

GEOLOGIA, PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DE PLUTONS CONTRASTANTES, SERRA BRANCA E COXIXOLA, AO LONGO DA ZONA DE CISALHAMENTO COXIXOLA, PROVÍNCIA BORBOREMA, NE BRASIL

Lucilene dos Santos¹
Igneiz de Pinho Guimarães²
Douglas José Silva Farias²
Jefferson Valdemiro de Lima²

¹Programa de Pós-graduação em Geociências - UFPE, lucilene.santos@ufpe.br

²Departamento de Geologia – UFPE, igneiz@ufpe.br

RESUMO

Os granitóides dos plutons Serra Branca e Coxixola intrudem ortogneisses e migmatitos de idade paleoproterozóica a arqueana e rochas supracrustais da Zona Transversal da Província Borborema. O Pluton Serra Branca ~300 km², compreende uma intrusão alojada em terminações extensionais de zonas de cisalhamento NE-SW transcorrentes sinistrais, as quais compreendem ramificações da Zona de Cisalhamento Coxixola, com cinemática dextral e direção E-W. São sienos a monzogranitos leucocráticos, equigranulares, contendo localmente enclaves de granitos porfiríticos e dioríticos, semelhantes aos observados no Pluton Coxixola. O Pluton Coxixola, ~50 km², compreende quartzo sienitos, quartzo monzonitos e sienos a monzogranitos, porfiríticos, deformados no estado sólido, com anfibólio de composição ferro-edenita, edenita e Mg hornblenda. Enxames de enclaves máficos alongados, quartzo dioritos a quartzo monzonitos, ocorrem orientados na direção E-W. As condições de fO₂ são intermediárias para o Pluton Serra Branca e intermediárias (Fácies 1) a elevadas (Fácies 2) para o Pluton Coxixola. Estimativas de temperaturas *liquidus* utilizando saturação em zircão, variam de 836°C a 893°C. As temperaturas baixas definidas pelo geotermômetro Hbl-Plg, 570-711°C refletem deformação em condições do facies anfibolito a xisto verde para o Pluton Coxixola. Esta deformação está bem caracterizada pela presença frequente de textura mirmequítica, e desestabilização de anfibólio gerando biotita com textura simplectítica.

Palavras chave: Granitoides, Neoproterozóico, zona de cisalhamento, província Borborema, química mineral.

ABSTRACT

The Serra Branca and Coxixola plutons are intruded within Paleoproterozoic to Archean orthogneisses-migmatites and Neoproterozoic supracrustal rocks. The Serra Branca Pluton comprises sienogranites, leucocratic, equigranular, enclosing enclaves of porphyritic granites and diorites similar to the granitoids recorded in the Coxixola Pluton. They are intruded within extensional termination of sinistral NE-SW transcurrent shear zones, which are splays of the E-W dextral Coxixola shear zones. The Coxixola Pluton is composed of quartz-syenites, quartz-monzonites, sienogranites and monzogranites, porphyritic, deformed under solid state conditions. The granitoids from the Coxixola Pluton have amphibole ranging in composition from Fe-edenite, edenite to Mg-hornblende. Mafic enclave swarms, of quartz-diorite and qz-monzonite compositions, occur following an E-W direction. The fO₂ values ranging from

intermediate in the granitoids of the Serra Branca Pluton and are intermediate (Facies 1) to high (Facies 2) in the granitoids of the Coxixola Pluton. The zircon saturation liquidus temperatures were estimated at 836°-893°C in the granitoids of the Coxixola Pluton and at 783-843°C in the granitoids of the Serra Branca Pluton.

Keywords: Granitoids, Neoproterozoic, Shear Zone, Borborema Province, Mineral chemistry.

INTRODUÇÃO

A Província Borborema compreende uma vasta região a norte do Craton São Francisco, no nordeste do Brasil (Fig. 1). Em uma reconstrução “pre-drift”, a PB é adjacente a cinturões Pan-africanos e terrenos cratônicos no oeste da África (Caby et al., 1981, 1989; Jardim de Sá, 1984; Toteu et al, 1990, 1994, 2001; Brito Neves & Cordani, 1991; Castaing et al., 1993; Trompette, 1997; Brito Neves et al., 2002; Neves, 2003). A estruturação atual da Província Borborema é atribuída principalmente à orogênese Brasileira, a qual é marcada por uma rede de zonas de cisalhamentos de caráter transcorrente, com direção predominantemente NE-SW e E-W.

Intenso magmatismo granítico marca a orogênese Brasileira (= Pan-African) na Província Borborema. Almeida *et al.* (1967), utilizando critérios petrográficos, reconheceu quatro tipos de granitos na PB: 1) Conceição – granodioritos e tonalitos de granulação média a fina; 2) Itaporanga – granodioritos porfiríticos com mega cristais de K-feldspatos; 3) Itapetim - biotita granitos finos associados com o tipo Itaporanga e 4) Catingueira – granitos peralcalinos, sienitos e quartzo sienitos. Sial (1986) caracterizou geoquimicamente os granitóides do cinturão Piancó Alto Brígida (= Cachoeirinha - Salgueiro Belt) da Província Borborema e os correlacionou com os granitóides descritos por

Almeida *et al.* (1967) i.e.: 1) Calcio-alcalino (tipo Conceição); 2) Potássico – calcio-alcalino (tipo Itaporanga); 3) Peralcalino (tipo Catingueira) e 4) Trondhjemítico (tipo Serrita).

Guimarães *et al.* (2004) dividiram os granitóides do Domínio Estrutural Central (Domínio da Zona Transversal) em: 1) granitóides calcio alcalinos, com idade variando de 610 a 644 Ma relacionados ao pico do metamorfismo; 2) granitóides shoshoníticos e cálcio alcalinos de alto-K, com idade U/Pb em zircão variando de 590 a 581 Ma, os quais marcam a transição entre um evento de baixo ângulo e evento de transcorrência; 3) granitos alcalinos pós-colisionais com idades U-Pb em zircão em torno de 570 Ma, marcando o final da orogênese Brasileira e início do soerguimento epigenético; 4) Granitóides tipo-A pós-orogênicos associados a magmatismo sub-vulcânico bimodal com idade entre 540 e 512 Ma.

Neste trabalho, discutimos os dados petrográficos e química mineral dos Plutons Serra Branca e Coxixola, classificados como pertencentes aos grupos 3 (alcalinos) e 2 (calcio alcalinos de alto K a shoshoníticos) respectivamente (Guimarães et al., 2004), intrudidos em gnaisses e migmatitos Paleoproterozóicos a Arqueanos e rochas supracrustais Neoproterozóicas do Domínio da Zona Transversal da Província Borborema (Fig.1)

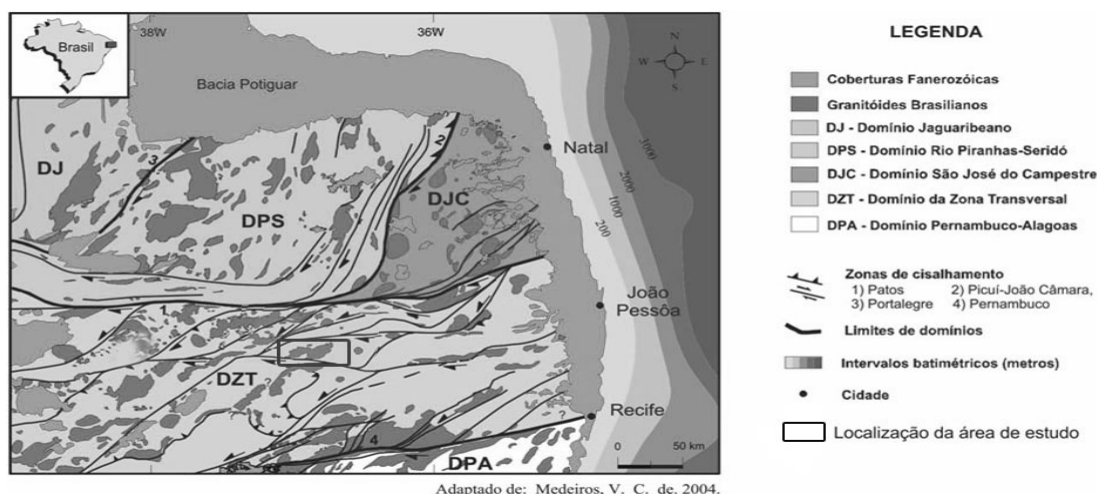


Figura. 1: Compartimentação em domínios geotectônicos no contexto da Província Borborema. Localização da área dos plutons estudados.

ASPECTOS DE CAMPO

Pluton Serra Branca

O Pluton Serra Branca compreende uma intrusão de aproximadamente 300 km². Os dados de campo e estrutural sugerem que os granitóides do Pluton Serra Branca foram intrudidos em terminações extensionais de zonas de cisalhamento transcorrentes de direção NE-SW e cinemática sinistral (Fig. 2). Estas zonas de cisalhamento são possíveis ramificações da Zona de Cisalhamento Coxixola (ZCC), com direção E-W e cinemática destal, possivelmente reativada por movimentos transcorrentes destrais e sinistrais.

Os granitóides do Pluton Serra Branca são constituídos por biotita sienogranitos e biotita monzogranitos, e foram intrudidos como *sheets* e pequenos plutons em ortognaisses e migmatitos paleoproterozóicos a arqueanos, e rochas supracrustais Neoproterozóicas. Localmente são observados enclaves de granitos porfiríticos (Figura 3e) e dioritos possivelmente fragmentos dos

granitóides do Pluton Coxixola, e xenólitos miloníticos. Frequentemente contém mineral máfico magnético envolto por biotita e feldspato. Próximos às zonas de cisalhamento esses minerais máficos encontram-se alongados. Os granitóides do Pluton Serra Branca apresentam várias fraturas, por vezes preenchidas por veios com núcleo de quartzo, e ainda diques pegmatíticos; diques tardios (Figura 3f). Muscovita-biotita sienogranitos a monzogranitos, ocorrem de forma isolada ou formando enxames de diques, cortando os granitos do Pluton Coxixola e as encaixantes. O granitóides do Pluton Serra Branca exibem frequentes estruturas de fluxo magmáticas tanto interiores quanto periféricas, como às descritas por Tian & Shan (2011) em diques félsicos. Estruturas como foliação, lineação, dobras e bandamento (Figura 3a, c e d) ocorrem comumente, sugerindo cisalhamento e canalização do magma durante o fluxo magmático, assim como sugere Tian & Shan (2011) em seus estudos dos diques félsicos. Localmente *schlierens* são observados (Figura 3b).

A foliação magmática tem direção ENE a E. Estas direções de paralelismo das tramas magmáticas com as transcorrências e os demais dados verificados indicam que o transporte e alojamento (Hutton, 1988; Rosenberg, 2004) dos granitóides do Pluton Serra Branca foram controlados pelo movimento sincrônico das zonas de cisalhamento sinistrais e destrais, logo, tratando-se de intrusão sintranscorrente como a maioria dos plutons Neoproterozóicos do DZT (Neves, 2006).

Pluton Coxixola

O Pluton Coxixola compreende uma intrusão tabular alongada na direção E-W, com aproximadamente 50 km². A norte da área de transcorrência sinistral NE-SW, se apresentam como *sheets*, afetado no estado sólido pelo cisalhamento sinistral (NE-SW) (Figura 5a), falhas destrais (ESE a E) e sinistrais (ENE), bandas de cisalhamento destal tardia (possivelmente reativada) com direção ESE a E, e bandas miloníticas. Os granitóides do Pluton Coxixola são cortados por diques de granito fino cinza e rosados e pegmatito (NE-SW). Por vezes, os granitoides do Pluton Coxixola ocorrem como enclaves nesses diques de granito fino. Localmente, fenocristais de feldspato mostram textura maculada (*rapakivi*). Alguns diques preenchem falhas destrais (NNE) deslocadas pela transcorrência sinistral (Figura 5d). Localmente mostram contato com o migmatito. Enxame de enclaves máficos alongados na direção ESE a E (Figura 5c), ovalados a elípticos (Figura 5b) são comuns. Os enclaves máficos mostram composição variando de biotita-anfibólio quartzo dioritos a quartzo monzonito. Mostram contatos crenulados a lobados com os granitoides encaixantes, sugerindo

processos de coexistência e mistura parcial de magmas. Assim sendo, os granitóides do Pluton Coxixola representam intrusões pré-tectônicas com relação às transcorrências sinistrais (NE-SW).

Petrografia

As composições modais estimadas de quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio foram recalculadas para 100% e classificadas segundo Strekeisen/IUGS (1976), seus resultados estão plotados no diagrama Q-A-P, com os *trends* de Lameyre & Bowden, 1982 (1-toleítico, 2-tonalítico ou trondhjemítico cálcio-alcálico, 3-granodiorítico cálcio-alcálico, 4-monzonítico ou shoshonítico sub-alcálico, 5-alcálico e peralcálico) (Figura 2).

