



Petrografia e química mineral do Stock granítico Serra do Barriga – Sobral, CE

¹Irani Clezar Mattos, ²José A. de Nogueira Neto, ³Antonio Carlos Arthur

Recebido em 3 de fevereiro de 2010 / Aceito em 4 de abril de 2011

Resumo

Estudos sobre aspectos petrográficos e de química mineral no *Stock* Granítico Serra do Barriga (SGSB) mostram tipos faciológicos que variam de sienogranitos e monzogranitos inequigranulares a megaporfíricos diferenciados pela coloração, aspectos composicionais e texturais, alguns são utilizados como rochas ornamentais. Apesar da similaridade mineralógica entre os fácies, existem algumas diferenças na composição química dos minerais, a qual permitiu a classificação dos mesmos através de diagramas. O feldspato potássico é representado pelo ortoclásio, os plagioclásios mostram transição de albita para oligoclásio. As biotitas posicionam-se no campo da annita com tendência a siderofilita, enquanto que as cloritas correspondem à dafinita e os anfibólios a ferro-edenita. As transformações minerais pós-magmáticas ou hidrotermais como exsolução, potassificação, albitização, cloritização, sericitização e neoformação de fluorita são comuns no SGSB e convergem para a ideia de que os fácies foram formados por um mesmo evento magmático, sendo que os sienogranitos (RI, RO e BCQ) corresponderiam a faciologias originadas por fracionamento de um mesmo magma parental, acrescidas por novo pulso magmático mais máfico representado pelo monzogranito megaporfírico (RO).

Palavras Chave: Stock Serra do Barriga, petrografia, química mineral

Abstract

Petrographic analyses and mineral geochemical studies in Granitic Stock Serra do Barriga (SGSB) show faciological types that varies from inequigranular to megaporphyritic syenogranitic and monzogranitic differentiate by color, composition, and textural aspects, some this are employed as dimensional stones. Despite the mineralogical similarity between the facies, there are some differences in chemical composition of minerals, which permitted the classification of these through diagrams. The potassic feldspar is represented by orthoclase, plagioclase show the transition from albite to oligoclase. The biotites are positioned in the field of annite with trend to siderophilite, while chlorites match dafinite amphiboles and iron-Edenites. The changes in late-magmatic minerals or hydrothermal as exsolution, potassification, albitization, chloritization, sericitization and new formation of fluorite are common in SGSB and converge on the thought that the facies were formed by the same magmatic event, and the syenogranitics (RI, RO and BCQ) correspond to faciology originated by fractioning of a unique parental magma, added by a more mafic new magmatic pulse represented by megaporphyritic monzogranitic (RO).

Keywords: Stock Serra of Barriga, petrography, mineral chemistry

¹DEGEO - UFC, irani.mattos@ufc.br ; - Campus do Pici, Bloco 912, CEP 60.455- 780. Fortaleza/CE e

³DPM . IGCE/UNESP, acartur@igce.unesp.br

1. Introdução

Na Província Borborema é predominante a ocorrência de extensas zonas de cisalhamento, ao longo das quais ocorreram posicionamentos de corpos com variadas dimensões de rochas predominantemente graníticas e granodioríticas de idade Neoproterozóica. A ocorrência e a exposição destes corpos geraram grandes potenciais para rochas ornamentais.

O objeto de pesquisa é o *stock* granítico Serra do Barriga (SGSB), localizado no município de Sobral, porção NNW do Ceará (Fig. 1). Apresenta forma arredondada do tipo circunscrita e estruturação interna pseudoanelar, cujo diâmetro aproximado é de 6 km e extensão de 30 km² (Mattos, 2005).

A variação faciológica deste granito permitiu sua exploração comercial como rocha ornamental, em virtude de diferentes características texturais e cromáticas. É composto por fenocristais idiomórficos de plagioclásios e feldspatos alcalinos, em meio a uma matriz quartzo-felspática, com mica branca, clorita e biotita com textura variando entre inequigranular a porfiróide.

A resistência das rochas ornamentais está condicionada às suas características mineralógicas, estruturais, texturais, físico-mecânicas e geoquímicas. A caracterização petrográfica e a química mineral adquirem relevância como ferramenta de apoio na determinação do uso das rochas. As análises de química mineral realizadas no granito objetivam um melhor entendimento sobre a composição dos principais minerais, suas relações genéticas com o granito (sin ou epigenéticas) e conseqüentemente a classificação destes minerais (através de diagramas) apresentadas neste trabalho.

2. Contexto Geológico

Na Província Borborema a Orogênese Brasileira mostra uma intensa granitogênese, sendo

que no domínio tectônico Ceará Central (DCC) grande parte dos granitos brasileiros são posteriores tanto à tectônica tangencial como à transcorrente, enquadrados como granitos tardi ou pós- tectônico, com cerca de 585 Ma. (Nogueira, 2004, Nogueira Neto *et al.* 1997c e Almeida, 1995). O *Stock* Granítico Serra do Barriga (SGSB) com idade definida em 522 Ma (Mattos, 2007) constitui um dos diversos corpos graníticos que intruiu a porção noroeste do DCC ao final do Ciclo Brasileiro (Fig. 1).

O SGSB constitui parte de um evento magmático, responsável por diversas intrusões magmáticas (Morrinhos, Pajé, Mucambo, Santa Rosa, entre outros). O granito exhibe suaves foliações magmáticas na borda do maciço, além de veios aplíticos, xenólitos, textura porfiróide, cumulática e pegmatóide, sendo mais isótropo e homogêneo das bordas para o centro do corpo (Mattos, 2005).

O SGSB possui variadas texturas e tonalidades resultantes da incorporação de novos pulsos magmáticos, da assimilação de xenólitos da encaixante e também por alterações tardi a pós-magmáticas. Estas variações compõem diversos tipos faciológicos, de coloração rosa inequigranular, rosa acinzentado porfirítico, rosa claro, rosa pegmatítico, branco porfirítico, branco inequigranular grosso e branco acinzentado de granulação média a grossa. Porém nem todos fácies são passíveis de separação, visto que alguns apresentam limites transicionais e outros não exibem extensão mapeável.

