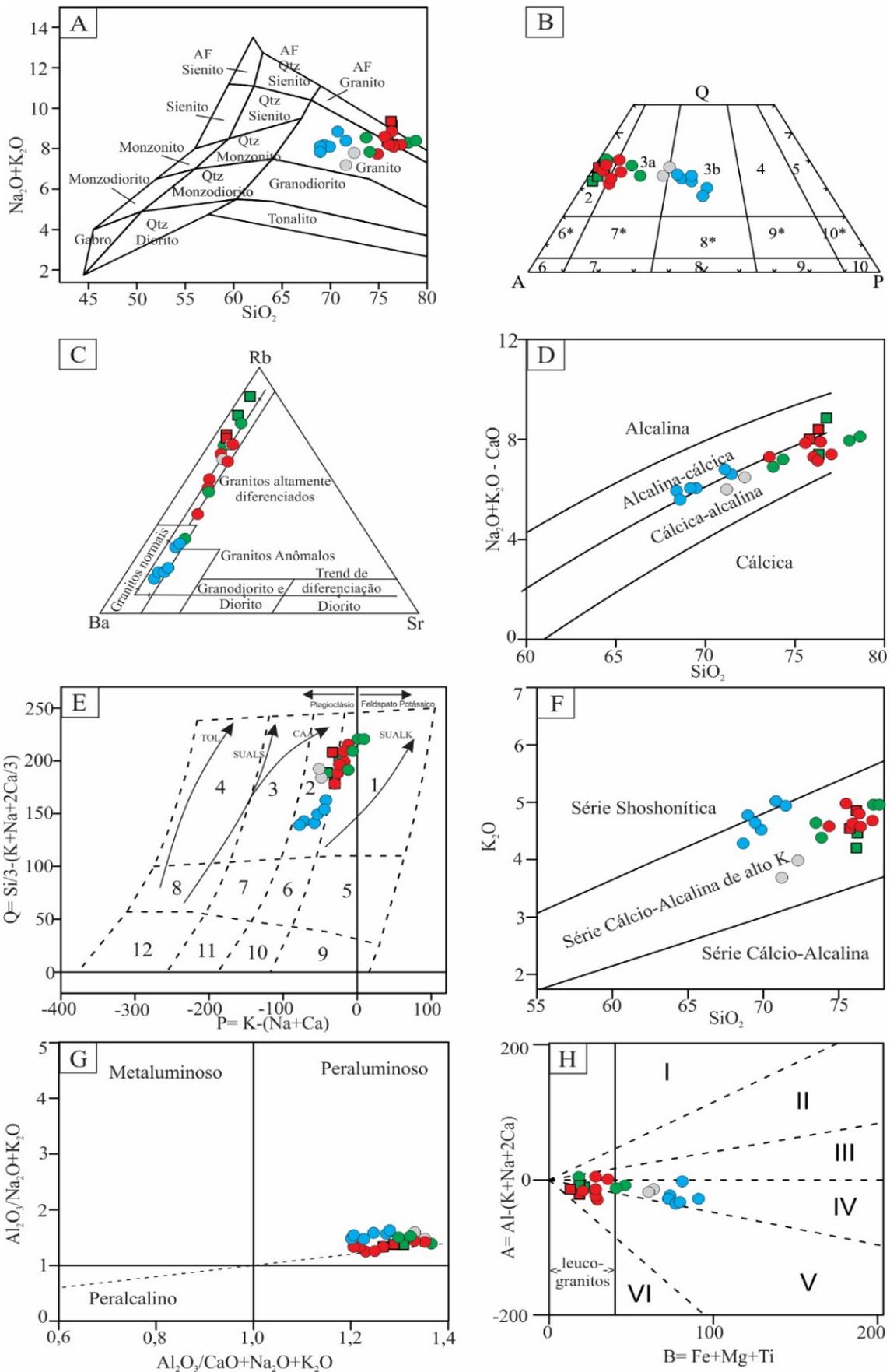


Figura 11 - Diagramas geoquímicos de classificação das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina. **A**) Middlemost (1985); **B**) Lameyre & Bowden (1982) (2-álcali granito, 3a-sienogranito, 3b-monzogranito); **C**) El Bouseily & El Sokkary (1975); **D**) Frost et al. (2001); **E**) Q x P de (Debon et al., 1988) Abr.: TOL=toleítica, CAA=cálcico-alcalina, SUBALS= subalcalina sódica, SUBALK= subalcalina potássica; **F**) Taylor (1976); **G**) Índice de Shand de Maniar & Picolli (1989); **H**) Debon & Le Fort (1983): leucogranito peraluminoso: campo I – muscovita > biotita; campo II – biotita > muscovita campo III- biotita; campo IV – biotita + hornblenda.

Com base no diagrama ternário de El Bouseily & El Sokkary (1975) da figura 11C, as rochas da fase inicial do *stock* Campina do Veado são classificadas como granitos normais transicionando para granitos altamente diferenciados na associação mais tardia. Para as rochas do *stock* Santa Blandina é reforçado o caráter de granitos altamente diferenciados.

O diagrama de séries magmáticas de Frost et al. (2001) da figura 11D define uma tendência de diferenciação com rochas iniciais cálcio-alcálicas a alcalina-cálcicas e apresentando para rochas mais tardias dos *stocks* e mais diferenciadas, a tendência para série alcalina potássica.

O diagrama de classificação petrográfica que utiliza os parâmetros multicatiônicos Q vs P, de Debon et al. (1988) da figura 11E, mostra que os litotipos são classificados como granitos de caráter cálcio-alcálico de alto potássio e que evoluem para alcalino potássico, para as rochas tardias de ambos os *stocks*.

Na figura 11F do diagrama de Taylor (1976), observa-se que o maior número de amostras se distribui no campo da série cálcio-alcálica de alto potássio.