Pluton Serra Branca

Os granitoides do Pluton Serra Branca compreendem biotita sienogranitos a monzogranitos leucocráticos, equigranulares, finos a médios, contendo *clots* de biotita frequentemente alongados segundo a foliação geral, minerais opacos magnéticos. A biotita é a fase máfica principal (5-15 %), se apresentando como palhetas hipidiomórficas, pleocroísmo marrom a marrom esverdeado, localmente alterada para clorita, algumas biotitas avermelhadas substituem quase totalmente anfibólio. Possui inclusões de allanita, apatita, zircão e opacos (Figura 4b, c, d, e). O feldspato alcalino (25-30 %) se apresenta como microclina e pertitas, com inclusões de biotita, apatita, allanita, zircão e opacos. Os plagioclásios (15-25 %) são hipidiomórficos, alguns apresentam exsolução de feldspato alcalino, inclusões de finas palhetas de biotita, apatita e minerais opacos. Frequentemente o plagioclásio (Figura 4a) mostra alteração para sericita,

localizada principalmente ao longo das clivagens, fraturas e núcleos; e para epidoto. O quartzo (35-45 %) se apresenta como cristais xenomórficos. As fases acessórias principais são apatita e allanita xenomórficas (Figura 4f), Fe-ilmenita com Mn (identificada pelos estudos epimicroscópicos detalhados segundo as tabelas disponíveis em Ramdohr, 1937 e 1980, apresenta reflectância levemente maior do que a titanomagnetita; e o Mn foi identificado qualitativamente por microsonda eletrônica - Mn confere propriedade magnética e aumenta sutilmente a reflectância em relação a Fe-ilmenita sem Mn), bordejada localmente por titanomagnetita, e titanohematita.

Pluton Coxixola

Os granitóides do Pluton Coxixola compreendem anfibólio-biotita quartzo sienitos a quartzo monzonitos (facies 1- M= 35-45%; Q=3-6 %; A=25-35%; P=15-30 %) e anfibólio-biotita sienogranitos a monzogranitos (facies 2 – M=25-35%; Q=15-20%; A=30-35%; P=10-20),

porfiríticos. Os plagioclásios são subidiomórficos, com inclusões de pequenas palhetas de biotita, apatita e óxidos; sericitizado e saussuritizado localmente nas clivagens, fraturas e núcleo. O feldspato alcalino mostra inclusões de apatita e opacos. Os fenocristais de feldspato alcalino apresentam frequentemente em suas bordas intercrescimento vermiforme de quartzo e plagioclásio sódico (textura mirmequítica) (Figura 6c, d, e e f). O quartzo se mostra xenomórfico e com bandas de deformação. A biotita se apresenta como palhetas hipidiomórficas, ocorrem como inclusão e intersticial, pleocroísmo marrom a marrom esverdeado, localmente alterada para clorita, algumas biotitas substituem parcialmente anfibólios. As biotitas apresentam frequentemente inclusões de allanita, apatita, zircão, titanita e opacos. O anfibólio apresenta inclusões de apatita, comumente associados à biotita, opacos e titanita (Figura 6a e b). Os óxidos são idiomórficos a subidiomórficos, magnetitas com finas lamelas de martita e um pouco de titanohematita.

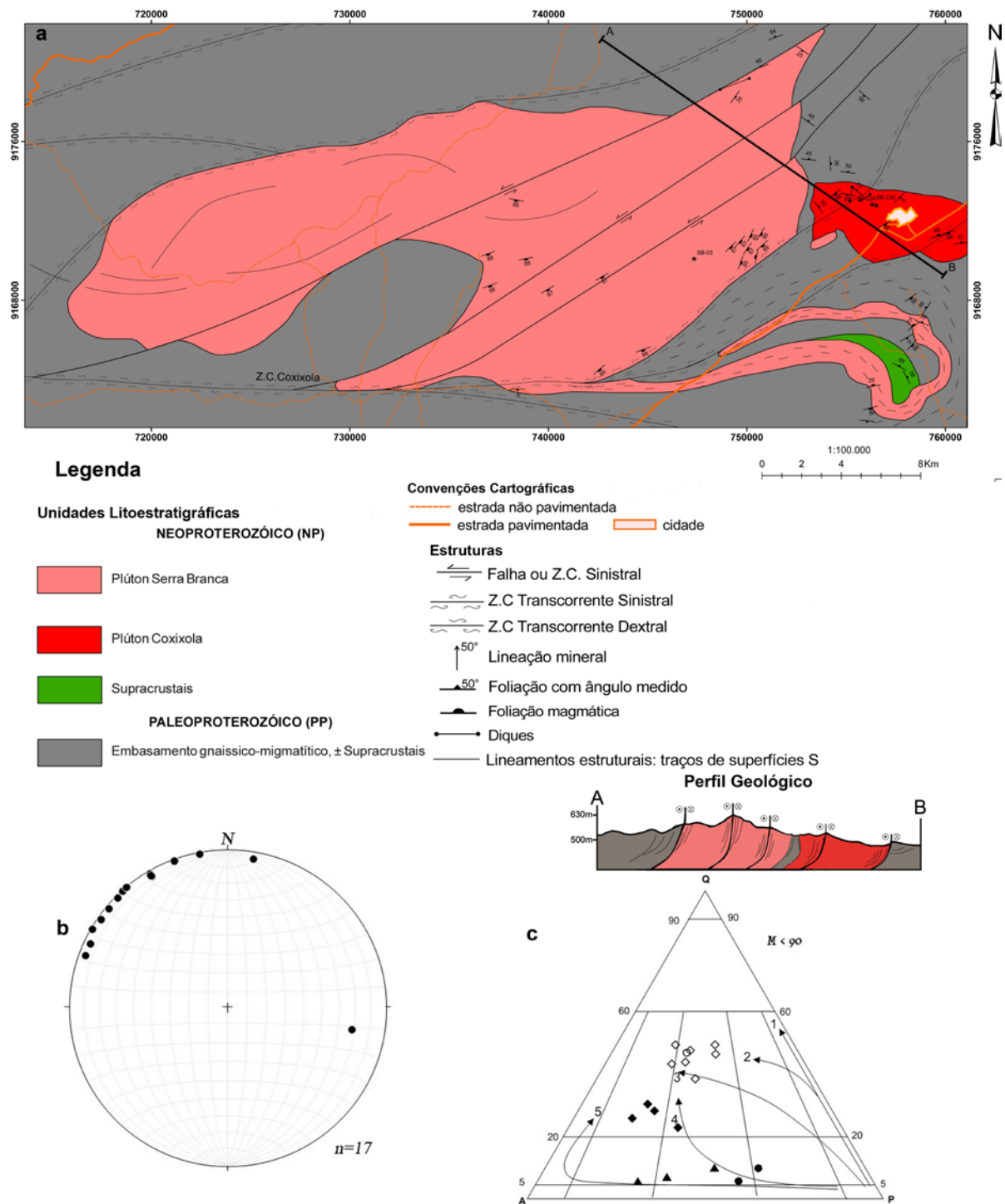


Figura. 2: *a*-Mapa geológico simplificado da área estudada, com os GPSB e GPC. *b*-Stereograma de orientação com os polos das foliações magmáticas mostrados na rede de Schmidt (hemisfério sul), calculados de 17 planos – Trama magmática planar dos GPSB. *c*-Diagrama Q-A-P, rochas ígneas plutônicas (Streckeisen, 1976) mostrando as variações composicionais, com os *trends* de Lameyre & Bowden (1982). ◇GPSB e ○ dique leucogranítico, ▲GPC (facies1), ◆GPC (facies2) e enclaves.

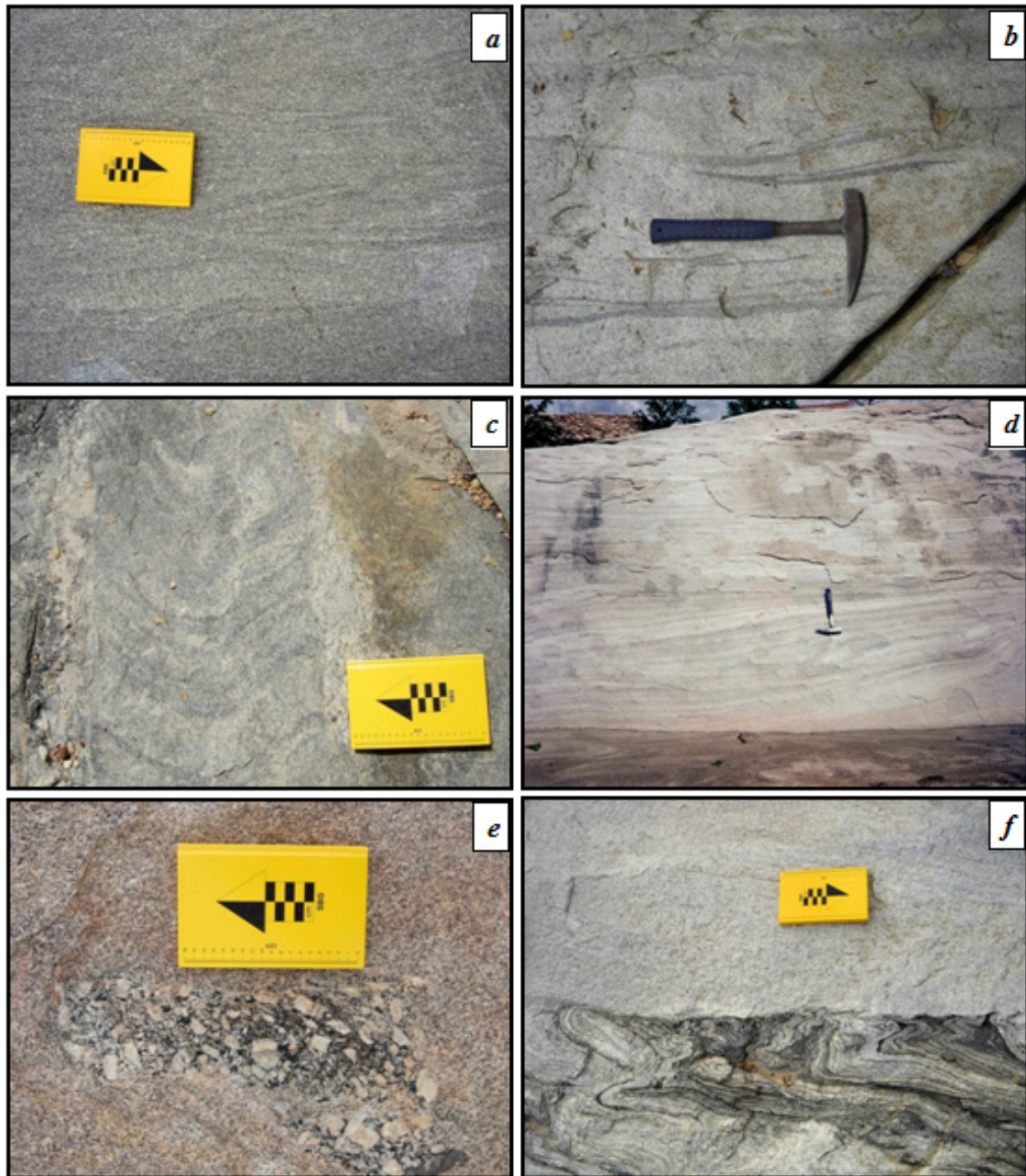


Figura 3: Fotografias dos GPSB: *a*- Estrutura de fluxo magmática semelhante à estratificação cruzada; *b*- Schlieren definidos por lâminas, por vezes encurvadas, de espessuras centimétricas de biotita; *c*- Dobras; *d*- Bandamento; *e*- Enclaves de granito porfirítico (GPC); *f*- Contato do dique (PSB) com migmatito encaixante.