3. Metodologia

Nesta pesquisa foram selecionados apenas os tipos explorados como rochas ornamentais denominados respectivamente na forma comercial e petrográfica como: Rosa Iracema - sienogranito inequigranular grosso de coloração rosa; Rosa Olinda - monzogranito porfirítico de coloração rosa acinzentada; Branco Savana - sienogranito inequigranular médio a grosso de coloração branca

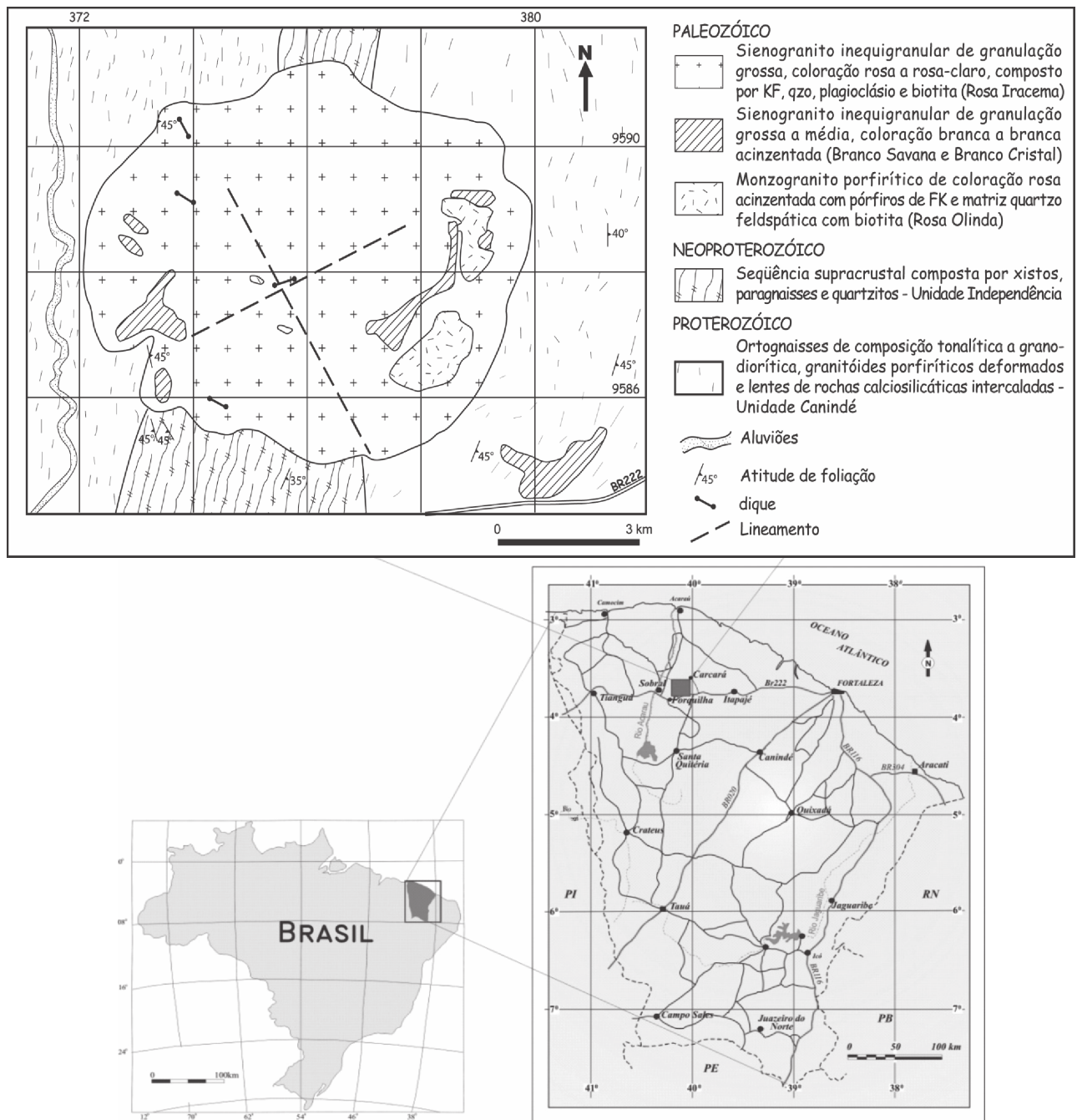


Fig. 1- Mapas de localização e geológico do Stock Granítico Serra do Barriga (SGSB) com suas principais variações faciológicas.

e Branco Cristal Quartzo - sienogranito inequigranular grosso de coloração branca.

Foram desenvolvidos estudos detalhados da composição mineralógica dos quatro tipos faciológicos do SGSB anteriormente descritos, sob os pontos de vista petrográfico e de química mineral.

Considerando fundamental a análise petrográfica na avaliação do comportamento

tecnológico das rochas, foram quantificados os parâmetros composicionais, texturais e estruturais (tamanho, forma, relações de contatos), além de tipos e graus de alteração dos minerais. Para tanto foram tomadas por base as orientações de Rodrigues *et al.* (1997), Navarro (1998) e da NBR 12.768 (ABNT 1992a).

Tipo e grau de alteração foram quantificados para plagioclásios (saussuritização, sericitização e

e epidotização), feldspato potássico (sericitização e formação de argilominerais) e minerais máficos (cloritização, epidotização e oxidação). Estas alterações foram classificadas em grau intenso, mais de 60% da superfície mineral afetado; grau moderado, de 60 a 30 % da superfície com alteração e grau incipiente, com menos de 30% da superfície mineral com sinais de alteração (Mattos, 2005).

O estudo petrográfico seguiu rotina usual para tais análises, sendo efetuado em microscópio petrográfico binocular Nikon, do Laboratório de Petrografia do DEGEO-UFC em 25 lâminas delgadas. Nesta etapa foi possível identificar os minerais para a análise de química mineral por microsonda eletrônica. Foram captadas 40 imagens e fotomicrografias dos minerais em 6 seções delgadas.

As análises químicas foram obtidas por microsonda eletrônica JEOL (JXA – 8600), do Laboratório de Microscopia e Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da USP, cujas condições instrumentais de análise foram as seguintes: potencial de aceleração: 15Kv; corrente de amostra: 10nA; diâmetro do feixe eletrônico de 5 μ . Foram realizadas 141 análises (24 em feldspato potássico, 53 em plagioclásio, 22 em biotita, 26 em clorita, 11 em muscovita e 5 em anfibólio), visando avaliar e comparar a química mineral entre os quatro fácies graníticos do SGSB. (Nogueira Neto *et al.*, 2002).

Os dados foram tratados por meio do software MINPET versão 2.02 (Richard, 1995), para ambiente Windows, contendo métodos para cálculo das fórmulas estruturais dos minerais, bem como diagramas de classificação mineral.