Quanto à saturação em alumínio, observa-se no diagrama de Shand (1943) da figura 11G, que os litotipos apresentam caráter de rochas altamente peraluminoso. O diagrama de Debon & Le Fort (1983) da figura 11H, define para a sequência magmática dos *stocks* a predominância de leucogranitos peraluminosos a biotita + hornblenda.

Quanto à distribuição dos elementos traço dos diagramas binários da figura 12A a 12F, observa-se que a distribuição de rubídio (Rb) no diagrama da figura 12A, mostra uma correlação geral positiva e um *trend* linear crescente com o aumento da SiO₂. No geral, o rubídio substitui o potássio dos feldspatos potássicos e secundariamente nas biotitas, e os menores valores estão diretamente associados à porcentagem de feldspato potássico nos granitos menos diferenciados. As fácies mais diferenciadas apresentam uma diminuição dos valores a partir do incremento da sílica e com diminuição na porcentagem de biotita.

Observa-se para a relação do estrôncio (Sr) no diagrama da figura 12B, que os litotipos mostram baixos valores e um decaimento em um *trend* com o aumento da SiO₂. No geral, o estrôncio apresenta correlação direta com cálcio, evidenciado na redução de plagioclásio para as

rochas mais diferenciadas e enriquecidas em SiO₂.

Portanto, sugere-se o processo de fracionamento magmático envolvendo principalmente os feldspatos, com consequente aumento de feldspato potássico a partir da segregação e redução em plagioclásio, com empobrecimento de Sr do líquido magmático, disponível para as fases mais diferenciadas.

As porcentagens de bário (Ba) no diagrama da figura 12C, mostram baixos valores e é possível observar uma diminuição da quantidade nas fácies mais diferenciadas, devido à redução de plagioclásio cálcico nessas rochas.

Os valores de zircônio (Zr) no diagrama da figura 12D, mostram no geral uma correlação negativa para as fácies mais diferenciadas. Os valores de nióbio (Nb) da figura 12E e ítrio (Y) na figura 12F, mostram teores extremamente baixos, apresentando a disposição das amostras horizontalizada e leve correlação negativa com SiO₂.

O decréscimo do Zr indica forte fracionamento ao longo da evolução dos líquidos e sua diminuição sugere o fracionamento simultâneo de titanomagnetita, ilmenita e zircão no processo evolutivo do líquido magmático. Os valores decrescentes de nióbio e de ítrio são devido ao maior fracionamento magmático, com o empobrecimento de minerais ferromagnesianos.

Os valores de háfnio (Hf) na figura 12G, apresentam uma correlação negativa, decrescendo para as rochas mais diferenciadas. Os valores apresentados para gálio (Ga) na figura 12H, mostram uma heterogeneidade nas rochas menos evoluídas e valores que tendem a diminuir para rochas mais diferenciadas.

Nos diagramas de caracterização de ambiente geotectônico da figura 13 é identificado no diagrama da figura 13A de Batchelor & Bowden (1985), que as amostras são classificadas segundo um *trend* de distribuição, como pertencentes a um evento magmático sin-colisional para as rochas menos evoluídas e predominando nas rochas mais diferenciadas um ambiente basicamente pós-orogênico.

Nos diagramas das figuras 13B e C de Pearce et al. (1984), observa-se que as rochas são classificadas como possivelmente pertencentes a uma suíte magmática de granitos sin- a pós-colisionais associados ao final de arco magmático a anorogênicos de ambiente de intraplaca.