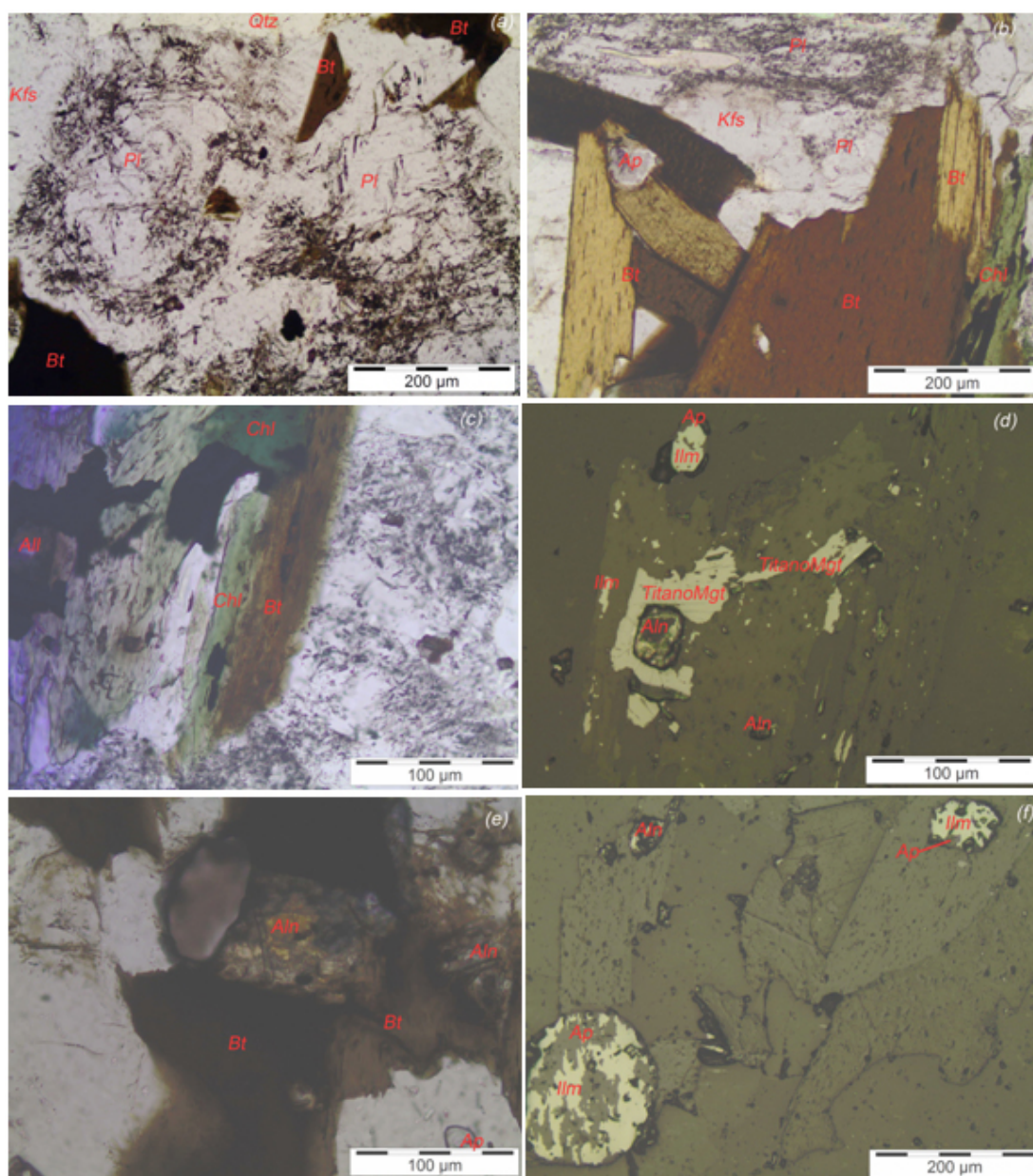


Figura 4: Fotomicrografias dos GPSB: *a*- Plagioclásio (Pl) alterado nas clivagens, fraturas e núcleo; biotita (Bt) intersticial; *b*- Agregado de biotitas hipidiomórficas, localmente alterada para clorita (Chl), com opacos; *c*- Biotita alterada para clorita, com opacos hipidiomórficos e allanita (Aln); *d*- Foto *c*, luz refletida, grãos anédricos de Fe-Ilmenita (Ilm) com Mn, titanomagnetita (Titanomgt) subidiomórfica envolvendo allanita e titanohematita; *e*- Allanita com opacos, inclusa em biotita; *f*- Fe-Ilmenita com Mn, inclusa e/ou relict ocupando quase totalmente apatita (Ap). (luz transmitida: nicóis paralelos- *b*, *c*, *e*, nicóis cruzados- *a*; luz refletida: *d* e *f*). K-feldspato (Kfs) e quartzo (Qtz).

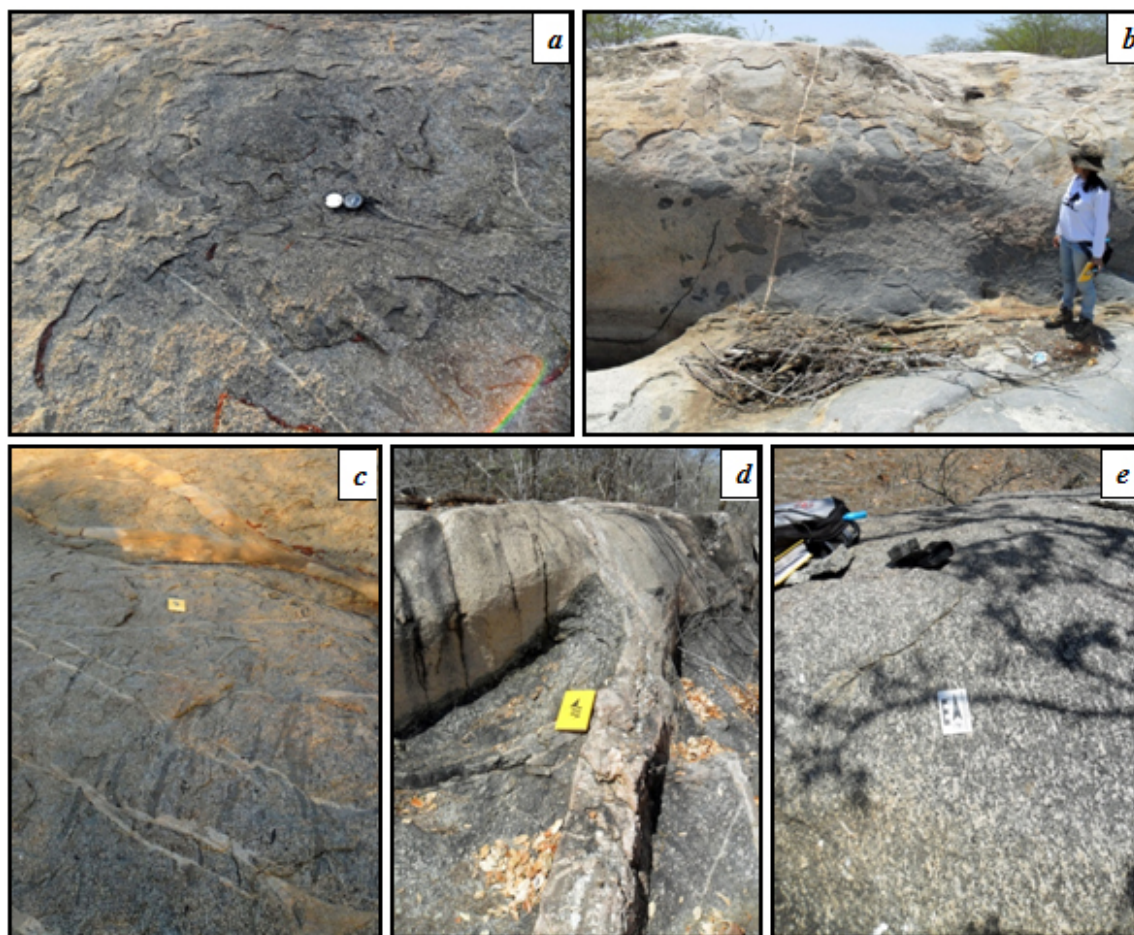


Figura 5: Fotografias Pluton Coxixola: *a*- Cisalhamento magmático sinistral (NE-SW); *b*- Enxame de enclave máfico, de forma arredondada a elíptica; *c*- GPC com enclaves dioríticos alongados (ESE a E), cortado por diques de leucogranito fino e veios quartzo-feldspáticos; *d*- GPC cortado por diques de leucogranito e pegmatito, com dique preenchendo falha destal deslocada (NNE) *e*- . Foliação dada por rotação de fenocristais dos feldspatos (NW-SE).

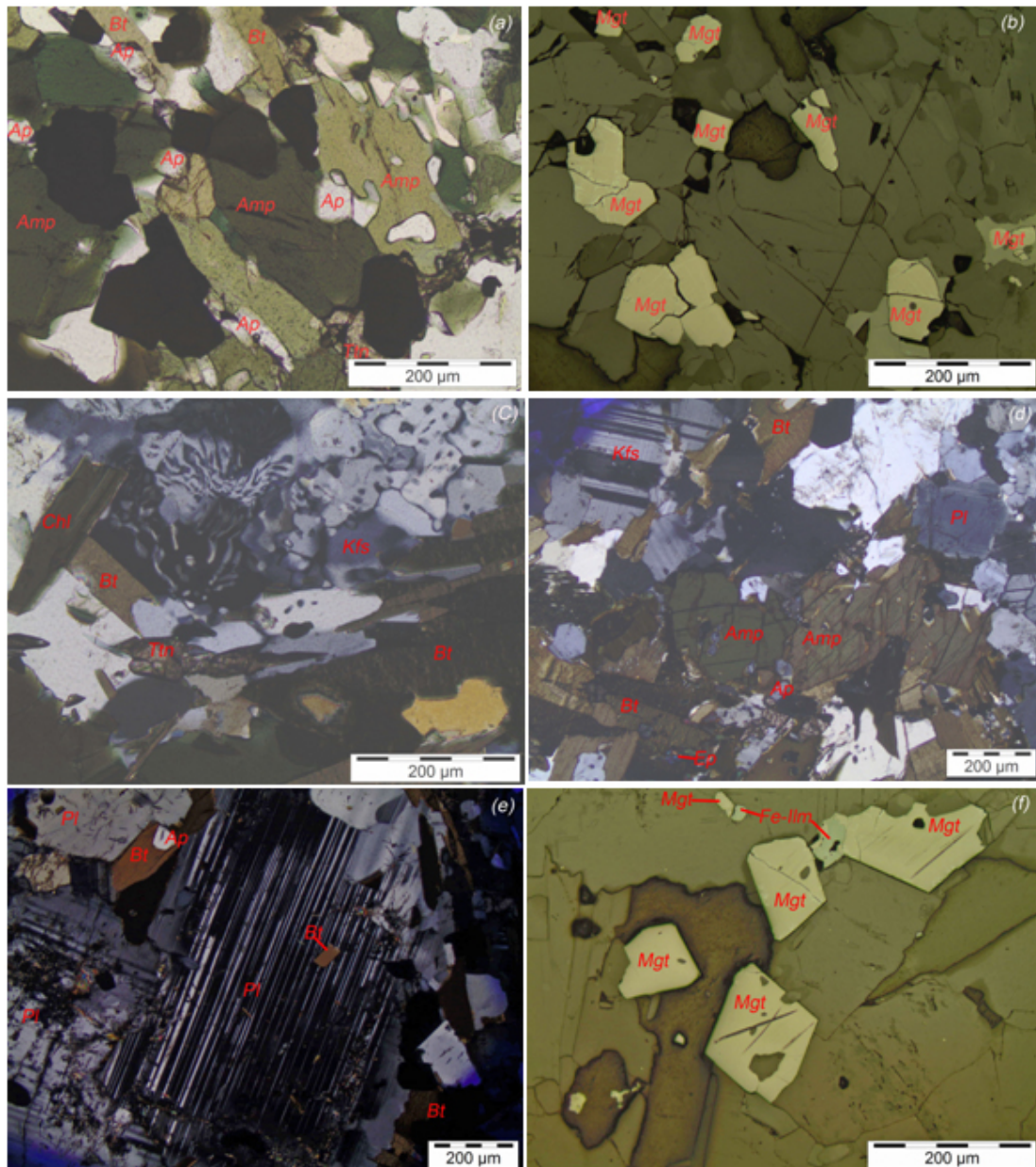


Figura 6: Fotomicrografias dos GPC: (facies 2) *a*- Anfibólios com inclusões de apatita, próximos a palhetas de biotita e opacos hipidiomórficos, localmente bordejados por titanita xenomórfica; *b*- Foto *a*, luz refletida, magnetitas com finas lamelas de martita (nos planos da magnetita-octaedros{111}), resultado de um processo de exsolução *subsolidus* destas lamelas a partir de titanohematita, e um pouco de titanohematita; *c*- Mirmequita, agregado de palhetas de biotita, anfibólio xenomórfico em contato com biotita, titanita xenomórfica; (facies 1) *d*- Plagioclásio, K-feldspato, mirmequita, anfibólio hipidiomórfico com inclusões de apatita, biotita com inclusões de epidoto; *e*- Plagioclásio sericitizado e saussuritizado nas bordas e localmente nas clivagens, com inclusões de palheta de biotita, apatita e opacos idiomórficos a subidiomórficos; *f*- Foto *e*, luz refletida, magnetitas com finas lamelas de martita, Fe-ilmenita e um pouco de titanohematita. (luz transmitida: nicóis paralelos-*a*, nicóis cruzados-*c*, *d* e *e*; luz refletida: *b* e *f*).

QUÍMICA MINERAL

Biotita, plagioclásio, anfibólio, minerais opacos e apatita dos granitóides dos plutons Serra Branca e Coxixola foram analisados pela microsonda eletrônica JEOL JXA-8230 com cinco espectrômetros de dispersão de comprimento de onda (WDS), voltagem de aceleração de 15 kV, corrente de 10 nA. As seções delgadas polidas foram metalizadas com carbono em câmara de vácuo. Análises realizadas no Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. O diagrama de Wones e Eugster, 1965 (Fe^{3+} - Fe^{2+} -Mg) foi feito usando o Software *BIOTERM* (Yavuz & Öztas, 1997) na plataforma LINUX.

Biotita

As biotitas dos granitóides do Pluton Serra Branca mostram elevados valores de Fe# [$\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$] (0,77-0,79). Nos Granitóides do Pluton Coxixola as biotitas analisadas nas facies 1 e 2 são quimicamente distintas (a maioria das biotitas analisadas são intersticiais e de textura primária, apenas alguns pontos foram analisados em biotitas secundárias-seus valores não estão inclusos nestas considerações). Na facies 1 as biotitas mostram valores de Fe# variando de 0,61-0,65 com teores de BaO mais elevados e menores teores de F. As biotitas da facies 2 mostram valores de Fe# mais baixos (0,45-0,49) e baixos teores de Cl. As biotitas dos diques de leucogranitos mostram valores de Fe# variando de 0,67-0,73 (Figura 7a). Os teores de Ti são variáveis (0,30-0,47), entretanto as biotitas da facies 2 dos granitóides do Pluton Coxixola mostram valores mais baixos de Ti (0,22-0,25) (Figura 7b). No diagrama Al total vs Mg (Figura 7c) as biotitas analisadas se projetam no campo das biotitas de granitos subalcalinos a alcalinos (Nachit *et al.*, 1985), exceto algumas analisadas

dos granitóides do Pluton Serra Branca que caem no campo das biotitas de granitos cálcio-alcalinos. A fugacidade de oxigênio durante a cristalização dos granitoides estudados (Wones e Eugster, 1965) sugere condições mais redutoras para os GPSB (Figura 7d). Nos diagramas FeO vs. Al_2O_3 , MgO vs. Al_2O_3 , FeO vs. MgO e (FeO vs. MgO vs. Al_2O_3) com os campos propostos por Abdel Rahman (1994), as biotitas dos granitóides do Pluton Serra Branca se projetam nos campos dos granitóides alcalinos e dos granitóides peraluminosos, enquanto as biotitas dos granitóides do Pluton Coxixola caem no campo dos granitóides cálcio-alcalinos a alcalino (Figura 8). Dados apresentados na tabela 2.