3. Petrografia

O SGSB possui granulação média a grossa, são hipidiomórficos, compostos por microclínio, quartzo e plagioclásios (albita e oligoclásio), apresentam como minerais acessórios biotita, hornblenda, apatita, opacos, titanita, allanita e fluorita. Minerais secundários estão representados por sericita, muscovita, clorita, epidoto, carbonatos e argilominerais, além de óxidos e hidróxidos de ferro.

Correspondem a variedades de sienogranitos e monzogranitos inequigranulares a megaporfiríticos, com predomínio dos sienogranitos inequigranulares, conforme classificação modal dos fácies (Fig. 2).

São comuns oscilações nas dimensões e concentrações de feldspatos e quartzo, modificando não só a textura, de inequigranular para megaporfirítico (até feições pegmatóides localizadas), como também a coloração, que modifica de rosa para rosa claro e de branco para branco acinzentado. Todas estas variações entre os fácies estudados estão resumidas na Tabela 1.

4. Química mineral – análises e resultados

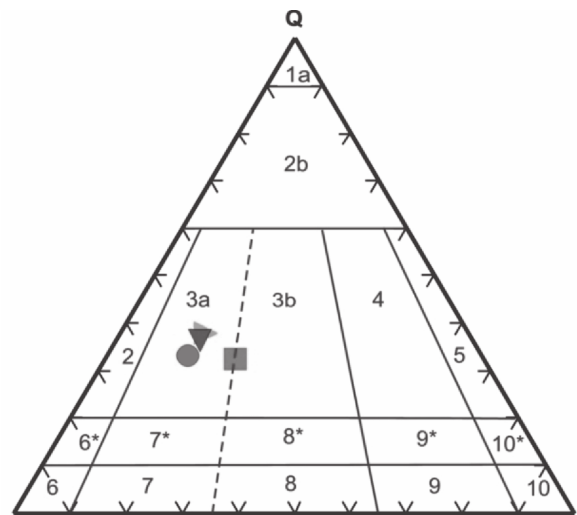
Considerando os quatro fácies petrográficos, as análises de química mineral foram direcionadas aos minerais mais instáveis como biotitas, muscovitas, cloritas, anfibólios e feldspatos. O cálculo das fórmulas estruturais obedeceram aos parâmetros: biotitas – base de 24 oxigênios (Deer *et al.*, 1992); muscovitas – 22 oxigênios; cloritas – 36 oxigênios; anfibólios – 15 cátions e 23 oxigênios (Robinson *et al.*, 1981) e feldspatos – base de 32 oxigênios (Deer *et al.*, 1992). O resultado das análises permitiu relacionar a concentração química (com respectivos valores mínimos e máximos) dos elementos formadores dos minerais constituintes de cada fácies. Alguns diagramas foram selecionados visando enquadrar e determinar a classificação dos minerais. Parte dos resultados obtidos anteriormente Nogueira Neto *et al.* (2002) permitiu uma análise prévia de feldspato, clorita, biotita e anfibólio dos fácies Sienogranito Médio-Grosso (BS) e Sienogranito Grosso (RI).

SIENOGANITO INEQUIGRANULAR GROSSO - ROSA IRACEMA (RI)

FELDSPATOS - Apresentam alterações para minerais de argila, micas brancas ou epidoto, que registram a ocorrência de eventos hidrotermais e/ou tardi-magmáticos, visto que em ambiências ricas em alumínio, sericita e muscovita podem ser geradas as expensas de plagioclásios e feldspato potássico (Nogueira Neto *et al.*, 2002).

Tab. 1: Síntese das características petrográficas dos quatro tipos graníticos ornamentais do Stock Granítico Serra do Barriga (SGSB).

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS		ROSA IRACEMA	ROSA OLINDA	BRANCO SAVANA	BRANCO CRISTAL QUARTZO
Coloração		Rosa a Rosa claro	Rosa acinzentado	Branco acinzentado	Branco acinzentado
Estrutura		Isotrópica	Isotrópica	Isotrópica	Isotrópica
Textura		Inequigranular	Megaporfirítico serial	Inequigranular	Inequigranular
Granulação		Média-Grossa	Média-Grossa (matriz)	Média a Grossa	Média-Grossa
Mineralogia (%)	Quartzo	30,0	28,0	34,0	35,0
	Feldspato potásico	43,0	36,0	43,0	40,0
	Albita	4,5	2,2	2,0	3,0
	Oligoclásio	13,0	19,8	14,0	14,0
	Biotita	6,0	10,0	5,0	4,0
	Hornblenda	0,5	0,5	-	-
	Titanita, apatita, zircão, opacos, allanita	1,0	2,0	0,5	1,0
	Fluorita, Clorita, muscov., sericita, argilomin., epidoto, carbonatos, óxido/hidr. ferro	2,0	1,5	1,0	2,5
Total minerais máficos (%)		7,5	13,0	7,0	8,0
Granulação (mm)	Variação	0,3 a 40	0,2 a 30	0,3 a 15	0,4 a 30
	Predominância	5 a 15	7,0 a 20	3 a 6	4 a 8
Alteração Mineral	Feldspato K	Baixo/ Moderado	Baixo	Moderado	Moderado
	Plagioclásio	Moderado	Baixo	Moderado	Moderado
	Biotita	Moderado/alto	Baixo	Moderado/alto	Moderado/alto
Classificação Petrográfica		Sienogranito inequigranular grosso	Biotita monzogranito megaporfirítico	Sienogranito inequigranular médio-grosso	Sienogranito inequigranular grosso

Fig. 2 - Diagrama modal QAP. Nomeclatura e divisão dos campos, segundo Streckeisen (1976). Legenda: \bullet % Rosa Iracema, \square % Rosa Olinda, $\frac{1}{4}$ % Branco Savana e \circ % Branco Cristal Quartzos. 3a sienogranito e 3b monzogranito.

Considerando os termos extremos da solução sólida Ab-An-Or (Deer et al. 1992), os feldspatos potássicos possuem albita variando entre 4,1 até 8,9 (Ab_{4,1-8,9}) e Ortoclásio entre 91,1 até 95,8 (Or_{91,1-95,8}) cuja fórmula estrutural na base de 32 oxigênios, corresponde a: Na_(0,0405-0,088), K_(0,904-0,957) [Al_(0,986-0,990) Si_(3,005-3,009)] O₈.