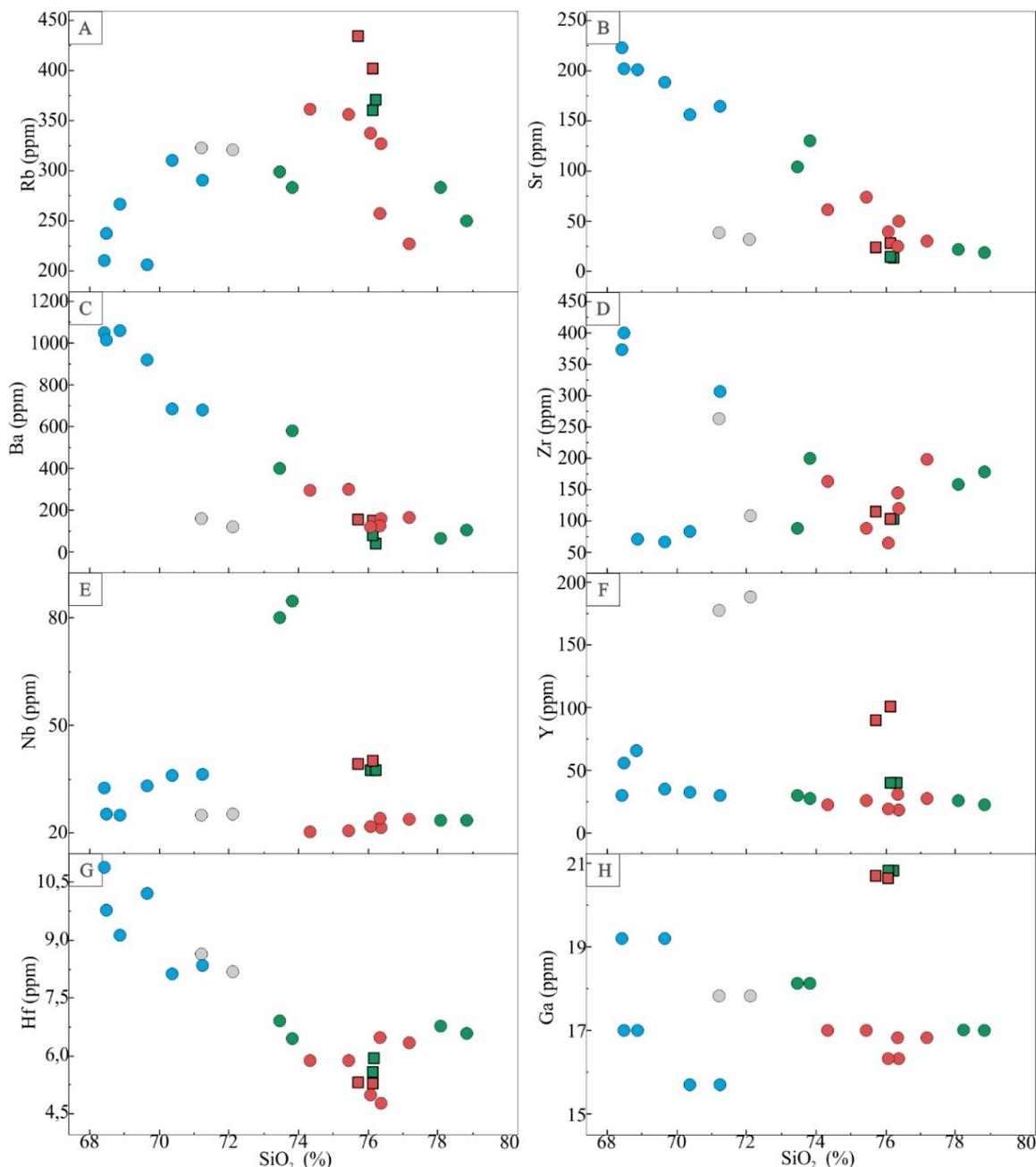


Figura 12 - Diagramas binários para elementos traços das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina.

No diagrama da figura 13D proposto por Whalen et al. (1987), o resultado obtido reforça este caráter das rochas compatíveis e transicionais entre o campo dos granitos do tipo I, granitos félsicos fracionados e para granitos tipo A, que condiz com os litotipos mais tardios e mais diferenciados.

No diagrama de classificação com base nas condições de oxidação da figura 13E de Frost et al. (2001), verifica-se que as amostras com teores em SiO₂ mais baixos, menos diferenciadas, são identificadas como granitos magnesianos do tipo I Cordilheranos de ambiente de arco magmático e as mais evoluídas para os granitos ferrosos do tipo A de ambiente intraplaca.

No diagrama de Dall'Agnol & Oliveira (2007), com base nas condições de oxidação da figura 13F, observa-se que as amostras apresentam uma disposição de granitos cálcio-alcalinos para as rochas das fácies iniciais a granitos do tipo A oxidados a reduzidos. As rochas rapakivi do *stock* Santa Blandina apresentam-se basicamente como granitos do tipo A reduzidos.

Nos diagramas das figuras 13G e H de Eby (1992), a maioria das amostras se agrupam no campo A1, sugerido para granitos pós-orogênicos a anorogênicos de ambiente intraplaca, gerados a partir da fusão de material de origem mantélica.