Anfibólio

O anfibólios dos granitóides do Pluton Coxixola são cálcicos segundo a classificação de Leake *et al.* (1997). Os anfibólios da facies 1 mostram composição ferro-edenita e os da facies 2 composição edenita e magnésio-hornblenda. Quando alterados mostram composição actinolita (Figura 9a e b). Os valores de Fe# [$\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$] nos anfibólios analisados variam de 0,43 a 0,65; os valores mais baixos foram observados na facies 2 (0,43-0,49), enquanto na facies 1 variam entre 0,59-0,65. Os valores de Al_{total} e Al^{IV} variam entre 1,47 - 1,74 e 1,01 - 1,39, respectivamente na facies 1 e entre 1,12 e 1,26 e 0,72 e 0,86 na facies 2 (Figura 11a e b). Dados apresentados na tabela 3.

Plagioclásio

Os plagioclásios dos granitóides do Pluton Serra Branca têm composição de oligoclásio sódico (An_{11} - An_{18}). Os plagioclásios da facies 1 do Pluton Coxixola variam de oligoclásio a andesina (An_{23} - An_{42}), enquanto os da facies 2 mostram composição semelhante às dos plagioclásios do

Pluton Serra Branca, ou seja, oligoclásio variando de An₁₄ a An₁₉ (Figura 10a). Dados apresentados na tabela 4.

Epidoto

Os cristais de epidoto analisados dos granitóides da fácies 1 do Pluton Coxixola estão inclusos em biotita secundária resultante da reação de feldspato alcalino e anfibólio, que originou a biotita e o epidoto. Segundo Tulloch (1986), valores da molécula de pistacita Ps [$\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+}+\text{Al})$] de: 1) 0-24% = alteração de plagioclásio; 2) 36-48% = associado à biotita alterada; 3) 25-29% = os que exibem textura magmática.

Os epidotos analisados apresentam valores da molécula de pistacita Ps [$\text{Fe}^{3+}/(\text{Fe}^{3+}+\text{Al})$] entre 40-45%, semelhantes aos de epidotos associados à biotita alterada (Tulloch, 1986). Dados apresentados na tabela 5.

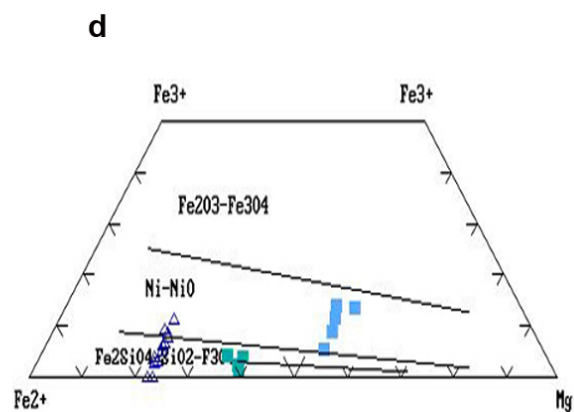
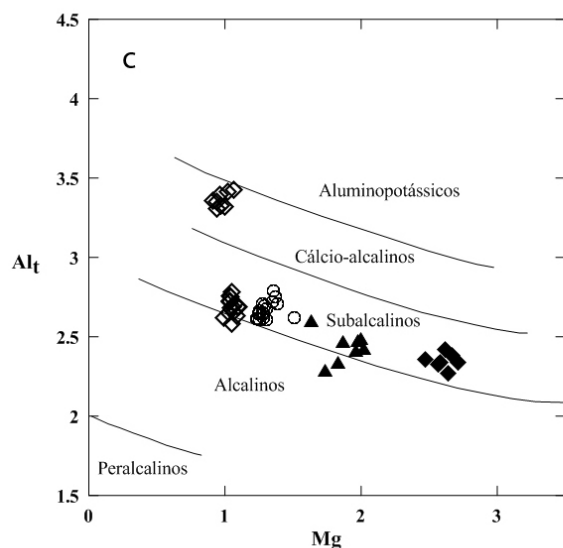
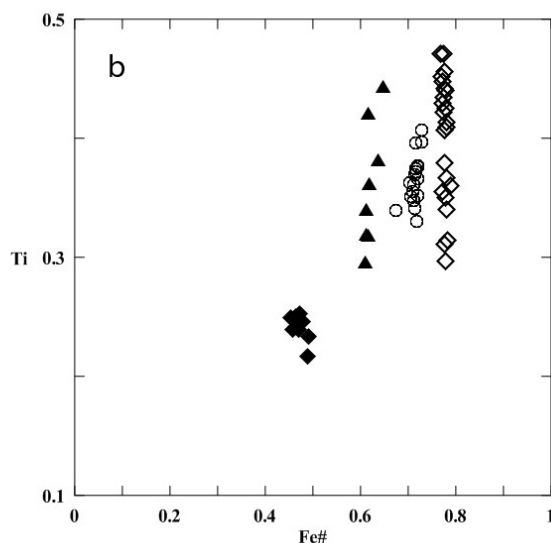
Minerais opacos

Minerais opacos euédricos a subédricos foram analisados das 02 fácies do Pluton Coxixola. Estes minerais são magnetitas, e mostraram composições semelhantes para ambas as fácies (teores de Cr de 0,001 – 0,02, Al = 0,001 – 0,003, $\text{Fe}_3\text{O}_4 > 97\%$ e $\text{TiO}_2 = 0,0$ a 0,4). Os valores obtidos mostram que estas magnetitas são bastante puras (Dunlop & Özdemir, 1997) sugerindo cristalização em condições de temperaturas elevadas (Deer *et al.*, 2000) (Figura 10b). Dados apresentados na tabela 7.

Apatita

Análises efetuadas em núcleos e bordas dos cristais de apatita dos granitóides do Pluton Serra Branca mostram variação de menos de 1% (0,6-0,9) em peso do somatório dos óxidos de ETR. O cálculo dos cátions e do flúor com base em 24 (O, F, Cl, OH) fornece os valores: Ca= 9,4 - 9,6 , P= 5,7 - 5,8 e F= 2,3 - 2,4, classificando as apatitas analisadas como fluorapatita. Os teores de Ce variam de 1,1 - 2,1 nas bordas, enquanto nos núcleos ficaram abaixo do limite de detecção. Segundo Toledo (2001), pode ser esperado um enriquecimento em Ce em apatita formada em condições oxidantes, devido a possibilidade do Ce ser oxidado e torna-se menos móvel que os outros ETR. Os teores de Y são mais baixos nas bordas (7,9 – 9,4) em relação aos núcleos (10,0 – 10,4), e os valores de Yb variam entre 4,9 - 5,3; o Lu varia de 0,4-1,3. Outras apatitas analisadas mostraram teores de Ca e Eu = 0,000 (borda), = 0,003 e 9,3 (núcleo), P= 0,000 e F= 0,154 - 0,330. Os teores de Gd variam de 4,3 – a 2,7; Fe de 20,9 a 21,2 e Mn de 2,2 a 2,3 para borda e núcleo respectivamente. O valor de Th para algumas bordas é de 6,63. Esses resultados refletem o enriquecimento do núcleo para a borda de Gd e Th nas apatitas que frequentemente ocorrem com inclusões e/ou relictos de Fe-ilmenita com Mn. Dados apresentados na tabela 6.

Figure 1 is a scatter plot showing the relationship between the Al content of the octahedral site (Al IV) and the iron content (Fe#) for various minerals. The y-axis is labeled 'Al IV' and ranges from 1 to 3. The x-axis is labeled 'Fe#' and ranges from 0 to 1. Data points are categorized by mineral type: Flogopita (bottom left), Siderofilita (top right), and Anita (bottom right). Symbols used include solid diamonds, solid triangles, open circles, and open diamonds. The plot shows a general trend where Al IV increases with Fe# for Siderofilita and Anita, while Flogopita has low Fe# and Al IV.



Estudos Geológicos v. 23(1) 2013
www.ufpe.br/estudosgeologicos

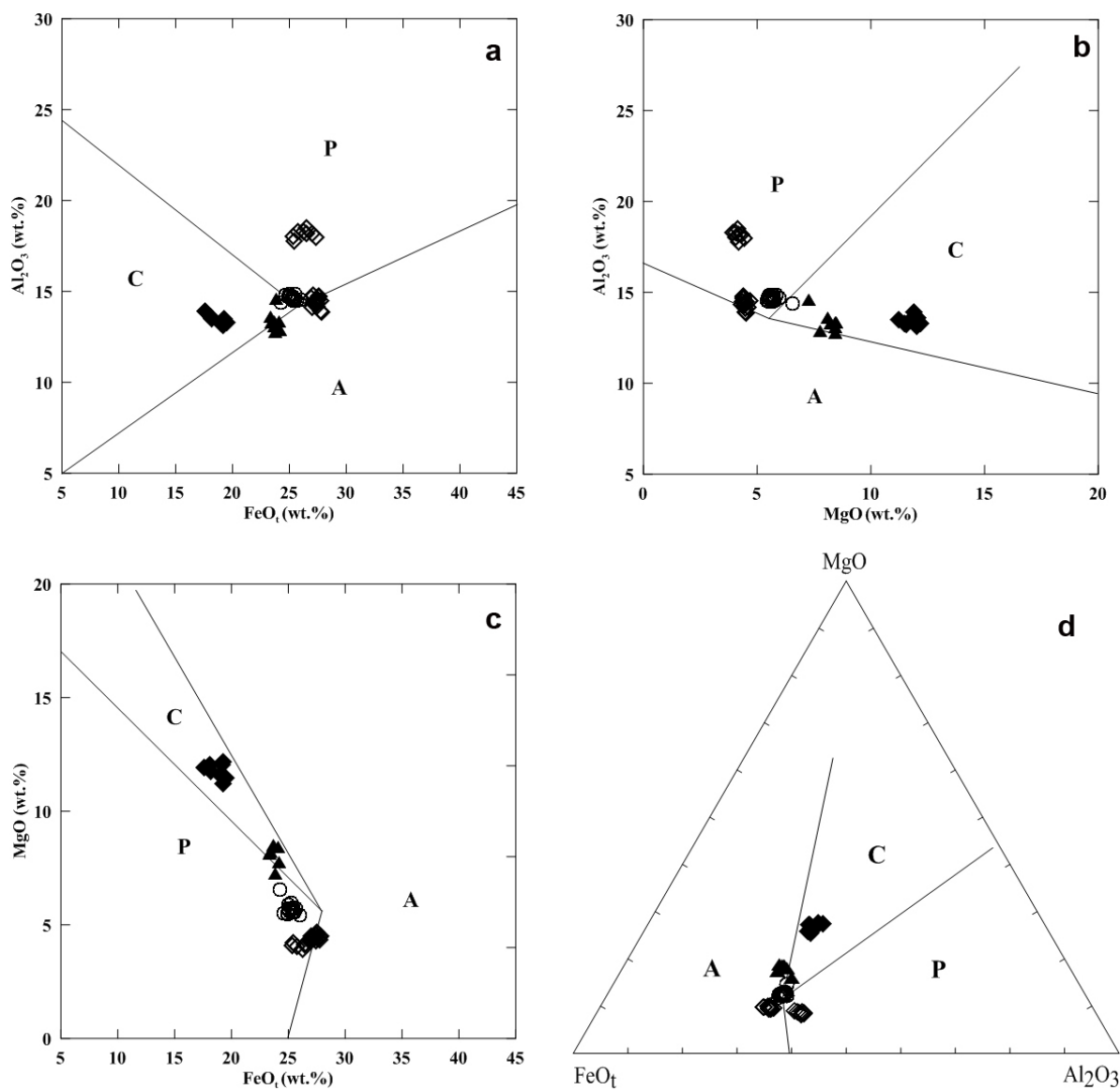


Figura 8: Diagramas FeO vs. Al₂O₃; MgO vs. Al₂O₃; FeO vs. MgO; FeO vs. MgO vs. Al₂O₃ (Abdel Rahman, 1994) discriminante de biotita de suítes alcalinas (A), cálcio-alcalinas (C) e peraluminosas (P). ◇GPSB, ▲GPC (facies1), ◆GPC (facies2), ○ dique leucogranítico.