Os plagioclásios exibem proporção de Albita entre 71,5 a 96,3 (Ab_{71,5-96,3}) e Anortita de 0,8 até 15,8 (An_{0,8-15,8}), posicionando os plagioclásios entre os termos albita – oligoclásio, com a seguinte composição: Na_(0,177-0,940), Ca_(0,008-0,039), K_(0,004-1,100) [Al_(1,000-1,140) Si_(2,854-2,998)] O₈.

Os plagioclásios variam entre albita e oligoclásio, enquanto os feldspatos potássico, em sua grande maioria estão representados pelo ortoclásio (Fig. 3).

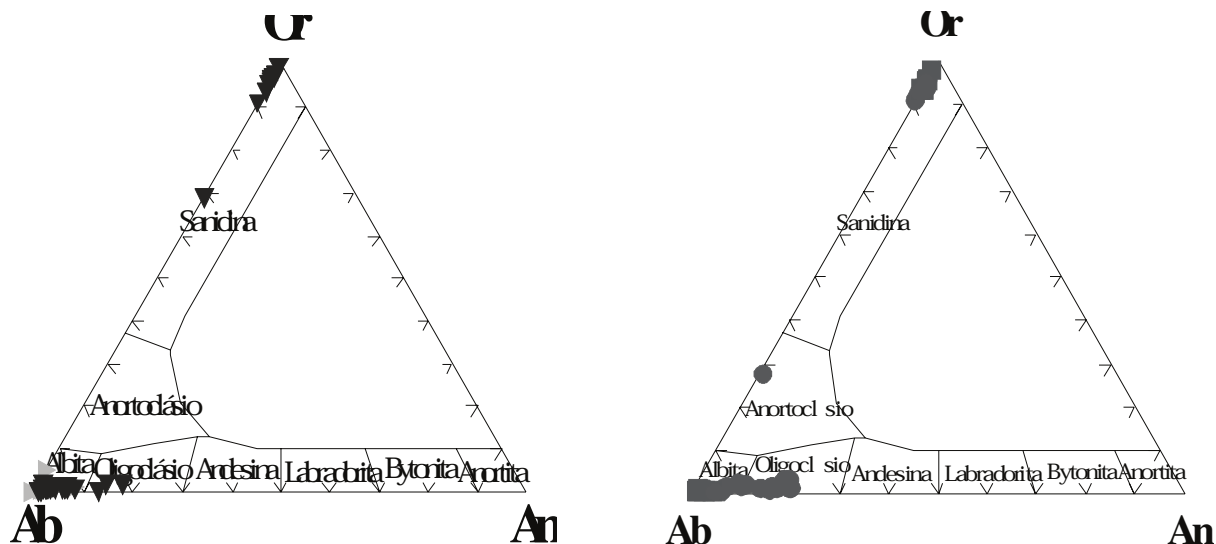


Fig. 3 A e B - Diagrama ternário segundo Deer et al.,(1992) de classificação de feldspatos. Os plagioclásios do SGSB são do tipo albita (Ab_{71,96}) enquanto os feldspatos alcalinos correspondem ao ortoclásio (Or_{91,98}). Observar a variação da composição dos plagioclásios dos tipos Rosas A (RI e RO) e Brancos B (BS e BCQ), entre albita e oligoclásio, sugerindo uma maior quantidade de cálcio nos plagioclásios destes granitos. Legenda: ĩ% Rosa Iracema, % Rosa Olinda, %Branco Savana e °%Branco Cristal Quartzo.

conservadas. A transformação da biotita para muscovita está evidenciada também pela alteração do pleocroísmo de tonalidades marrons para incolor ou amarelo pálido. Em resposta aos processos de transformação e reequilíbrio são formadas também lamelas de muscovita, argilominerais e, mais comumente, clorita.

BIOTITAS - Apresentam fórmula química com as seguintes proporções: K_(1,744-1,983) Na_(0,030-0,023) Ca_(0,000-0,013) (Mn_(0,056-0,079) Ba_(0,000-0,009) Mg_(0,319-0,553), Fe⁺²_(4,479-4,995)) (Fe⁺³, Al^{VI}_(0,463-1,120), Ti_(0,286-0,431)) [Si_(5,651-5,946) Al^{IV}_(2,054-2,349)] O₂₀ (OH,F)₄. As biotitas têm razões Fe/(Fe+Mg) que variam entre 0,80 e 0,93, situando-as no campo da annita conforme o diagrama de classificação Al^{VI} versus Fe/(Fe+Mg), segundo Deer et al. (1992) na solução flogopita-annita-eastonita-siderofilita (Fig. 4).

Nas biotitas com hábito lamelar ocorre evidente transformação deste mineral para clorita, como uma pseudomorfose: o pleocroísmo típico de biotita passa a ser substituído por um pleocroísmo de cor verde escuro a amarelado, contudo a forma e a estrutura original da biotita apresentam-se

CLORITAS - No SGSB as cloritas são produtos da transformação das biotitas e apresentam-se muito semelhantes às estas na forma, contudo, apresentam pleocroísmo verde e possuem fórmula química dada por: (K_(0,001-0,997) Ca_(0,00-0,042) Na_(0,000-0,032) Mg_(0,015-0,214) Fe⁺²_(6,41-8,65), Mn_(0,098-0,120), Ti_(0,00-0,162) Al^{VI}_(2,49-3,41)) [(Si_(5,02-6,58) Al^{IV}_(1,54-2,980)] O₂₀ (OH)₁₆.

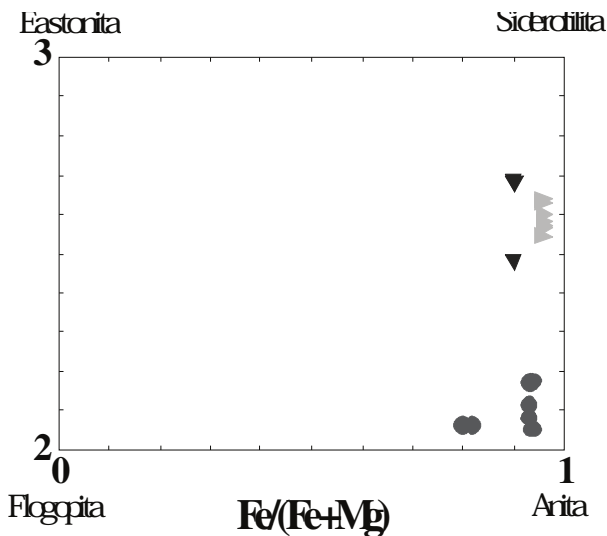


Fig. 04 - Diagrama de classificação das biotitas de acordo com Deer et al. (1992). Para o Granito Rosa Iracema, Branco Cristal Quartzo e Branco Savana corresponde à Annita na solução flogopita-annita-eastonita -siderofilita, com $Fe/(Fe+Mg)$ variando entre 0,80 e 0,96. Legenda: \circ % Rosa Iracema, \triangle % Branco Savana e \bullet % Branco Cristal Quartzo.