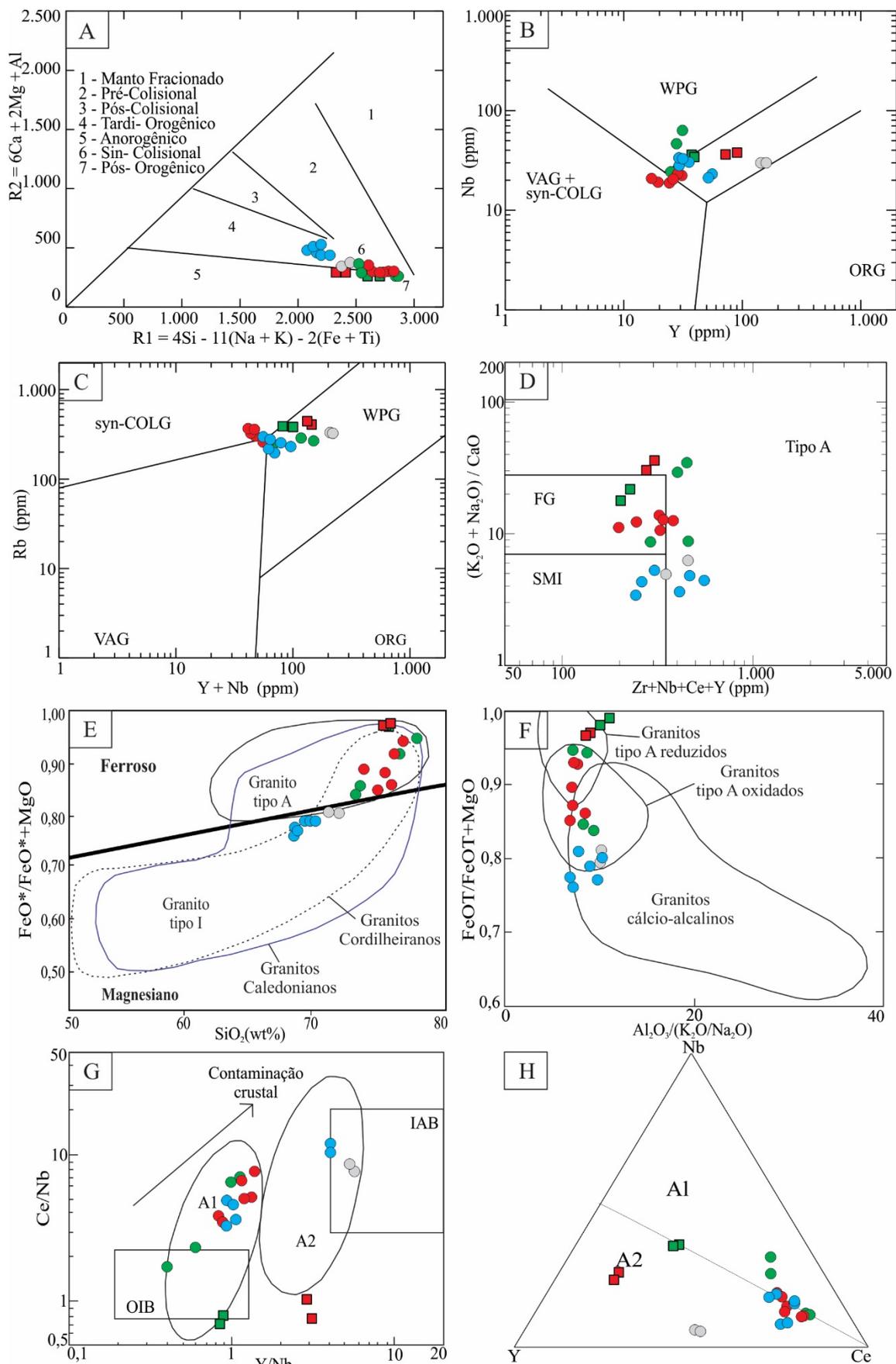


Figura 13 - Diagramas geoquímicos de ambientes tectônicos para elementos traços das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina. **A**) Batchelor & Bowden (1985); **B** e **C**) Pearce et al. (1984) (Syn-COLG) granitoide sin-colisional; (VAG) granitoide de arco vulcânico; (WPG) granitoide intraplaca; (ORG) granitoides de cadeias oceânicas; **D**) Whalen et al. (1987) - SMI: médias composicionais dos granitos dos tipos S, M e I; FG: granitos félsicos fracionados; **E**) Frost et al. (2001), **F**) Dall'Agnol & Oliveira (2007); **G** e **H**) Eby (1992) –OIB: Ilha Oceânica; IAB: Arco de Ilha; A1: granitos do tipo A de origem mantélica e A2: granitos do tipo A de origem crustal.

Nos variogramas de multielementos os elementos traço para as amostras do *stock* Campina do Veado, normalizados para os valores de meteoritos condriticos de Thompson (1982) da figura 14A e para os valores de crosta inferior e Weaver & Tarney (1984) na figura 14B exibem um forte empobrecimento em Ba, Sr, P, Ti e enriquecimento em Rb, Zr, Nb, Y, o que define rochas fortemente diferenciadas, típicas para os granitos do Tipo A ou Tipo I Caledonianos de Pitcher (1983).

Os diagramas de elementos terras raras (ETR) para as amostras do *stock* Campina do Veado foram normalizadas segundo os valores de meteoritos condriticos de Boynton (1984) (Figura 14C) e também normalizadas segundo os valores para crosta inferior Weaver & Tarney (1984) (Figura 14D). Os padrões de distribuições de elementos terras raras obtidos para as rochas são similares e com uma distribuição assimétrica e paralela, o que evidencia amostras distintas e cogenéticas, com valores crescentes de elementos terras raras para as rochas mais diferenciadas. Mostram anomalia negativa em Eu, que se acentua para as fácies mais diferenciadas. Exceção foi observada para um empobrecimento acentuado na distribuição do Cério (Ce) para as fácies constituídas por albita-microclínio granito a sienogranito vermelho para as rochas dos dois *stocks* graníticos.

O padrão geral de distribuição dos elementos terras raras (ETR), normalizados pelo condrito (Boynton, 1984), para as rochas das fácies do *stock* Campina do Veado encontram-se enumerados na tabela 5, apresentam para a Fácies de Monzogranito porfiroide róseo: $[La/Yb]_N = 14,26$; $[Eu/Eu^*]_N = 0,33$; $[Ce/Sm]_N = 3,71$; $[Gd/Yb]_N = 1,96$, para a Fácies Monzogranito e sienogranito a Albita-microclínio granito róseo: $[La/Yb]_N = 13,02$; $[Eu/Eu^*]_N = 0,24$; $[Ce/Sm]_N = 5,27$; $[Gd/Yb]_N = 1,20$ e para as rochas da Fácies Sienogranito a Microclínio granito vermelho: $[La/Yb]_N = 18,01$; $[Eu/Eu^*]_N = 0,20$; $[Ce/Sm]_N = 3,98$; $[Gd/Yb]_N = 1,64$ e para as rochas da Fácies Sienogranito Cinza: $[La/Yb]_N = 21,74$; $[Eu/Eu^*]_N = 0,25$; $[Ce/Sm]_N = 1,30$; $[Gd/Yb]_N = 1,99$.

Os padrões gerais de distribuições de elementos terras raras para as rochas das fácies do *stock* Campina do Veado apresentam distribuição assimétrica e paralela, o que evidencia amostras distintas e cogenéticas, com valores crescentes de elementos terras raras para as rochas mais diferenciadas.

Mostram anomalia negativa em Eu, o que sugere a intensificação do processo de fraciona-

mento magmático, a partir do magma inicial, através da remoção do plagioclásio e enriquecimento de feldspato potássico.

O valor médio de ETR apresentado para as fácies é de $[La/Yb=16,76]_N$, sugerindo que, durante o fracionamento magmático, ocorreu uma expressiva participação das fases enriquecidas em elementos terras raras pesadas.

O padrão geral de distribuição dos elementos terras raras (ETR), observado nas figuras 14C e D, são similares no geral ao que é observado para granito de tipo A com características de granitos *rapakivi*. Este padrão é caracterizado a partir de uma fraca assimetria, definida por um fraco enriquecimento em ETR leves (ETRL) com $[Ce/Sm]_N = 3,54$, em relação aos ETR pesadas (ETRP) com $[Gd/Yb]_N = 1,69$, constituindo um padrão sub-horizontal, forte anomalias de európio (Eu) e apresentando $[Eu/Eu^*]_N = 0,2$.

Pode-se observar nos diagramas dois padrões de distribuições similares e compatíveis para as rochas *rapakivi*, mas passíveis de distinção, sugerindo uma evolução distinta para os dois conjuntos. As rochas analisadas (Figuras 14E, F) sugerem um magmatismo *rapakivi* composicionalmente similar entre a evolução das Fácies de Monzogranito porfiroide róseo e a Fácies Monzogranito e sienogranito a albita-microclínio granito róseo.