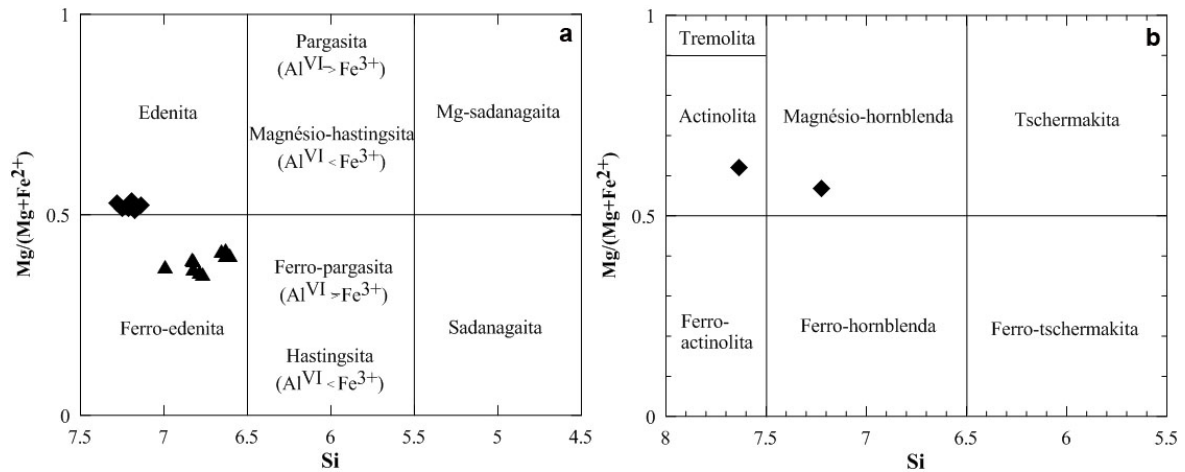


Figura 9: Diagramas de classificação de Leake *et al.* (1997) mostrando a classificação dos anfíbólios dos GPC. *a*- $(Na+K)A \geq 0.5$ e $Ti < 0.5$; *b*- $(Na+K)A < 0,50$. ▲ (facies1), ◆ (facies2).

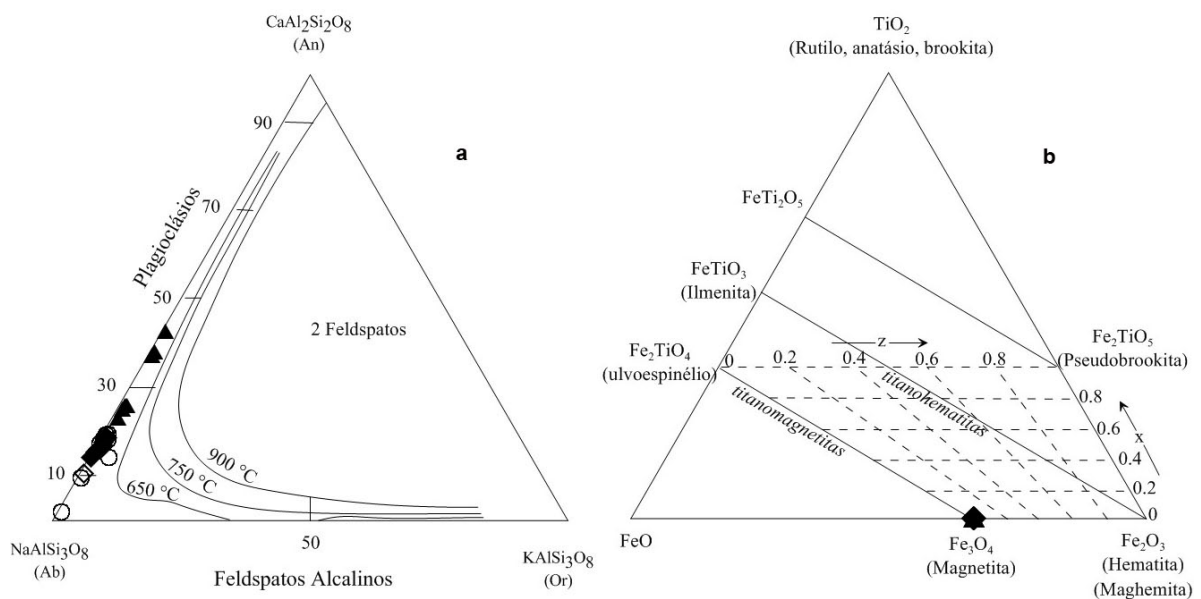


Figura 10: *a*- Diagrama de classificação de plagioclásio (GPSB e GPC. *b*- Diagrama ternário TiO_2 -FeO- Fe_2O_3 com as magnetitas das fácies 1 e 2 (GPC) bastante puras, este diagrama mostra as séries da titanomagnetitas e titanohematitas; durante a oxidação a baixas ou altas temperaturas das titanomagnetitas, as composições dos minerais seguem as linhas tracejadas. ◇GPSB, ▲GPC (facies1), ◆GPC (facies2), dique leucogranítico.

CONDIÇÕES DE CRISTALIZAÇÃO

As restrições na determinação de parâmetros intensivos como pressão, temperatura e fO_2 baseados em equilíbrio químico entre minerais em rochas plutônicas são devidas ao fato de que a granulção grossa dessas rochas não representam verdadeiramente as composições do *melt*, sendo potencialmente afetada pelos processos de acumulação mineral (Clemens & Wall, 1981). As análises petrográficas devem ser bem detalhadas, a fim de aumentar a confiabilidade dos resultados, mas não se esquecendo da possibilidade de reequilíbrio em condições *subsolidus*. Entretanto, estudos experimentais realizados nas rochas plutônicas (Clemens & Wall, 1981; Clemens *et al.*, 1986; Scaillet *et al.*, 1995; Dall' Agnol *et al.*, 1999; Klimm *et al.*, 2003, 2008; Bogaerts *et al.*, 2006), tem claramente demonstrado a utilidade destes estudos em uma aproximação, fornecendo, se não restrições quantitativas nos parâmetros intensivos, pelo menos uma visão mais rigorosa no sentido de como foram produzidos e armazenados os magmas parentais. Comparação dos parâmetros intensivos obtidos para rochas vulcânicas e plutônicas, utilizando várias aproximações, incluindo aquelas definidas experimentalmente, mostra que não há maiores diferenças entre magmas que entraram em erupção e os que não entraram, em termos de seus valores de temperatura e componentes voláteis (Scaillet *et al.*, 1998).

Geotermômetro hornblenda-plagioclásio

A reação edenita-tremolita (edenita + 4 quartzo = tremolita + albita) é um geotermômetro baseado no conteúdo de Al em hornblenda coexistente com plagioclásio nas paragêneses saturadas ou não em sílica

(Blundy & Holland, 1990). As temperaturas hornblenda-plagioclásio das equações em Holland & Blundy (1994), reação edenita-richterita (edenita + albita = richterita + anortita) nas paragêneses sem ou com pouco quartzo, foram calculadas para os granitóides do Pluton Coxixola. Os resultados mostrados na tabela 1 foram obtidos utilizando as pressões obtidas pelo geobarômetro de Anderson & Smith (1995). As temperaturas obtidas variam de 560° C a 711° C e claramente sugerem reequilíbrio no estado *subsolidus*.

Geobarômetro de Al em hornblenda

Os teores de Al_{total} das hornblendas nas rochas intermediárias cálcio-alcalinas aumenta com a pressão desde que a assembleia de *buffering* contenha quartzo, K-feldspato, plagioclásio, biotita, hornblenda, titanita, e óxido Fe-Ti estejam presentes (Hammarstrom & Zen, 1986; Hollister *et al.*, 1987; Johnson & Rutherford, 1989; Thomas & Ernst, 1990; Schmidt, 1992; Anderson & Smith, 1995). A composição das fases máficas está diretamente relacionada à fO_2 . Quanto menor a fO_2 maior o Fe# nas hornblendas, e por conseguinte maior o teor em Al_t . A utilização de Al_t em hornblenda como geobarômetro é restrita as composições com Fe# não ultrapassando 0,40 - 0,65. Foi utilizado neste trabalho o geobarômetro calibrado por Anderson & Smith (1995) definido para plutons cristalizados sob condições médias a elevadas de fO_2 . As pressões calculadas para os granitóides do Pluton Coxixola variam de 4 a 5 kbar (fácies 1) e de 2 a 3 kbar (fácies 2) (Figura 11a). Estas baixas pressões sugerem um processo atuante durante as transcorrências que afetam os granitóides, como a percolação de fluidos que promoveu uma possível despressurização onde normalmente se observa condições de alta pressão.

Geotermometria de saturação em zircão

A saturação em zircão pode ser baseada na correlação entre Zr e SiO₂, algumas condições são necessárias para utilização desse geotermômetro, como cristalização precoce de zircão e diminuição dos teores em rochas sucessivamente mais fracionada, $M [(Na+K+2Ca)/(Si*Al)]$ entre 0,9-1,7; e temperaturas de 700° C a 1000° C (Watson & Harrison, 1983; Watson, 1987). Valores fora dessas condições constituem apenas limites máximos para o *solidus* desses granitoides. As temperaturas *liquidus* (T_{Zr}) estimadas para os GPSB ricos em SiO₂ (>70%), variam de 781°C a 843°C, e para os GPC com teores intermediários de SiO₂ (55-67%) estão entre 836°C - 893°C. Os granitoides estudados mostram valores de M (0,1-0,3) abaixo do limite para utilização do geotermômetro. Contudo os GPSB mostram a condição mais fundamental para utilização de T_{Zr} , como a correlação negativa Zr-SiO₂, assim como a diminuição da T_{Zr} com o fracionamento das rochas (Figura 12a e b), os GPC exibem um ΔT ($T_{Zr} - T_{(Hbl-pl)}$) muito elevado (~245° C) indicando que a cristalização do zircão começou muito distante do *solidus*, isso reflete uma saturação de zircônio no magma parental dos GPC.

Fugacidade de Oxigênio

A fugacidade de oxigênio (fO_2) é um parâmetro dependente da pressão e temperatura e exerce controle importante na cristalização e na composição química dos minerais máficos em rochas magmáticas. Este parâmetro também é usado para

caracterização química de opacos como a magnetita e ilmenita.

Speer (1989) propôs o diagrama ternário $(KFe_3^{2+}AlSi_3O_{10}(OH)_2-KMg_3AlSi_3O_{10}(OH)_2-KFe_3^{3+}AlSi_3O_{12}(H_{-1}))$ para se obter uma estimativa aproximada da fO_2 a partir de composições das soluções sólidas de biotita (Wones & Eugster, 1965). Quando projetadas neste diagrama ternário as biotitas dos granitoides do Pluton Serra Branca cortam os *buffers* fayalita-quartzo-magnetita ($FeSiO_4-SiO_2-Fe_3O_4$) e níquel-óxido de níquel (Ni-NiO), próximos a Fe^{2+} . O mineral óxido principal é a Fe-ilmenita com Mn, coexistindo com um pouco de titanomagnetita nas bordas. As biotitas dos granitoides do Pluton Coxixola caem próximas do *buffer* $FeSiO_4-SiO_2-Fe_3O_4$, entre Fe^{2+} e Mg, a magnetita é o óxido principal, contendo finas lamelas de martita e um pouco de titanohematita (fácies 1). As biotitas do fácies 2 mostram condições de *buffering* entre Ni-NiO e $Fe_2O_3-Fe_3O_4$, mais próximos a Mg, o óxido é a magnetita com finas lamelas de martita e alguma titanohematita. Segundo os trabalhos de Wones & Eugster (1965) e Speer (1989), a fO_2 é intermediária para os granitoides do Pluton Serra Branca, e para os granitoides do Pluton Coxixola são intermediárias para o fácies 1 e elevada para o fácies 2 (Figura 7d).

No diagrama de Anderson & Smith (1995), com as possíveis condições de fugacidade de oxigênio durante a cristalização de rochas, os valores de $Fe\#$ vs. Al^{IV} nos anfibólios dos GPC caem no campo de intermediária fO_2 (fácies 1) e alta fO_2 (fácies 1) (Figura 11b).

Tabela 1: **HB 1*** - Termômetro Hbld-Plag (calibração – reação: edenita + 4 quartzo = tremolita + albita). [Paragêneses saturadas ou não em sílica] Holland e Blundy, 1990. **HB 2** - Termômetro Hbld-Plag (calibração – reação: edenita + albita = richterita + anortita). [Paragênese sem ou com pouco quartzo] Holland e Blundy, 1994 (resultados utilizados - GPC).

Pluton Coxixola	Facies 1				Facies 2						
T (C) HB1*	576,4	646,3	753,8	746,6	610,5	578,8	583,0	597,6	569,3	611,8	575,1
P (Kb) HB1*	4,47	4,88	3,68	4,05	3,22	2,39	3,14	2,72	2,63	2,51	3,12
T (C) HB2	617,0	661,2	710,7	694,9	595,7	580,2	587,6	599,3	557,0	580,6	573,4
P (Kb) HB2	4,49	4,47	4,43	4,90	3,20	2,40	3,16	2,72	2,55	2,42	3,11

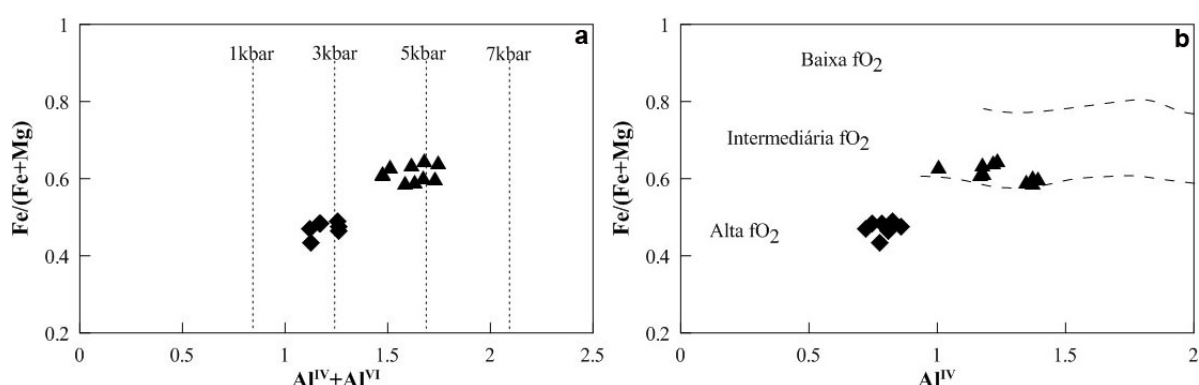


Figura 12 (8): *a*- Diagrama de variação química Zr vs. SiO₂; *b*- Diagrama de variações das T_{Zr} vs. SiO₂ (GPSB).