No diagrama classificatório de Fe^{total} versus Si, de acordo com Deer et al. (1992), as cloritas posicionam-se no campo da Dafinita, comportamento válido tanto para o sienogranito inequigranular grosso (RI) como para os outros termos faciológicos do corpo (Fig. 5 A).

ANFIBÓLIOS – De cor verde escura, são hornblendas com pleocroísmo verde acastanhado e ocorrem em pequenas quantidades. Foram analisados apenas no fácies sienogranito inequigranular grosso (RI), sendo que a fórmula química corresponde a: $(K_{(0,253-0,287)}, Na_{(0,507-0,668)}, Ca_{(1,696-1,787)}, Mg_{(0,721-0,922)}, Mn_{(0,032-0,045)}, Ti_{(0,115-0,233)}, Fe^{3+}_{(0,200-0,316)}, Fe^{2+}_{(3,181-3,433)}) [Si_{(6,519-6,611)} Al_{(1,683-1,866)}] O_{22} (OH)_2$

Através do diagrama de $Mg/Mg+Fe^{2+}$ contra Si de Leake et al. (1997), estes anfibólios são classificados como hornblenda ferroedenita (Fig. 6). A hornblenda típica das rochas das séries cálcio-alcalinas tem relação $Mg: Fe^{2+}$ de 1:1 e teor de Al próximo a 1,5 (Deer et al., 1966). No sienogranito inequigranular grosso (RI) a proporção de $Mg: Fe^{2+}$ é de aproximadamente 1:3, representando variações de com elevado teor de Fe^{2+} e quantidade de alumínio relativamente maior, atingindo até 1,9 Al.

MONZOGRANITO MEGAPORFIRÍTICO - ROSA OLINDA (RO)

Este fácies mostra grande semelhança mineralógica com o sienogranito inequigranular grosso (RI), indicada pela composição modal em ambos os fácies graníticos. Assim, seu comportamento químico apresenta-se coerente com a análise petrográfica, confirmando a composição química de seus minerais constituintes, com exceção em alguns casos onde ocorrem reações de alteração e substituição dos minerais.

FELDSPATOS - Os feldspatos alcalinos, nos termos extremos da solução sólida Ab-An-Or, apresentam $Ab_{(2,2-6,5)} Or_{(93,5-97,8)}$, correspondendo a seguinte fórmula estrutural: $Na_{(0,022-0,050)} K_{(0,653-0,959)} [Al_{(0,984-1,010)} Si_{(2,232-3,054)}] O_8$.

Os plagioclásios por sua vez exibem $Ab_{(95,1-98,3)} An_{(1,0-4,1)}$, e composição química como: $Na_{(0,928-0,980)} Ca_{(0,010-0,040)} [Al_{(0,998-1,013)} Si_{(2,984-3,000)}] O_8$.

Conforme os valores mostrados acima, os plagioclásios são essencialmente albitas e a maioria do feldspato potássico está representada pelo ortoclásio (Fig. 3A).

CLORITAS – Também são originadas pelo produto da transformação das biotitas primárias, as quais apresentam pleocroísmo verde escuro. A fórmula química determinada foi: $(Mg_{(1,220-1,831)}, Fe^{+2}_{(7,587-7,767)}, Mn_{(0,141-0,214)}, Al^{VI}_{(2,524-2,843)}) [(Si_{(5,305-5,462)} Al^{IV}_{(2,538-2,713)})] O_{20} (OH)_{16}$. Esta composição classifica as cloritas como dafinita (Fig. 5A).

MUSCOVITAS - São secundárias, provenientes de alterações dos feldspatos alcalinos e das biotitas e forneceram a seguinte fórmula química: $K_{(1,520-1,771)} Al^{VI}_{(2,198-2,730)} [(Si_{(5,553-5,878)} Al^{IV}_{(2,122-2,447)})] O_{20} (OH, F)_2$

Ocorre uma ligeira diferença entre a composição das muscovitas no monzogranito megaporfirítico (RO) devido ao tipo de substituição. As muscovitas que substituem os feldspatos potássicos são mais ricas em K e Al e menos ricas em Fe, quando comparadas com as muscovitas oriundas da substituição das biotitas, conforme observado no diagrama da Figura 7.

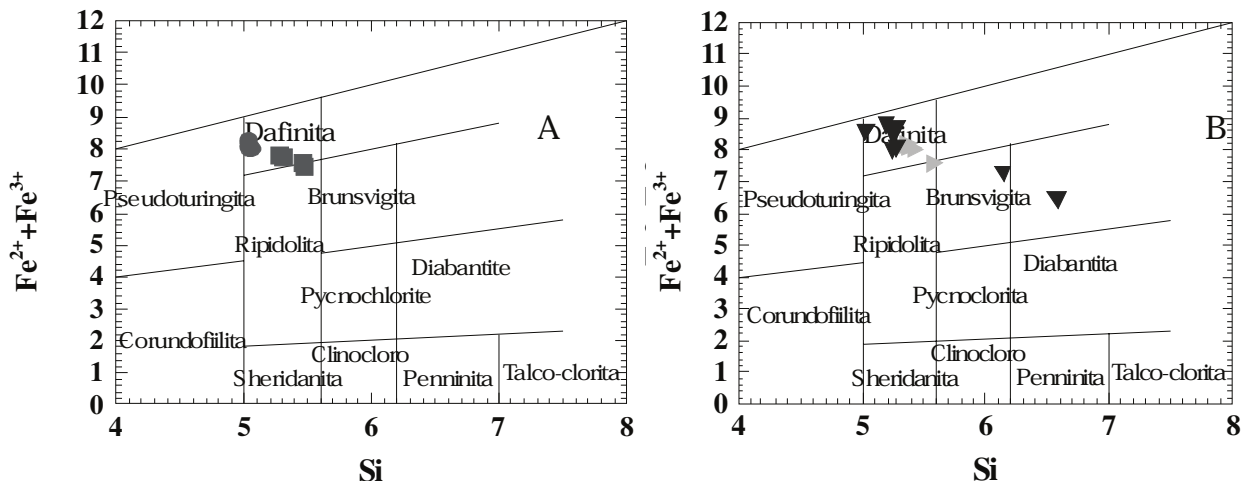


Fig. 5 A e B - Diagrama de classificação das cloritas segundo Deer et al. (1992). Nos quatro tipos graníticos a clorita corresponde a Dafinita, com algumas exceções no granito Branco Savana, com Fe total variando entre 6,41 e 8,65. Legenda: ◐ % Rosa Iracema, ◑ % Rosa Olinda, ◒ % Branco Savana e ◓ % Branco Cristal Quartzzo.