As relações de campo observadas nas áreas expostas do *stock* mostram que o monzogranito porfiroide róseo constitui a rocha de maior abrangência e conseqüentemente a mais antiga e que é intrudida pelas rochas da Fácies Monzogranito e sienogranito a Albita-microclínio granito róseo.

Portanto, pelos diagramas das figuras 14 E, F, não pode ser sugerido uma evolução comagmática para as fácies por fracionamento magmático e sim como magma cogenético distinto.

As rochas (Figuras 14G, J) das Fácies Sienogranito a microclínio granito vermelho e da Fácies Sienogranito cinza, apresentam padrões distintos e provavelmente representam impulsos magmáticos finais e distintos na formação do *stock*.

Nos variogramas de multielementos os elementos traço das amostras do *stock* Santa Blandina, normalizado para os valores de meteoritos condriticos de Thompson (1982) (Figura 14A) e para os valores de crosta inferior na figura 14B de Weaver & Tarney (1984), observa-se:

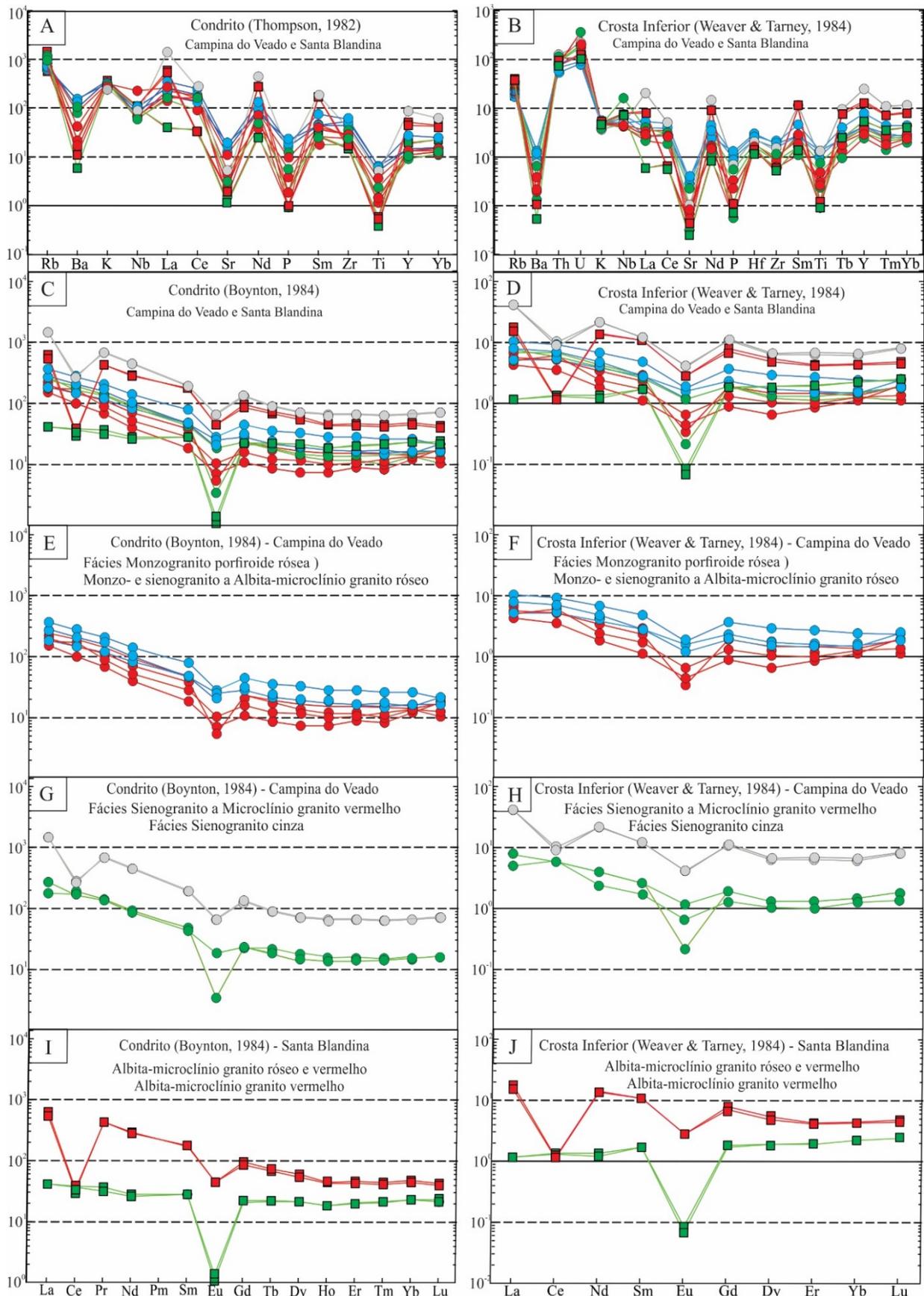


Figura 14 - Diagramas de variogramas de multielementos incompatíveis e elementos terra raras das rochas dos *stocks* graníticos Campina do Veado e Santa Blandina. Elementos incompatíveis normalizados: **A**) Valores para meteoritos condríticos de Thompson (1982) e **B**) Valores da crosta inferior de Weaver & Tarney (1984). Elementos terras raras normalizados: **C**) Valores dos meteoritos condríticos de Boynton (1984) e **D**) Valores da crosta inferior de Weaver & Tarney (1984). O padrão de fracionamento resultante da composição de ETRT (total) observado (Figuras **C**, **D**), demonstra uma fraca assimetria, definida por um fraco enriquecimento em ETR leves (ETRL), em relação aos ETR pesados (ETRP), constituindo um padrão sub-horizontal e forte anomalia negativa de európio (Eu).

As rochas do *stock* Santa Blandina exibem um padrão semelhante ao Campina do Veado, o que evidencia rochas fortemente diferenciadas, típica para granitos do Tipo A ou Tipo I Caledonianos de Pitcher (1983).