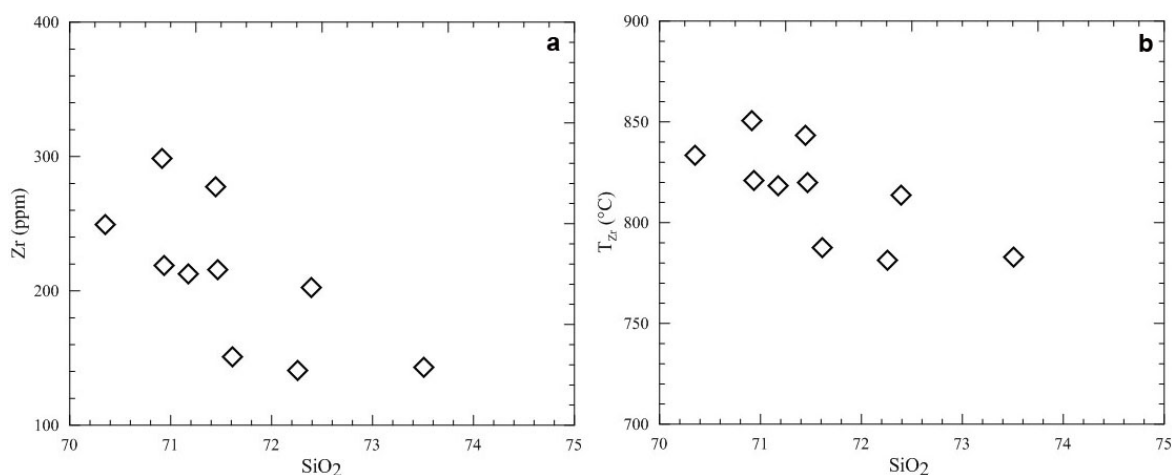


Figura 11: *a*- Diagrama de Fe# vs. Al_{total} em anfibólios mostrando as possíveis pressões de cristalização para os anfibólios dos GPC; *b*- Diagrama de Fe# vs. Al^{IV} em anfibólios com as possíveis fO₂ durante a cristalização dos GPC. (Anderson & Smith, 1995). ▲GPC (facies1), ◆GPC (facies2).

CONCLUSÕES

O Pluton Serra Branca exibe comumente estruturas de fluxo magmáticas, a foliação tem direção ENE a E, paralela às zonas de cisalhamento adjacentes, trata-se de intrusão sintranscorrente como a maioria dos plutons Neoproterozóicos do DZT. São biotita sienogranitos a monzogranitos leucocráticos.

Os granitóides do Pluton Coxixola se encontram deformados no estado sólido e são cortados por diques de granitos fino cinza, rosa e pegmatito. Enxame de enclaves máficos alongados na direção ESE a E são comuns. Constituem uma intrusão pré-tectônicas com relação às transcorrências sinistrais (NE-SW). Composto de quartzo sienitos, quartzo monzonitos e sieno a monzogranitos, porfiríticos, com anfibólio de composição ferro-edenita, edenita e Mg hornblenda

As biotitas distinguem os granitóides dos plutons Serra Branca e Coxixola, com variações nos teores de Al^{IV} , Fe#, Ti e Mg entre esses plutons.

No Pluton Coxixola ocorrem biotitas diferentes quimicamente entre as duas facies, essas diferenças sugerem que a facies 1 possivelmente foi mais influenciada por uma alteração hidrotermal localizada (caracterizada por apresentar petrograficamente martitização e corrosão na magnetita, albitização e simplectitos; e quimicamente variações de T e P , fO_2), favorecendo seu maior enriquecimento em Fe^{2+} , sob condições mais redutoras e de mais baixa fO_2 do que as da facies 2; além de exibir mais altos valores de Al^{IV} e Ti.

No Pluton Serra Branca as biotitas também se apresentam diferentes quimicamente, essas variações que separam dois grupos de biotitas e definem magmas alcalino e peraluminoso, sugerem diferentes pulsos de magma e localmente maiores

contribuições crustais, essas condições são suportadas pelos aspectos de campo.

As variações nas T_{Zr} (781-843°C) apresentadas pelo PSB indicam localmente uma correlação das T_{Zr} (°C) mais baixas com uma contribuição maior da crosta paleoproterozóica a arqueana, onde são observados enclaves de granitos porfiríticos e dioritos, e xenólitos miloníticos.

As condições de fO_2 são intermediárias nos granitóides do Pluton Serra Branca, e intermediárias (Fácies 1) a elevadas (Fácies 2) nos granitóides do Pluton Coxixola. Variação entre as temperaturas baseadas em dados de saturação em zircão (836-893°C) e nos valores calculados para o par Hbl-Plg (570-711°C) dos granitóides do Pluton Coxixola caracteriza um processo atuante de deformação nestes granitóides em condições do facies anfibolito.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio financeiro para os trabalhos de campo e de laboratório, Projeto Universal Edital MCT/CNPq 14/2013 (Processo No. 473294/2011-7), coordenado pela Prof^a. Dr^a. Ignez de Pinho Guimarães. Aos Laboratórios de Microsonda Eletrônica da UNB e USP, e de Estudo Metalogenético Aplicado-UFPE.

REFERÊNCIAS

- Abdel-Rahman A. (1994). Nature of Biotites from Alkaline, Calc-alkaline, and Peraluminous Magmas. *Journal of petrology*, 35(2): 525-541.
- Almeida, F.F., Leonardos Jr., O.H., Valença, J., 1967. Review on granitic rocks of Northeast South America, Proceedings of the Symposium on Northeastern South America Granites, Recife, IUGS/UNESCO, p. 41.

- Anderson, J. L. & Smith, D. R. (1995). The effects of temperature and fO₂ on the Al-in-hornblende barometer. *American Mineralogist* 80, 549-559.
- Blundy, J. & Holland, T. (1990). Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 104, 208-224.
- Bogaerts, M., Scaillet, B. & Auwera, J. V. (2006). Phase equilibria of the Lyngdal granodiorite (Norway): implications for the origin of metaluminous ferroan granitoids. *Journal of Petrology*, 47, 2405-2431.
- Lucilene dos Santos et al., U.G., 1991. Tectonic evolution of South América during the Late Proterozoic. *Precambrian Res.* 53, 23-40.
- Brito Neves, B.B., Van Schmus, W.R., Fetter, A., 2002. Northwestern Africa-North-eastern Brazil. Major tectonic links and correlation problems. *J. Afr. Earth Sci.* 34, 275-278.
- Caby, R., 1989. The Precambrian terranes of Benin-Nigeria and Northeast Brazil and the late Proterozoic south Atlantic fit. In: *Dallmeyer, R.D., (Ed.), Terranes in the Circum-Atlantic Paleozoic Orogens. Geol. Soc. Spec. Paper, vol. 230, pp. 145-158.*
- Caby, R., Bertrand, J.M., Black, R., 1981. Pan-African ocean closure and continental collision in the Hoggar-Iforas segment, Central Sahara. In: *Kroner, A. (Ed.), Precambrian Plate Tectonics. Elsevier, pp. 407-434.*
- Castaing, C., Triboulet, C., Feybesse, J.L., Chèvremont, P., 1993. Tectonometamorphic evolution of Ghana, Togo and Benin in the light of the Pan-African/Brasiliano Orogeny. *Tectonophysics* 218, 323-342.
- Clemens, J. D. & Wall, V. J. (1981). Origin and crystallization of some peraluminous (S-type) granitic magmas. *Canadian Mineralogist*, 19, 111-131.
- Clemens, J. D., Holloway, J. R. & White, A. J. R. (1986). Origin of A-type granite: experimental constraints. *American Mineralogist*, 71, 317-324.
- Dall'Agnol, R., Scaillet, B. & Pichavant, M. (1999). An experimental study of a Lower Proterozoic A-type granite from the eastern Amazonian craton, Brazil. *Journal of Petrology*, 40(11), 1673-1698.
- Deer W. A., Howie, R. A. and Zussman, J. 1996. An introduction to the rock-forming minerals. Prentice Hall, 712 p.
- Dunlop, D. J. & Özdemir, Ö. (1997). Rock Magnetism: Fundamentals and Frontiers. Cambridge University Press, 573 p.
- Guimarães, I.P., Da Silva Filho, A.F., 1997. Sm/Nd and whole rock geochemistry characterization of the Serra Branca granite: Evidence of Archean crust in the Pajeú-Paraíba fold belt. In: *XVII Simposio de Geologia do Nordeste, Fortaleza, CE, Brazil, vol. 15. pp.280-281.*
- Guimaraes, I.P., da Silva Filho, A.F., Almeida, C.N., Van Schmus, W.R., Araujo, J.M.M, Melo, S.C., Melo, E.B. 2004. Brasiliano (Pan-African) granitic magmatism in the Pajeú-Paraíba belt, northeast Brazil: an isotopic and geochronological approach. *Precambrian Res.*, 135: 23-53.
- Hammarstrom, J. M. & Zen, E. (1986). Aluminum in hornblende: Na empirical igneous geobarometer. *American Mineralogist* 71, 1297-1313.

- Holland, T. & Blundy, J. (1994). Non-ideal interactions in calcic amphiboles and their bearing on amphibole-plagioclase thermometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 116, 433-447.
- Hollister, L. S., Grissom, G. C., Peters, E. K., Stowell, H. H. & Sisson, V. B. (1987). Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. *American Mineralogist* 72, 231-239.
- Hutton, D. H. W. Igneous emplacement in a shear-zone termination: The biotite granite at Strontian, Scotland. *Geological Society of America Bulletin*, September, 1988, v. 100, no. 9, p. 1392-1399.
- Jardim de Sá, E.F., 1984. A evolução proterozóica da Província Borborema. In: *Proceedings of the XI Geological Symposium of Northeast Brazil. Extended Abstract*: 297-316.
- Johnson, M. C. & Rutherford, M. J. (1989). Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera (California) volcanic rocks. *Geology* 17, 837-841.
- Klimm, K., Holtz, F., Johannes, W. & King, P. L. (2003). Fractionation of metaluminous A-type granites: an experimental study of the Wangrah Suite, Lachlan Fold Belt, Australia. *Precambrian Research*, 124, 327-341.
- Klimm, K., Holtz, F. & King, P. L. (2008). Fractionation vs. magma mixing in the Wangrah Suite A-type granites, Lachlan Fold Belt, Australia: Experimental constraints. *Lithos*, 102, 415-434.
- Leake B.E., Woolley A.R., Arps C.E.S., Birch W.D., Gilbert M.C., Grice J.D., Hawthorne C., Kato A. and others. 1997. Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *Am. Mineral.*, **82**:1019-1037.
- Medeiros, V. C., 2004. *Evolução Geodinâmica e Condicionamento Estrutural dos Terrenos Piañcó-Alto Brígida e Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal, NE do Brasil*. Natal. Tese de doutorado, PPGG/UFRN, 200 p.
- Nachit H, Razafimahefa N, Stussi JM, Carron JP (1985) Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoides. *Comptes Rendus Acad Sci Paris* 301: 810-818.
- Neves, S.P., 2003. Proterozoic history of the Borborema province (NE Brazil): correlations with neighboring cratons and Pan-African belts and implications for the evolution of western Gondwana. *Tectonics*, 22(4), doi: 10.1029.
- Neves, S. P., Bruguier, O., Vauchez, A., Bosch, D., Silva, J. M. R. e Mariano, G. 2006. Timing of crust formation, deposition of supracrustal sequences, and Transamazonian and Brasiliano metamorphism in the East Pernambuco belt (Borborema Province, NE Brazil): implications for western Gondwana assembly. *Precambrian Res.*, 149:197-216.
- Ramdohr, Paul, 1937, *Erzmikroskopische Untersuchungen an einigen seltenen oder bisher wenig beachteten Erzmineralien*, Teil 1, Zentrbl. Mineralogie u. Geologie, A, 193-211.
- Ramdohr, P., 1980. The ore minerals and their intergrowths – 2nd edition. Pergamon Press.