SIENOGRAFITO INEQUIGRANULAR MÉDIO-GROSSO - BRANCO SAVANA (BS)

FELDSPATOS - A composição química obtida para os feldspatos alcalinos registram os termos $Ab_{(0,7-31,1)}$ $Or_{(68,7-99,3)}$, com a seguinte fórmula química: $Na_{(0,008-0,305)} K_{(0,675-0,975)} [Si_{(2,986-3,014)} Al_{(0,982-1,015)}] O_8$

Os plagioclásios têm proporções $Ab_{(91,4-98,7)}$ $An_{(0,0-7,9)}$, considerando os termos extremos da solução sólida Ab-An-Or. A composição química corresponde a: $Na_{(0,899-0,967)} Ca_{(0,001-0,076)} [Si_{(2,922-3,010)} Al_{(0,986-1,079)}] O_8$

Assim, de forma similar ao sienogranito inequigranular grosso (RI), os plagioclásios variam de albita até oligoclásio, enquanto os feldspatos alcalinos, em sua grande maioria estão representados pelo ortoclásio (Fig. 3B).

Os plagioclásios possuem maior susceptibilidade aos processos de albitização de suas bordas, quando em contato com cristais de microclínio, associados a mirmequitas e cristais intergranulares de feldspato potássico.

BIOTITAS - Apresentam as razões $Fe/[Fe+Mg]$, entre 0,82 a 0,90, as quais estão classificadas como annita, com leve tendência ao campo da siderofilita, pelo maior teor de Al^{IV} (2,35) (Fig. 4). O forte pleocroísmo, de avermelhado à marrom escuro, está relacionado com a presença do Fe e/ou Ti na

composição. O pleocroísmo é modificado quando ocorre alteração da biotita para clorita, tornando-se esverdeado ou verde escuro em lamelas totalmente substituídas.

CLORITAS - Formadas a partir das biotitas primárias, as cloritas exibem evidentes efeitos de transformação mineral nas bordas e nos planos de clivagens das biotitas. Estas cloritas demonstram uma certa variação em sua classificação, dispostas entre os termos dafinita e burnsvigita (Fig. 5 B). Ocorrem na seguinte composição: $K_{(0,004-0,997)} Ca_{(0,000-0,042)} Na_{(0,002-0,015)} (Mn_{(0,110-0,158)} Mg_{(0,169-0,266)} Fe^{+2}_{(6,409-8,607)}) (Al^{IV}_{(1,415-2,802)} Ti_{(0,000-0,133)}) [Si_{(5,198-6,586)} Al^{VI}_{(2,870-3,413)}] O_{20}(OH)_{16}$.

SIENOGRAFITO INEQUIGRANULAR GROSSO - BRANCO CRISTAL QUARTZO (BCQ)

FELDSPATOS - Como nos fácies anteriormente descritos, geralmente estão alterados para minerais de argila e micas. Os feldspatos potássicos apresentam $Ab_{(4,20)}$ $Or_{(95,98)}$, correspondendo a fórmula estrutural: $Na_{(0,041)} K_{(0,991)} [Si_{(2,986)} Al_{(1,002)}] O_8$.

Os plagioclásios possuem relação $Ab_{(95,1-98,3)}$ e $An_{(1,0-4,1)}$, cuja composição química é dada por: $Na_{(0,696-1,418)} Ca_{(0,000-0,061)} [Si_{(2,921-3,029)} Al_{(0,963-1,069)}] O_8$

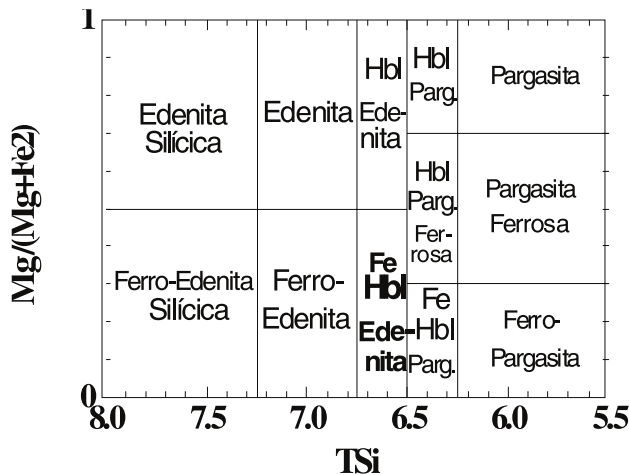


Fig. 6 - Diagramas classificatórios dos anfibólios segundo Leake et al. (1997) para o Granito Rosa Iracema, correspondendo a Hornblenda Fe-Edenita, utilizando as razões $[Mg/(Mg+Fe) \times TSi]$. A "Edenita" é um anfibólio cálcico derivado da hornblenda comum pela adição de Na e substituição do Al pelo Si. Legenda: $\dot{\text{I}}\%$ Rosa Iracema, $\%$ Rosa Olinda, $\frac{1}{4}\%$ Branco Savana e $^{\circ}\%$ Branco Cristal Quartzo.

reações tardi a pós-magmáticas ou hidrotermais.

Apresentam a seguinte fórmula química: $K_{(1,706-1,809)} Ca_{(0,000-0,003)} e Na_{(0,058-0,098)} (Al^{VI}_{(2,299-2,393)}, Ti_{(0,003-0,024)}, Fe^{+2}_{(0,133-0,147)}, Mn_{(0,000-0,004)}, Mg_{(0,002-0,186)}) [Si_{(5,622-5,792)} Al^{IV}_{(2,176-2,378)}] O_{20} (OH)_{16}$

As pequenas quantidades detectadas nestas muscovitas dos elementos Ti, Fe^{+2} , Mn, Mg, Ca e Na, provavelmente refletem a transformação de biotita, visto que na fórmula química de muscovitas estes elementos estão ausentes (Fig. 7).