O padrão geral de distribuição dos elementos terras raras para as rochas das fácies do *stock* Santa Blandina, normalizados pelo condrito (Boynton, 1984) (Figura 14I) e normalizadas segundo os valores para crosta inferior Weaver & Tarney (1984) (Figura 14J), apresentam uma distribuição assimétrica e paralela, com valores crescentes de elementos terras raras para as rochas mais diferenciadas.

Apresenta para as rochas da Fácies Albita-

CONCLUSÕES

As rochas dos *stocks* Campina do Veado e Santa Blandina apresentam-se intrusivas em rochas da sequência metavulcanossedimentar terrígenas e química de idade meso- a neoproterozoica do Grupo Itaiacoca e suas ocorrências dispõem-se na direção geral NE-SW, paralelo a direção de deformação da Zona de Cisalhamento Itapirapuã.

As rochas do *stock* Campina do Veado constituem um corpo com uma exposição inferior a 20 Km² e ocorrem na interface dos contrafortes erosivos da Unidade Geomorfológica da Depressão Periférica, afloram no leito do rio Taquari Guaçu. Dispõem-se em pequenas exposições das litologias do maciço na forma de matacões, parcialmente encobertos com solo ou expostos ao longo da drenagem.

Nas encostas das *cuestas* erosivas, constituídas pelas rochas sedimentares dos Grupos Furnas e Itararé, encontram-se taludes expressivos de rochas fragmentadas diversificadas de natureza sedimentar, não permitindo o reconhecimento dos contatos bruscos das rochas ígneas e a discordância erosiva sedimentar.

As rochas do *stock* Santa Blandina com uma exposição inferior a 4 Km², são identificadas por duas ocorrências pequenas e isoladas, localizadas na direção nordeste, sendo a ocorrência principal identificada por estar nas proximidades dos escarnitos mineralizados da Mina de Cobre Santa Blandina. Não foram reconhecidas duas das exposições graníticas (Bairro Antunes e Bairro SANBRA) nas proximidades, que constam na literatura geológica.

São constituídos predominantemente por rochas plutônicas de granulação grossa e secundária-

microclínio granito róseo a vermelho: $[La/Yb]_N = 12,69$; $[Eu/Eu^*]_N = 0,20$; $[Ce/Sm]_N = 0,18$; $[Gd/Yb]_N = 1,95$ e para as rochas da Fácies Albita- microclínio granito vermelho um forte empobrecimento dos ETR, com valores de: $[La/Yb]_N = 1,77$; $[Eu/Eu^*]_N = 0,03$; $[Ce/Sm]_N = 1,36$; $[Gd/Yb]_N = 0,93$.

Ambos os padrões são, como observado nas figuras 14I e J, similares ao observado para granito de tipo A e com características de granitos *rapakivi*, demonstrado a partir de uma fraca assimetria, definida por um fraco enriquecimento em ETRL em relação aos ETRP constituindo um padrão subhorizontal e fortes anomalias de európio (Eu).

mente de granulação fina a média e estão caracterizadas por variedades texturais principais de composição monzogranítica e sienogranítica e por albita-microclínio granito, de coloração rósea a vermelha, e localmente cinza. São rochas holo- a leucocráticas com a presença de biotita, inequigranulares de granulação média a grossa, frequentemente porfiríticas e rapakivi e mais raramente equi- a inequigranulares e isotrópicas a localmente cataclásticas.

As relações espaciais, mineralógicas, petrográficas e geoquímicas apresentam uma relação e semelhança entre as fácies dos diferentes *stocks*, o que sugere que possivelmente constituem em superfície um corpo único.

A composição mineralógica compreende microclínio pertítico, oligoclásio, albita, quartzo, biotita e minerais acessórios como zircão, apatita, titanita, allanita e minerais opacos. Os minerais secundários são constituídos por (sericita e epidoto) envoltos por processos de saussuritização de plagioclásios, caulinição de feldspato potássico, clorita a partir da cloritização de biotitas e raros pseudomorfos de hornblenda, além da caulinição dos feldspatos.

As feições marcantes em todas as variedades litológicas são as texturas *rapakivi*, definidas pelos fenocristais de feldspatos potássio ovalados róseos manteados por albita/oligoclásio branco, além de fenocristais subeudrais, abundância de fenocristais de quartzo corroído, com formas globulares com tonalidades azuladas e cristais intersticiais, oligoclásio uniforme e zonado e biotita dispersa caoticamente ou em glúmeros.

As análises de química mineral confirmaram o caráter sódico do plagioclásio na fácies mais

fracionada e indicam variação química da composição da biotita.