- Rosenberg C.L., 2004. Shear zones and magma ascent: a model based on a review of the Tertiary magmatism in the Alps, *Tectonics* 23 (2004) TC3002, doi: 10.1029/2003TC001526.
- Scailliet, B., Pichavant, M. & Roux, J. (1995). Experimental crystallization of leucogranite magmas. *Journal of Petrology*, 36, 663-705.
- Scailliet, B., Holtz, F. & Pichavant, M. (1998). Phase equilibrium constraints on the viscosity of silicic magmas. I. Volcanic-plutonic comparison. *Journal of Geophysical Research*, 103, 27257-27266.
- Schmidt, M.W. (1992). Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: An experimental calibration of the Al-in-hornblende-barometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 110, 304-310.
- Sial, A.N., 1986. Granite-types in northeast Brazil: current knowledge. *Revista Brasileira de Geociências* 16 (1), 54-72.
- Speer, J. A. Micas in igneous rocks. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, January 1984, v. 13, p. 299-356.
- Thomas, W. M. & Ernst, W. G. (1990). The aluminum content of hornblende in calc-alkaline granitic rocks: a mineralogic barometer calibrated experimentally to 12 kbar. In: *Spencer, R. J. & Shou, I.-M. (eds) Fluid-Mineral Interactions: A Tribute to H. P. Eugster. Geochemical Society Special Publication 2*, 59-63.
- Tian, Y. & Shan, Y. The diversity of flow structures in felsic dykes. *Journal of the Geological Society*, July 2011, v. 168:1001-1011.
- Toledo, M. C. M. de. A variabilidade de composição da apatita associada à carbonatitos. *Revista do Instituto Geológico*. São Paulo, 200.
- Toteu, S.F., Bertrand, J.M., Penaye, J., Mecauidière, J., Angoua, S., Barbey, P., 1990. Cameroon: a tectonic keystone in the Pan-African network. In: *Lewry, J.L., Stauffer, P. (Eds.), Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America, Geological Association of Canada Special Paper, 37*, pp. 483-496.
- Toteu, S.F., Penaye, J., Van Schmus, W.R., Michard, A., 1994. Preliminary U-BP and Sm-Nd geochronologic data on the North-Central of Cameroon: contribution of an Archean and Paleoproterozoic crust to the edification of an active domain of the Pan-African orogeny. *C.R. Acad. Sci. Paris* 319, 1519-1524.
- Toteu, S.F., Van Schmus, W.R., Penaye, J., Michard, A., 2001. New U-Pb and Sm-Nd data from north-central Cameroon and its bearing on pre-Pan African history of central Africa. *Precambrian Res.* 108, 45-73.
- Trompette, R., 1997. Geology of Western Gondwana (200-500 Ma) Pan-African Aggregation of South America and Africa. *Bakelma, Rotterdam/Brookfield*, 350 p.
- Tulloch, A.J. (1986) Comment on "Implications of magmatic epidote-bearing plutons on crustal evolution in the accreted terranes of northwestern North America" and "Magmatic epidote and its petrologic significance." *Geology*, 14, 186-187.
- Wones D R & Eugster H P. Stability of biotite: experiment, theory and application. *Am. Mineral.* 50:1228-72. 1965.
- Watson, E. B. & Harrison, T. M. (1983). Zircon saturation revisited: temperature and

- composition effects in a variety of crustal magma types. *Earth and Planetary Science Letters* 64, 295-304.
- Watson, E.B. (1987) The role of accessory minerals in granitoid geochemistry. In: *Hutton Conference of The Origin of Granites*. Univ. Edinburgh, pp. 209-211.
- Yavuz, F. and Öztas, T. (1997) BIOTERM-A program for evaluating and plotting microprobe analyses of biotite from barren and mineralized magmatic suites. *Computers & Geosciences* 23, 897-907.

Tabela 2. Composições Químicas e Proporções Catiônicas (O=22) – Biotita/Amostras representativas										
Pluton	Serra Branca									
Amostra	5BT03-2	5BT06-2	5BT07-1	5BT09-1	5BT09-3	5BT10-2	9BT01/B	9BT/B	9BT03	9BT
SiO ₂	36,24	35,42	35,23	35,59	36,79	36,71	34,83	34,84	34,73	34,88
TiO ₂	3,19	3,45	3,79	3,59	3,44	4,00	3,08	2,69	3,01	2,91
Al ₂ O ₃	14,78	14,49	14,27	14,46	13,90	14,38	18,29	18,51	18,21	18,16
Cr ₂ O ₃	0,00	0,05	0,02	0,05	0,01	0,03	0,00	0,04	0,03	0,03
FeO	27,11	27,74	27,32	27,39	27,76	27,13	26,28	26,47	26,99	26,54
MnO	0,45	0,46	0,51	0,51	0,43	0,51	0,66	0,68	0,68	0,67
MgO	4,40	4,36	4,43	4,54	4,48	4,42	3,93	4,14	4,32	4,18
CaO	0,04	0,01	0,01	0,04	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
BaO	0,08	0,02	0,08	0,04	0,12	0,15	0,08	0,15	0,20	0,09
Na ₂ O	0,20	0,19	0,13	0,20	0,12	0,12	0,02	0,04	0,03	0,05
K ₂ O	9,08	9,47	9,63	9,43	9,25	9,20	9,50	9,48	9,72	9,59
SrO	0,00	0,02	0,04	0,06	0,03	0,00				
V ₂ O ₃	0,05	0,06	0,15	0,03	0,10	0,04				
NiO	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00				
F	0,51	0,54	0,52	0,39	0,59	0,66	0,76	1,05	0,82	0,78
Cl	0,12	0,12	0,13	0,18	0,14	0,11	0,03	0,05	0,04	0,04
(OH)	4,00	3,86	4,00	3,69	3,08	2,85				
O - F - Cl	0,24	0,26	0,25	0,21	0,28	0,30				
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	97,49	98,12	98,76	97,92
Si	5,73	5,65	5,63	5,65	5,80	5,75	5,43	5,42	5,38	5,42
Al ^{IV}	2,27	2,35	2,37	2,35	2,20	2,25	2,57	2,58	2,62	2,58
Al ^{VI}	0,49	0,37	0,33	0,36	0,38	0,40	0,79	0,81	0,70	0,75
Ti	0,38	0,41	0,46	0,43	0,41	0,47	0,36	0,31	0,35	0,34
Cr	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺ (Fe _I)	3,59	3,70	3,65	3,64	3,66	3,55	3,42	3,44	3,49	3,45
Mn	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,09	0,09	0,09	0,09
Mg	1,04	1,04	1,06	1,07	1,05	1,03	0,91	0,96	1,00	0,97
Ca	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na	0,06	0,06	0,04	0,06	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02
K	1,83	1,93	1,97	1,91	1,86	1,84	1,89	1,88	1,92	1,90
Sr	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00				
V	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00				
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Cátions	15,47	15,59	15,60	15,57	15,48	15,41	15,48	15,52	15,57	15,53
fe#	0,78	0,78	0,78	0,77	0,78	0,77	0,79	0,78	0,78	0,78
mg#	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22	0,23	0,21	0,22	0,22	0,22
Fe ²⁺ e Fe ³⁺ separados após Dymek (1983) por Yavuz (1997)/ Proporções Catiônicas (O=11)										
Fe ³⁺	0,18	0,09	0,06	0,07	0,16	0,12	0,20	0,25	0,14	0,19
Fe ²⁺	1,61	1,75	1,76	1,74	1,66	1,65	1,50	1,46	1,60	1,53

*GEOLOGIA, PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DE PLUTONS
CONTRASTANTES, SERRA BRANCA E COXIXOLA...*

Tabela 2. Composições Químicas e Proporções Catiônicas (O=22) – Biotita/Amostras representativas - Cont.									
Pluton	Coxixola								
Amostra	23BT01-1	23BT01-2	23BT03-3	23BT04-1	28BT01-1	28BT02-1	28BT03-1n	28BT03-1b	28BT04-1
SiO ₂	38,48	39,88	36,33	37,96	41,35	41,08	41,13	40,68	39,96
TiO ₂	3,90	3,75	2,49	3,12	2,29	2,25	2,10	2,20	2,13
Al ₂ O ₃	14,62	13,27	13,35	13,58	13,12	13,89	13,51	13,26	13,29
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,00	0,02	0,07
FeO	23,82	23,44	23,71	23,38	19,17	17,62	19,28	18,99	19,24
MnO	0,45	0,48	0,46	0,48	0,37	0,39	0,39	0,40	0,32
MgO	7,27	8,23	8,49	8,12	12,04	11,91	11,21	11,58	12,18
CaO	0,04	0,07	0,07	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
BaO	1,26	0,27	0,19	0,31	0,00	0,00	0,12	0,00	0,07
Na ₂ O	0,10	0,08	0,20	0,10	0,06	0,06	0,15	0,14	0,12
K ₂ O	9,10	9,29	9,47	9,13	9,37	9,55	9,58	9,63	9,34
SrO	0,00	0,00	0,05	0,00	0,09	0,05	0,00	0,06	0,01
V ₂ O ₃	0,01	0,04	0,03	0,01	0,06	0,07	0,06	0,04	0,02
NiO	0,03	0,05	0,03	0,01	0,04	0,00	0,05	0,05	0,01
F	0,10	0,13	0,30	0,17	0,50	0,43	0,39	0,44	0,38
Cl	0,12	0,09	0,11	0,12	0,04	0,03	0,04	0,04	0,06
(OH)	0,76	1,01	4,87	3,58	1,70	2,82	2,16	2,68	2,97
O - F - Cl	0,07	0,07	0,15	0,10	0,22	0,19	0,17	0,19	0,17
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Si	5,81	5,96	5,74	5,85	6,08	6,06	6,08	6,05	5,97
Al ^{IV}	2,19	2,04	2,26	2,15	1,92	1,94	1,92	1,95	2,03
Al ^{VI}	0,41	0,30	0,23	0,32	0,35	0,48	0,44	0,38	0,31
Ti	0,44	0,42	0,30	0,36	0,25	0,25	0,23	0,25	0,24
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Fe ²⁺ (Fe _t)	3,01	2,93	3,13	3,02	2,36	2,18	2,39	2,36	2,40
Mn	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
Mg	1,64	1,83	2,00	1,87	2,64	2,62	2,47	2,57	2,71
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,08	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Na	0,03	0,02	0,06	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04
K	1,75	1,77	1,91	1,80	1,76	1,80	1,81	1,83	1,78
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
V	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Ni	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Cátions	15,43	15,38	15,73	15,48	15,44	15,41	15,45	15,49	15,54
fe#	0,65	0,62	0,61	0,62	0,47	0,45	0,49	0,48	0,47
mg#	0,35	0,38	0,39	0,38	0,53	0,55	0,51	0,52	0,53
Fe ²⁺ e Fe ³⁺ separados após Dymek (1983) por Yavuz (1997)/ Proporções Catiônicas (O=11)									
Fe ³⁺	0,10	0,09	0,03	0,05	0,22	0,32	0,34	0,28	0,13
Fe ²⁺	1,40	1,37	1,53	1,45	0,96	0,76	0,85	0,90	1,06

Tabela 3. Composições Químicas e Proporções Catiônicas (O=23) – Anfibólio/Amostras representativas								
Pluton	Coxixola							
Amostra	23ANF02-1	23ANF02-2	23ANF04-1	23ANF04-2	28ANF01-1	28ANF02-1	28ANF03-1	28ANF04-1.1
SiO ₂	47,653	45,558	42,694	42,326	49,566	49,256	50,151	49,102
TiO ₂	1,347	1,278	1,309	1,139	0,751	0,818	0,325	0,364
Al ₂ O ₃	8,732	9,152	9,142	9,391	7,443	7,319	3,885	6,493
Cr ₂ O ₃	0,028	0,026	0,037	0,006	0,000	0,000	0,000	0,025
FeO	22,045	22,687	22,624	22,335	18,380	17,789	14,072	17,640
MnO	0,687	0,702	0,655	0,620	0,536	0,558	0,540	0,561
MgO	7,145	6,858	7,093	7,090	10,594	10,345	12,303	11,169
CaO	11,392	11,585	11,427	11,577	11,870	11,741	11,059	11,891
BaO	0,000	0,000	0,007	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000
Na ₂ O	1,330	1,327	1,479	1,438	1,422	1,304	0,806	1,043
K ₂ O	1,199	1,365	1,364	1,312	0,855	0,941	0,375	0,720
SrO	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,056	0,000
V ₂ O ₃	0,056	0,046	0,058	0,049	0,031	0,075	0,047	0,064
NiO	0,000	0,031	0,018	0,082	0,025	0,004	0,006	0,000
F	0,080	0,269	0,084	0,106	0,169	0,068	0,222	0,126
Cl	0,105	0,083	0,097	0,088	0,044	0,034	0,155	0,022
(OH)	0,000	0,000	1,969	2,460	0,000	0,000	6,128	0,838
O - F - Cl	0,058	0,132	0,057	0,064	0,080	0,037	0,130	0,058
Total	101,743	100,835	100,000	100,000	101,606	100,234	100,000	100,000
Si	6,994	6,823	6,630	6,606	7,139	7,175	7,634	7,225
Al ^{IV}	1,006	1,177	1,370	1,394	0,861	0,825	0,366	0,775
Al ^{VI}	0,505	0,438	0,303	0,333	0,403	0,431	0,331	0,351
Fe ³⁺	0,030	0,154	0,427	0,397	0,136	0,012	0,075	0,286
Ti	0,149	0,144	0,153	0,134	0,081	0,090	0,037	0,040
Mg	1,563	1,531	1,642	1,650	2,275	2,246	2,792	2,450
Fe ²⁺	2,670	2,678	2,483	2,493	2,072	2,155	1,714	1,872
Mn	0,085	0,089	0,086	0,082	0,065	0,069	0,070	0,070
Ca	1,792	1,859	1,901	1,936	1,832	1,832	1,804	1,875
Na	0,378	0,385	0,445	0,435	0,397	0,368	0,238	0,298
K	0,225	0,261	0,270	0,261	0,157	0,175	0,073	0,135
F	0,039	0,132	0,041	0,051	0,0802	0,0325	0,0975	0,0599
Cl	0,027	0,022	0,025	0,023	0,0112	0,0086	0,0365	0,0056
Cátions	15,463	15,693	15,778	15,794	15,509	15,419	15,267	15,441
fe#	0,631	0,636	0,602	0,602	0,477	0,490	0,380	0,433
mg#	0,369	0,364	0,398	0,398	0,523	0,510	0,620	0,567
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,011	0,057	0,172	0,159	0,066	0,005	0,044	0,153
Na+K	0,603	0,646	0,715	0,696	0,554	0,543	0,311	0,433

GEOLOGIA, PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DE PLUTONS CONTRASTANTES, SERRA BRANCA E COXIXOLA...