5. Transformações tardi a pós-magmáticas

As alterações geoquímicas em nível mineral, são consequência de reações tardi a pós-magmáticas, geralmente associadas a transformação, substituição e/ou neoformação de minerais. Estas transformações estão relacionadas com eventos hidrotermais tardios, onde as percolações por fluidos, ora enriquecidos em determinados elementos, ora carregando outros, modificam a associação mineral da rocha.

As condições físico-químicas do meio fluido, tais como, pH, Eh, temperatura, pressão, fugacidade de oxigênio, permeabilidade e porosidade da rocha, e arranjo mineralógico são fatores que determinam a mobilidade e as reações químicas dos elementos. A investigação criteriosa destas reações de caráter tardio ou pós-magmático auxiliou na determinação das condições de transformação dos minerais de alteração do SGSB.

Transformações minerais pós-magmáticas como *exsolução* (pertitização; formação de mirmequitas), potassificação, sericitização, albitização, neoformação de fluorita e cloritização são comumente encontradas no SGSB.

FORMAÇÃO DE MIRMEQUITAS - Segundo Phillips (1974), as mirmequitas são formadas por reações tardi-magmáticas que envolvem interação entre substituição e exsolução química em minerais de composições alcalinas, representadas por feldspatos de Ca, Na e K. Estas reações são comumente encontradas em granitos pós-tectônicos não deformados, que possuam natureza cálcio-alcalina, ocorrendo também no SGSB.

As reações de formação das mirmequitas são mais frequentes nas porções pegmatíticas e nas margens do SGSB, presentes principalmente nas bordas de cristais de feldspatos potássicos, em forma de "franjas" caracterizadas como reações de exsolução.

TRANSFORMAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO POR PROCESSOS DE POTASSIFICAÇÃO - Ocorre pela neoformação de biotita e/ou K-feldspato, notadamente ortoclásio, mas se dá também pela geração de microclínio tardio (microclinização), na qual esta alteração pervasiva gera na rocha uma coloração avermelhada/rosada ou esbranquiçada, geralmente perdendo grande parte dos seus minerais ferro-magnesianos através dos processos hidrotermais. A paragênese encontrada pode ser: K-feldspato + biotita + sericita + clorita + quartzo.

As reações de microclinização nos fácies brancos (BS e BCQ) são bastante comuns e ocorrem sombras de maclas de albita sobre a reação de microclinização do plagioclásio. Os cristais

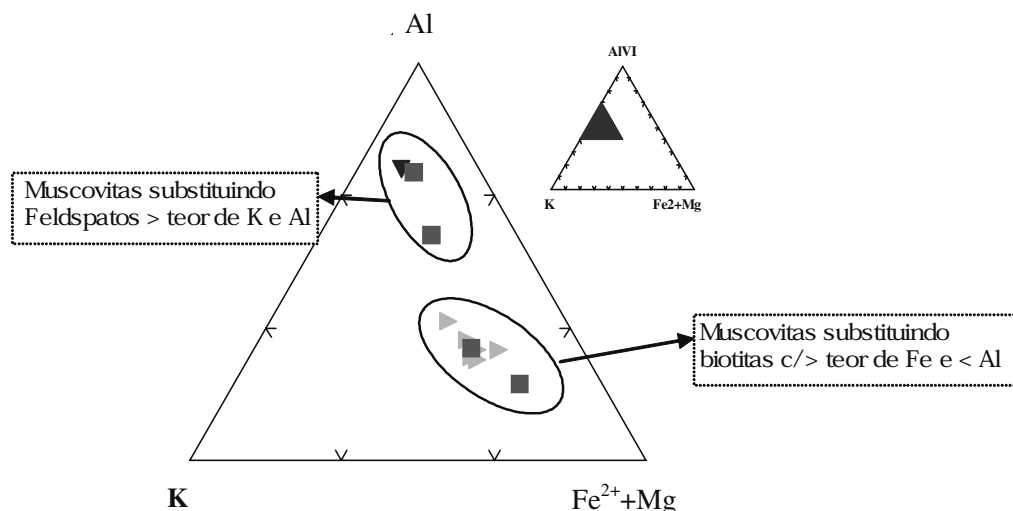


Fig. 7 – Diagrama de Al-K-Fe²⁺+Mg para muscovitas dos Granitos Rosa Olinda, Branco Cristal Quartzo exibindo duas populações: muscovitas formadas em feldspatos (mais enriquecidas em K e Al) e muscovitas formadas em biotitas (mais enriquecidas em Fe). Legenda: % Rosa Olinda, % Branco Savana e % Branco Cristal Quartzo.

apresentam-se bem mais límpidos, quando comparados com as alterações de argilo minerais e óxidos de ferro dos feldspatos potássicos e plagioclásios.

MUSCOVITIZAÇÃO/SERICITIZAÇÃO - É o processo de transformação dos feldspatos em micas brancas e se dá pela transformação parcial ou total dos referidos minerais, bem como da biotita, com a produção de muscovitas, sericitas e outros minerais de argila.

A reação de muscovitização nos granitos da Serra do Barriga é a alteração mais freqüente e parece ser a segunda mais tardia (argilização é a primeira), sendo que pertencem à mesma fase de formação da clorita e do epidoto, pois ocorre sobre os feldspatos e biotitas. A formação de sericita e muscovita é mais intensa no plagioclásio, provavelmente devido às reações de microclinização nestes, quando comparada com feldspato potássico, estando também presente em biotitas. De modo geral, os granitos brancos mostram-se mais afetados pela sericitização e muscovitização que as faciologias rosadas (RI e RO).

ALBITIZAÇÃO - Está estreitamente associada à microclinização nas fases iniciais do hidrotermalismo de granitos evoluídos. São indícios deste processo

a descalcificação dos plagioclásios, a albitização dos feldspatos potássicos, a neoformação de albita em mirmequitas e/ou pertitas e o reequilíbrio das micas. Pode ser representada pela paragênese: albita + feldspato potássico + biotita + fluorita (Dear *et al.*, 1992).

A albitização ocorre nas interfaces (contatos) entre cristais de plagioclásio e de microclínio, em geral associados com mirmequitas, e de forma intergranular, principalmente entre cristais de feldspato potássico. A albitização em torno dos cristais de feldspatos potássicos e neoformação de albita em pertitas ou inclusas no feldspato potássico são texturas comuns no SGSB.