Quimicamente as rochas dos *stocks* apresentam altos valores de SiO₂, K₂O e Na₂O e mostram que as rochas do maciço se distribuem sob dois padrões: o das rochas iniciais do *stock* que são pertencentes às séries cálcio-alcálicas de alto potássio a shoshonítica, de caráter peraluminoso, correlacionados a granito do tipo I, pós-colisionais extensional ou caledonianos, altamente diferenciados.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus 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.; MORGENTHAU, 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, p. 63-72, 1957.
- 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.
- ARRUDA, M.R. **Mineralogia da Mina de Cobre de Santa Blandina, em Itapeva, Estado de São Paulo**. São Paulo, 1971, 180 p. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo.
- BARBOSA, O. Relatório de pesquisa da Mina de Cobre Santa Blandina, em Itapeva, estado de São Paulo. (Inédito). **Departamento Nacional de Produção Mineral**, 1960a.
- BARBOSA, O. Rochas pirometassomáticas da Mina de Cobre Santa Blandina, município de Itapeva, estado de São Paulo. **Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral**, 1960b
- BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitic rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, v. 48, p. 43-55, 1985.
- BISTRICH, C.A.; ALMEIDA, M.A.; STEIN, D.P. **Geologia das folhas Barra do Chapéu (SG.22-X-B-I-4) e Araçaíba (SG.22-XF-II-3), estados de São Paulo e Paraná**. São Paulo, Contrato IPT/ Pró-Minério, v. 1, 104 p. (IPT. Relatório 22.150), 1985.
- BISTRICH, 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.
- BITTENCOURT, M.F. & NARDI, L.V.S. Late to post-collisional Brazilian granitic magmatism in southernmost Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 65, n. (supl.1), p. 3-16, 1993.
- BOLONINI, T.M. & GODOY, A.M. Geologia e Geoquímica das rochas graníticas do Maciço Capão Bonito, SP. São Paulo, *Geociências*, v. 32, n. 3, p. 452-470, 2013.
- 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.
- BRUMATTI, M.; RODRIGUES, S.W.O.; SALAZAR, C.A. Geoquímica dos Granitos Anarogênicos Sguário E Capão Bonito Do Domínio Apiaí (Cinturão Ribeira, SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, XIII E SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAISES MERCOSUL, III, Gramado, 2011. *Atas...*Gramado: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 2011, Cd-Room
- 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 (Apiaí Domain). **Precambrian Research**, v. 98, p. 31-51, 1999.
- CHIODI FILHO, C.; TAKAHASHI, A.T.; SILVA, C.R.; FERREIRA, J.C.G. **Projeto Capão Bonito**. Relatório final – CPRM, v I, Rio de Janeiro, 121 p., 1983.
- COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Projeto Aerogeofísico Paraná-Santa Catarina**, 2011.
- CORDANI, U.G.; BITTENCOURT, I.; BETTENCOURT, 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, p. 93, 1971.
- 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.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. **Rock forming minerals**. Londres, Longman, 558 p., 1963.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. **An introduction to**

- the rock-forming minerals.** Harlow, Essex, England: New York, NY: Longman Scientific & Technical, 696 p., 1992.
- EBY, G.N. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. **Geology**, v. 20, p. 641-644, 1992.
- EL BOUSEILY, A.M. & EL SOKKARY, A.A. The Relation between Rb, Ba and Sr in Granitic Rocks. **Chemical Geology**, v. 16, p. 207-219, 1975.
- 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, 1981a.
- FRANCISCONI, O. **Mapa Geológico, Folha Itararé (SG.22-X-B-I) 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, 1981b.
- FROST, B.R.; BARNES, C.G.; COLLINS, W.J.; ARCULUS, R.J.; ELLIS, D.J.; FROST, C.D. A geochemical classification for granitic rocks. **Journal of Petrology**, v. 40, p. 261-293, 2001.
- 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 Apiaí – 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.
- GIMENEZ FILHO, A.; JANASI, V.A.; CAMPANHA, G.A.C.; TEIXEIRA, W.; TREVIZOLI JÚNIOR, L.E. U-Pb dating and Rb-Sr isotope geochemistry of the eastern portion of the Três Córregos batholith, Ribeira Fold Belt, São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, p. 45-50, 2000.
- 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 Granitóides 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.
- GORAIEB, C.L. **Aspectos geológicos e metalogenéticos do Maciço Correas.** São Paulo, 1995. 150 p. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- GORAIEB, C.L. **Contribuição à gênese do depósito primário polimetálico (Sn, W + Zn, Cu, Pb) Correas, Ribeirão Branco (SP).** São Paulo, 2001. 215 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.
- HARKER, A. **The Natural History of Igneous Rocks.** London, Methuen, 384 p., 1909.
- HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. Província Mantiqueira. Setor Central. In: ALMEIDA, F.F. & HASUI, Y. (Eds). **O Pre-Cambriano do Brasil.** São Paulo, p. 308-344, 1984.
- 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.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. The Ribeira folded belt. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 5, n. 4, p. 257-266, 1975.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. Os Granitos e Granitóides 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.
- 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.
- HIRUMA, S.T.; FERRARI, J.A.; AMARAL, R.; HONÓRIO, R.F. Mapeamento e caracterização de feições cársticas de superfície na faixa Itaiacoca nas regiões de Nova Campina e Bom Sucesso de Itararé, SP/PR. **Rev. Inst. Geol.**, São Paulo, v. 27-28, n. 1/2, p. 1-12, 2007.
- JANASI, V.A. & ULBRICH, H.H.G.J. Inventário Bibliográfico de Granitos do Estado de São Paulo. **Boletim Instituto de Geociências.** Publicação Especial, v. 11, 253 p., 1992
- JANASI, V.A.; LEITE, R.J.; VAN SCHMUS, W.R. U-Pb chronostratigraphy of the granitic magmatism in the Agudos Grandes Batholith (west of São Paulo, Brazil) - implications for the evolution of the Ribeira Belt. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, p. 363-376, 2001.
- KAEFER, L.K. & ALAGARTE, J.P. **Projeto Sudeste do estado de São Paulo.** Folha Itararé (SG.22-X-B). São Paulo. CPRM/DNPM, 1972
- KAUL, P.F.T. Significado dos granitos anorogênicos da Suíte Intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do sul-sudeste do Brasil no âmbito das Folhas SG-22 Curitiba e SG-23-Iguape. In: CONGRESSO BRÁSILEIRO GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro, 1984. **Anais...Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 6, 1984, p. 2815-2825.
- MANIAR, P.D. & PICOLLI, P.M. Tectonic Discrimination of Granitoids. **Geological Society of America Bulletin**, v. 101, p. 635-643, 1989.
- 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.
- MELCHER, G.C.; CORDANI, U.G.; DAMASCENO, E.C.; GIRARDT, 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, 1971, São Paulo. **Boletim de Resumos...São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia**, p. 193, 1971
- MELCHER, G.C.; GOMES, C.B.; CORDANI, U.G.; BETTENCOURT, J.S.; DAMACENO, 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.
- MELFI, A.J. **Relatório sobre a geologia da Mina Santa Blandina e arredor.** 1964.
- MIDDLEMOST, E.A.K. **Magma and magmatic rocks.** Longman, London, 1985.
- 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.
- PEREIRA, C.S.; VINÍCIUS, M.A.; CHAVES, S.C. Mapeamento Geológico da Folha Itapeva – Área I (escala 1:25.000). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, XXVI, Natal. 2015. **Anais...Natal: Sociedade Brasileira de Geologia**, 2015, Cd-Roon
- PERROTTA, M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; FOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO,