Tabela 4. Composições Químicas e Proporções Catiônicas (O=32) – Plagioclásio/Amostras representativas									
Pluton	Serra Branca							Dique	
Amostra	5PL01-1	5PL01-1b	5PL04-1	9PL05	9PL05-n1	9PL05-b	9PL05-n2	24PL04-2n	24PL04-2b
SiO ₂	63,107	62,226	61,571	63,888	64,873	66,517	64,861	62,720	66,256
TiO ₂	0,000	0,000	0,000	0,005	0,011	0,029	0,000	0,000	0,000
Al ₂ O ₃	19,139	19,523	19,581	23,151	21,971	21,092	22,266	19,430	16,651
Cr ₂ O ₃	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,064	0,019	0,000	0,000
FeO	0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,106	0,036
MnO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000
MgO	0,001	0,007	0,000	0,005	0,000	0,007	0,000	0,000	0,002
CaO	3,317	3,442	3,948	3,318	3,132	1,986	3,313	4,225	0,433
Na ₂ O	9,962	9,824	9,431	8,182	8,866	9,258	8,504	9,549	11,640
K ₂ O	0,096	0,159	0,254	0,185	0,205	0,126	0,170	0,193	0,128
BaO	0,000	0,014	0,000	0,055	0,000	0,000	0,063	0,052	0,000
SrO	0,068	0,005	0,139	0,000	0,005	0,074	0,000	0,012	0,128
V ₂ O ₃	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,010
Total	95,722	95,238	94,924	98,789	99,079	99,153	99,196	96,306	95,284
Si	11,650	11,555	11,502	11,337	11,488	11,719	11,467	11,549	12,198
Ti	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000
Al	4,164	4,273	4,311	4,842	4,586	4,380	4,639	4,217	3,613
Cr	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,003	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,006
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001
Ca	0,656	0,685	0,790	0,631	0,594	0,375	0,628	0,834	0,085
Na	3,566	3,537	3,416	2,815	3,044	3,162	2,915	3,409	4,155
K	0,023	0,038	0,061	0,042	0,046	0,028	0,038	0,045	0,030
Cátions	20,061	20,096	20,080	19,669	19,763	19,678	19,689	20,070	20,088
Ab	84,01	83,04	80,06	80,71	82,62	88,69	81,40	79,50	97,30
An	15,46	16,08	18,52	18,09	16,13	10,51	17,53	19,44	2,00
Or	0,53	0,88	1,42	1,20	1,26	0,79	1,07	1,06	0,70

Tabela 4. Composições Químicas e Proporções Catiônicas (O=32) – Plagioclásio/Amostras representativas - Cont.							
Pluton	Coxixola						
Amostra	23PL01-1b	23PL01-1n	23PL01-2b	23PL02-1	28PL01-1	28PL02-1	28PL03-1
SiO ₂	58,876	57,161	56,971	61,866	62,910	61,424	62,979
TiO ₂	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,016	0,000
Al ₂ O ₃	22,043	21,493	22,419	19,587	19,031	19,410	18,627
Cr ₂ O ₃	0,043	0,000	0,014	0,034	0,000	0,000	0,029
Fe ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FeO	0,054	0,018	0,048	0,013	0,090	0,060	0,006
MnO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MgO	0,008	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CaO	7,933	7,874	8,927	4,995	3,602	3,956	2,964
Na ₂ O	7,338	7,035	6,618	9,117	9,683	9,334	9,901
K ₂ O	0,145	0,166	0,111	0,208	0,276	0,158	0,062
BaO	0,096	0,007	0,000	0,045	0,023	0,000	0,051
SrO	0,218	0,056	0,000	0,125	0,028	0,249	0,166
V ₂ O ₃	0,039	0,024	0,015	0,000	0,000	0,005	0,000
Total	96,793	93,858	95,123	95,990	95,662	94,612	94,785
Si	10,920	10,905	10,744	11,461	11,637	11,520	11,735
Ti	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,000
Al	4,818	4,833	4,983	4,277	4,149	4,290	4,090
Cr	0,006	0,000	0,002	0,005	0,000	0,000	0,004
Fe ³⁺	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	0,008	0,003	0,008	0,002	0,014	0,009	0,001
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,002	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca	1,576	1,610	1,804	0,991	0,714	0,795	0,592
Na	2,639	2,602	2,420	3,275	3,473	3,394	3,577
K	0,034	0,040	0,027	0,049	0,065	0,038	0,015
Cátions	20,004	20,000	19,987	20,060	20,055	20,049	20,014
Ab	62,10	61,20	56,93	75,89	81,68	80,30	85,50
An	37,10	37,85	42,44	22,98	16,79	18,81	14,15
Or	0,81	0,95	0,63	1,14	1,53	0,89	0,35

*GEOLOGIA, PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DE PLUTONS
CONTRASTANTES, SERRA BRANCA E COXIXOLA...*

Tabela 5. Composições Químicas e Proporções Catiônicas (O=12,5) - Epidoto			
Pluton	Coxixola		
Amostra	*23EP04-1	*23EP04-2	*23EP04-3
SiO ₂	30,562	30,403	32,180
TiO ₂	0,205	0,331	0,058
Al ₂ O ₃	12,873	12,811	14,275
Cr ₂ O ₃	0,191	0,084	0,060
FeO	14,135	14,545	13,339
MgO	0,483	0,465	0,296
CaO	14,050	14,068	16,220
Na ₂ O	0,031	0,039	0,005
K ₂ O	0,000	0,000	0,000
SrO	0,000	0,000	0,104
Total	72,530	72,746	76,537
Si	3,245	3,221	3,238
Ti	0,016	0,026	0,004
Al	1,611	1,599	1,693
Fe ³⁺	1,255	1,289	1,122
Mg	0,076	0,073	0,044
Ca	1,598	1,597	1,749
Na	0,006	0,008	0,001
K	0,000	0,000	0,000
Cátions	7,809	7,813	7,851
Ps	0,44	0,45	0,40
% Ps	43,79	44,62	39,87

Tabela 6. Composições Químicas e Proporções Catiônicas (O=24) – Apatita/Amostras representativas						
Pluton	Serra Branca					
Amostra	5AP06-1b	5AP06-1n	5AP06-2b	5AP06-2n	*5AP10-1b	*5AP10-1n
SiO ₂	0,120	0,211	0,196	0,222	0,029	0,000
Al ₂ O ₃	0,000	0,000	0,000	0,021	0,025	0,018
FeO	0,013	0,018	0,031	0,044	40,473	40,717
MnO	0,034	0,085	0,116	0,140	4,176	4,258
MgO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,051
CaO	55,123	55,544	55,793	54,764	0,000	0,011
BaO	0,000	0,000	0,023	0,045	0,281	0,103
Na ₂ O	0,055	0,029	0,091	0,083	0,085	0,019
SrO	0,080	0,075	0,097	0,016	0,040	0,115
SO ₃	0,018	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
P ₂ O ₅	42,120	42,366	42,178	42,647	0,000	0,000
Nb ₂ O ₅	0,119	0,230	0,000	0,168	0,984	0,518
F	4,913	5,298	5,321	5,223	0,079	0,170
Cl	0,000	0,008	0,013	0,015	0,027	0,000
(O - F - Cl)	2,069	2,233	2,243	2,202	0,039	0,072
Total Corrigido	100,526	101,631	101,617	101,186	46,189	45,908
Si	0,019	0,0337	0,0314	0,0356	0,0177	0,0000
Al	0,000	0,0000	0,0000	0,0040	0,0182	0,0132
Fe	0,002	0,0024	0,0042	0,0059	20,9061	21,2327
Mn	0,005	0,0116	0,0157	0,0189	2,1848	2,2491
Mg	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0263	0,0477
Ca	9,528	9,5203	9,5822	9,3960	0,0000	0,0073
Ba	0,000	0,0000	0,0015	0,0028	0,0680	0,0251
Na	0,017	0,0089	0,0282	0,0256	0,1022	0,0226
Sr	0,008	0,0070	0,0090	0,0014	0,0142	0,0417
S	0,002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
P	5,753	5,7381	5,7241	5,7818	0,0000	0,0000
Nb	0,009	0,0166	0,0000	0,0121	0,2747	0,1461
F	2,269	2,4110	2,4245	2,3819	0,1536	0,3299
Cl	0,000	0,0018	0,0032	0,0037	0,0278	0,0000
Cátions	17,612	17,751	17,824	17,670	23,794	24,115

GEOLOGIA, PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL DE PLUTONS CONTRASTANTES, SERRA BRANCA E COXIXOLA...

Tabela 6. Composições Químicas (ETR) e Proporções Catiônicas (O=24) – Apatita - Cont.						
Pluton	Serra Branca					
Amostra	5AP06-1b	5AP06-1n	5AP06-2b	5AP06-2n	*5AP10-1b	*5AP10-1n
Y ₂ O ₃	0,308	0,330	0,375	0,443	0,000	0,000
Lu ₂ O ₃	0,000	0,000	0,031	0,099	0,000	0,000
Dy ₂ O ₃	0,041	0,047	0,091	0,052	0,000	0,000
Eu ₂ O ₃	0,039	0,063	0,033	0,000	0,000	0,057
Nd ₂ O ₃	0,006	0,000	0,000	0,123	0,000	0,000
Gd ₂ O ₃	0,031	0,025	0,049	0,049	0,016	0,017
Ce ₂ O ₃	0,118	0,000	0,064	0,000	0,000	0,000
UO ₂	0,020	0,023	0,026	0,009	0,012	0,019
ThO ₂	0,000	0,039	0,000	0,000	0,037	0,000
Yb ₂ O ₃	0,071	0,026	0,030	0,055	0,000	0,000
La ₂ O ₃	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Er ₂ O ₃	0,051	0,028	0,060	0,033	0,000	0,000
Sm ₂ O ₃	0,048	0,039	0,000	0,000	0,000	0,008
Pr ₂ O ₃	0,035	0,000	0,038	0,010	0,000	0,000
Total	0,809	0,620	0,797	0,873	0,065	0,101
Y	7,857	10,4287	9,4202	10,0428	0,0000	0,0000
Lu	0,000	0,0000	0,4448	1,2697	0,0000	0,0000
Dy	0,632	0,8966	1,3873	0,7196	0,0000	0,0000
Eu	0,645	1,2858	0,5379	0,0000	0,0000	9,2636
Nd	0,101	0,0000	0,0000	1,8673	0,0000	0,0000
Gd	0,490	0,4855	0,7637	0,6853	4,2796	2,6755
Ce	2,067	0,0000	1,1038	0,0000	0,0000	0,0000
U	0,211	0,3008	0,2718	0,0885	2,1577	2,0317
Th	0,000	0,5304	0,0000	0,0000	6,6326	0,0000
Yb	1,036	0,4751	0,4275	0,7085	0,0000	0,0000
La	0,721	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Er	0,769	0,5279	0,8963	0,4386	0,0000	0,0000
Sm	0,797	0,7920	0,0000	0,0000	0,0000	1,3520
Pr	0,604	0,0000	0,6560	0,1502	0,0000	0,0000
Cátions	15,930	15,723	15,909	15,971	13,070	15,323

Tabela 7. Composições Químicas e Proporções Catiônicas (O=32) - Magnetita					
Pluton	Coxixola				
Amostra	23MAG01-1	23MAG03-1	23MAG04-1	28MAG01-2	28MAG02-2
SiO ₂	0,06	0,03	0,04	0,06	0,05
TiO ₂	0,02	0,04	0,04	0,04	0,00
Al ₂ O ₃	0,01	0,07	0,06	0,03	0,01
Cr ₂ O ₃	0,07	0,05	0,04	0,30	0,19
FeO _t	92,51	92,09	92,27	91,06	90,81
Fe ₂ O ₃	68,47	68,13	68,26	67,22	67,15
FeO	30,90	30,78	30,85	30,58	30,38
MnO	0,13	0,07	0,08	0,05	0,04
MgO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
CaO	0,02	0,00	0,03	0,01	0,02
Na ₂ O	0,10	0,14	0,06	0,00	0,00
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
V ₂ O ₃	0,13	0,12	0,09	0,21	0,12
Total	99,92	99,44	99,55	98,49	97,96
Si	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Fe ³⁺	1,99	1,99	1,99	1,98	1,99
Fe ²⁺	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cátions	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Cr#	81,24	31,05	31,84	88,85	92,54
Mg#	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00

Amostras 23 (facies 1) e 28 (facies 2) do Pluton Coxixola; n=núcleo e b=borda.