NEOFORMAÇÃO DE FLUORITA - A fluorita é um mineral indicativo de transformações tardi-magmáticas e dos fenômenos sobre mineralizações, também mais abundante nos processos hidrotermais dos sistemas a *Greisen* que nos sistemas *Pórfiros*. Ocorre como mineral acessório bastante comum em pegmatitos, granitos e sienitos, freqüentemente associado a outros minerais hidrotermais (Dear *et al.*, 1992).

As reações de neoformação de fluorita no SGSB ocorrem nos granitos brancos (BS e BCQ) e geralmente se apresentam sob forma de grãos intersticiais associados a cristais de biotita.

CLORITIZAÇÃO - Este processo se deve principalmente à transformação das biotitas, produzindo um forte pleocroísmo de coloração verde intenso desenvolvido mais freqüentemente quando houver maior disponibilidade de alumínio (Dear *et al.*, 1992).

Apesar da cloritização parcial da biotita ocorrer nos quatro fácies, mostra-se mais freqüente nos fácies brancos (BS e BCQ). A clorita apresenta uma pseudomorfose com a biotita, a qual ainda preserva sua forma, embora a composição e as características petrográficas sejam claramente cloríticas.

6. Conclusões

Os minerais constituintes do SGSB demonstram que apesar das variações texturais e cromáticas entre si é possível determinar três fácies (RI, BS, BCQ) sienograníticas devido ao percentual em feldspato alcalino muito maior que o fácies monzogranítico (RO), ocorrendo o inverso com relação ao conteúdo de quartzo e biotita. Este último fácies mostra menor influência de alteração hidrotermal apesar da textura megaporfírica serial.

Com exceção do sienogranito rosa que mostra uma tendência entre albite e oligoclásio na composição dos plagioclásios, nos outros fácies não ocorrem grandes variações entre as suas composições químicas, cuja predominância é de ortoclásio. Isto indica faciologias originadas por processos de fracionamento de um mesmo magma parental.

As análises químicas de biotitas também demonstram composições muito pouco variadas entre os fácies graníticos, porém no Sienogranito inequigranular médio-grosso e no grosso (BS e BCQ) as biotitas por mostrarem razões de Al^{IV} maiores que no Sienogranito inequigranular grosso (RI) apresentam um deslocamento no diagrama de classificação do campo da annita para o da siderolifita.

O efeito cromático rosa do sienogranito inequigranular grosso (RI), pode estar associada ao menor grau de muscovitização e sericitização, maior proporção de feldspato potássico, além da

composição mais rica em Fe (biotita e clorita) e da presença maior de minerais máficos, também são fatores responsáveis pelas tonalidades rosadas. A neoformação de fluorita e cloritização da biotita mais freqüente nos granitos brancos também ratifica a variação cromática entre os sienogranitos.

A forte presença das diversas reações minerais tardi a pós-magmáticas e similares entre as faciologias analisadas indicam que o SGSB foi formado por um mesmo evento magmático, sendo que os Sienogranitos (RI, BS e BCQ) correspondem a faciologias originadas por processos de fracionamento de um mesmo magma parental, acrescidas por novo pulso magmático de composição mais máfica representado pelo Monzogranito Megaporfírico (RO).

Referências Bibliográficas

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12768. Rochas para Revestimento – Análise Petrográfica. 3 p. Rio de Janeiro, 1992(a).
- Almeida, A. R. - 1995 - Petrologia e aspectos tectônicos do Complexo Granítico Quixadá - Quixeramobim-CE. Tese de Doutorado IG/USP - São Paulo. 279p.
- Deer, A.W.; Howie, A. W. & Zussman, J. 1992. An introduction to rock forming minerals. London, 2a Ed. Longmans (eds.), 696 p.
- Leake, B. E.; Schumacher, J. C.; Smith, D. C.; Ungaretti, L.; Whitaker, E. J. W.; Youzhi, G. Nomenclature of amphiboles. European Journal of Mineralogy, Stuttgart, v. 9, p. 623-651, 1997.
- Mattos, I. C.; Geologia, petrografia, geoquímica, comportamento físico-mecânico e alterabilidade das rochas ornamentais do stock granítico Serra do Barriga, Sobral/CE, 2005. 260p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2005.
- Mattos, I. C., Artur, A. C., Arthaud, M. H., Nogueira Neto, J. A. Geologia e Geocronologia do Stock Granítico Serra do Barriga – Sobral/CE In: Resumo do XXII Simpósio de Geologia do Nordeste, 2007, Natal. v.1. p.176.

- Navarro, F. C. Granitos Ornamentais: análise petrográfica na previsão do comportamento físico e mecânico. In: CONGRESSO URUGUAYO DE GEOLOGIA, 2., Punta del Leste. Anais ...Montevideo: SUG, 1998, p. 103 – 107.
- Nogueira, J. F. 2004. Evolução geodinâmica das faixas graníticas de Quixadá Quixeramobim, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 239 p.
- Nogueira Neto, J.A. et al. 1997c. Datação U/Pb em Zircão e Idade Modelo (TDM) de Corpo Granítico Sin-Cinematóico da Região de Cariré – NW do Ceará. In: Simpósio Brasileiro de Geologia do Nordeste, 17, Boletim de Resumos, p. 95.
- Nogueira Neto, J.A., Mattos, I.C., Sauerbronn, W.M., Fernandes, A.H.M., Cordeiro, E.R., Nogueira, R.E.F.Q., Cajaty, A.A., Artur, A.C, Sasaki, J.M. Petrografia e química mineral de dois tipos faciológicos do Granito Serra da Barriga – Sobral (CE): Resultados Preliminares. Anais do II Simpósio De Rochas Ornamentais Do Nordeste, 2002, Recife. SBG, p. 49 - 54.
- Streckeisen, A. L. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, V.12, p 1-33, 1976.
- Phillips, E. R., 1974. Myrmekite – one hundred years later. *Lithos*, Amsterdam, v. 7, n. 3, p.181-194.
- Richard, L. R. 1995. Minpet for Windows - Version 2.02. *Minpet Geological Software*. Québec.
- Robinson, P.; Spear, F. S.; Schumacher, J. C.; Laird, J.; Klein, C.; Evans, B. W.; Doolan, B. L. Phase relations of metamorphic amphiboles: Natural occurrence and theory. *Reviews in Mineralogy*, Washington, v.9B, p. 1-228. 1981.
- Rodrigues, E. P.; Chiodi Filho, C.; Coutinho, J.J.M. Importância da petrografia para a previsão do comportamento e da durabilidade de rochas ornamentais. Lisboa: Rochas e Equipamentos, v. 47, 2p. 1997.