- J.V. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, 1:750.000.** Programa Geologia do Brasil (PGB), CPRM, São Paulo, 2005.
- PETRI, S & FULFARO, V.J. Considerações geológicas sobre a região de Itapeva, SP. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 16, n. 1p. 25-42, 1967.
- PETRI, S. & SUGUIO, K. Sobre os metassedimentos do grupo Açungui do extremo sul do estado de São Paulo. São Paulo. **Secretaria de Serviços e Obras Públicas/Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP**, p. 1-98, 1969.
- PITCHER, W.S. Granite type and tectonic environment. In: HSU KENETH, J. (ed.) **Mountain building processes**. Acad. Press. London. cp. I- 3, p. 19-40, 1983.
- 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, São Paulo.
- PRAZERES FILHO, H.J. **Caracterização geológica e petrogenética do Batólito Granítico Três 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.; GUIMARAES, G.; BASEI, M.; SIGA JUNIOR, J.M.; CAMPANHA, G.; SALLUN FILHO, W. Mapa geológico 1:50.000 da porção centro-sul da faixa Itaiacoca, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, 1998, p. 36.
- 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. **Boletim IG-USP/ Série Científica**, São Paulo, v. 3, p. 51-70, 2003.
- REIS NETO, J.M. **Faixa Itaiacoca: registro de uma colisão entre dois blocos continentais no Neoproterozoico.** São Paulo, 1994. 253 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- RODRIGUES, S.W.O. & CALTABELOTI, F. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Itararé SB.22-X-B-I, Estados de São Paulo e Paraná, Escala 1:100.000.** São Paulo: Programa Geologia do Brasil – PGB. Levantamentos Geológicos Básicos. CPRM, 117 p., 2012.
- SALLUN FILHO, W. **Análise dos Estromatólitos do Grupo Itaiacoca (Proterozoico), ao Sul de Itapeva, SP.** São Paulo, 1999. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo
- SANTORO, E. & FRASCÁ, M.H.O. A Formação Itaiacoca na região de Itapeva, São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 1, Rio de Janeiro, 1989. **Boletim de Resumos...**Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1989, p. 99-100.
- SILVA, A.T.S.F.; FRANCISCONI, O.; GODOY, A.M.; BATOLLA Jr, F. **Projeto integração e detalhe geológico no vale do Ribeira: Relatório Final de integração geológica.** São Paulo: DNPM/CPRM, 1981.
- SOUZA, A.P. **Mapa geológico na escala 1:50.000 e esboço da evolução tectônica e sedimentar do Grupo Itaiacoca, nas folhas Barra do Chapéu e Ouro Verde – SP/PR.** São Paulo, 1990. 200 p. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo
- TAKAHASHI, A.T.; FERREIRA, J.C.G.; THEODOROVICZ, A.; BATOLLA JUNIOR, F.; CHIODI FILHO, C. **Mapa Geológico da Folha Guapiara (SG.22-X-B-II-2).** SUREG-SP. Relatório Final, 130 p., 1984.
- 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.
- THEODOROVICZ, A.; CÂMARA, M.M.; MORAES, S.M.; GODOY, H.K.; TAKAHASHI, A.T. **Projeto Engenheiro Maia-Ribeirão Branco: Relatório Final.** São Paulo. Contrato CPRM/PROMINÉRIO. 2 v., 1986.
- THEODOROVICZ, A.; CÂMARA, M.M.; TAKAHASHI, A.T.; MORAES, S.M.; GODOY, H.K. Geologia do Pré-Cambriano das Folhas Engenheiro, Maia e Ribeirão Branco, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. **Anais...**Belém: Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, v. 6, p. 2713-2726.
- THOMPSON, R.N. British Tertiary volcanic province. **Journal of Geology**, v. 18, p. 49-107, 1982.
- TREIN, E.; REIS, N.J.M.; BIONDI, J.C.; MONASTIER, M.S. Revisão da formação Itaiacoca: identificação de uma sequência metavulcanossedimentar em Abapã (PR). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5, 1985, São Paulo. **Atas...**São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1985. p. 169-185.
- VIEIRA, O.A.R.P. **Geologia da Folha Guapiara 1:50000 (SG-22-X-B-II-2).** Rio Claro, 2017. 145p. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências e Ciências Exatas-Universidade Estadual Paulista.
- 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
- VLACH, S.R.F.; JANASI, V.A.; VASCONCELLOS, A.C.B.C. The Itú Belt: associated calc alkaline and aluminous a-type late Brasiliano granitoids in the states of São Paulo and Paraná, southern Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. **Anais...**Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4, p. 1700-1711, 1990.
- WEAVER, B. & TARNEY, J. Empirical approach to estimating the composition of the continental crust. **Nature**, v. 310, p. 575-577, 1984.
- WERNICK, E. The Pluriserial Ribeira Magmatic System 590, SE/S Brazil and Uruguay. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, SP, v. 28, n. 4, p. 533-542, 1998.
- WERNICK, E. Arc-related Rapakivi Granites from the Ribeira Fold Belt, SE Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 1, p. 20-24, 2000.
- WERNICK, E.; GALEMBECK, T.M.B.; GODOY, A.M.; HERMANN, P.K. Geochemical variability of the Rapakivi Itu Province, State of São Paulo, SE Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 69, n. 3, p. 395-413, 1997.
- WHALEN, J.W.; CURRIE, K.L.; CHAPPEL, B.W. A-Type Granites: Geochemical Characteristics, Discrimination and Petrogenesis. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 95, p. 407-419, 1987.

Submetido em 16 de outubro de 2020

Aceito para publicação em 7 de janeiro de 2021