

As raízes gnáissico-migmatíticas da porção norte do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, Cráton do São Francisco, Brasil

*The gneissic-migmatitic roots of the northern Salvador-Esplanada-Boquim Belt,
São Francisco Craton, Brazil*

Marcus Vinicius Costa Almeida Junior¹ , Angela Beatriz de Menezes Leal¹ ,
Johildo Salomão Figueirêdo Barbosa¹ , Moacyr Moura Marinho¹ 

¹Universidade Federal da Bahia - UFBA, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Núcleo de Geologia Básica, Avenida Barão de Jeremoabo, s/n, Ondina, CEP: 40170-290, Salvador, BA, BR (mvcajr@ufrb.edu.br; angelab@ufba.br; johildo.barbosa@gmail.com; mmm@ufba.br)

Recebido em 28 de agosto de 2020; aceito em 21 de julho de 2021

Resumo

O Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim se localiza na porção nordeste do Cráton do São Francisco, nos estados da Bahia e do Sergipe, apresentando duas faixas litológicas de rochas metamórficas, denominadas Complexo Gnáissico-Migmatítico e Complexo Granulítico Esplanada-Boquim. O presente trabalho abrange os estudos de campo, petrográficos e litoquímicos do Complexo Gnáissico-Migmatítico, porção norte do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim. Ocorrem rochas metamórficas de médio grau, de composição granítica a granodiorítica e, subordinadamente, tonalítica, sendo comuns as evidências de processos de migmatização, principalmente na sua porção ocidental. Com base nos estudos de litoquímica, as rochas foram subdivididas em rochas sódicas, potássicas e intermediárias e caráter peraluminoso a metaluminoso. Análises dos elementos-traço, terras raras e as razões Eu/Eu* sugerem a atuação de processos metamórficos e de contaminação crustal a partir de fonte de natureza calcioalcalina. Ainda a partir da análise litoquímica, as rochas desse complexo foram classificadas como sendo de arco vulcânico a sincollisional.

Palavras-chave: Gnaisse; Migmatito; Petrografia; Litoquímica.

Abstract

The Salvador-Esplanada-Boquim Belt (*Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim – CSEB*) is located in the northeastern portion of the São Francisco Craton in the states of Bahia and Sergipe, presenting two lithological strips of metamorphic rocks, called Gnáissico-Migmatítico Complex and Esplanada-Boquim Granulitic Complex. The present work covers field, petrographic, and lithochemical studies of the Gnáissico-Migmatítico Complex, northern portion of CSEB. There are medium-grade metamorphic rocks, from granitic to granodioritic composition and, subordinately, tonalitic, being common as evidence of migmatization processes, mainly in the western portion. Based on the lithochemical studies, the rocks were subdivided into sodic, potassium, and intermediate rocks and peraluminous to metaluminous character. Analysis of trace elements, rare earths, and Eu/Eu* ratios allowed to suggest metamorphic processes and crustal contamination, from a source of calcium-alkaline nature. Also from the lithochemical analysis, the rocks in this complex were classified as being from volcanic to syncollisional arc.

Keywords: Gneiss; Migmatite; Petrography; Litochemistry.

INTRODUÇÃO

O Cráton do São Francisco (CSF) é uma unidade geotectônica constituída de terrenos supracrustais gnáissicos, graníticos e granulíticos de médio a alto grau, do Arqueano ao Paleoproterozoico, sobrepostos por uma cobertura plataformal de idade meso a neoproterozoica, delimitado por cinturões ou faixas de dobramentos desenvolvidos durante o evento Brasiliano (1,0 Ga – 450 Ma), denominados Riacho do Pontal, a norte; Araçuaí, ao sul-sudeste; Brasília, a oeste; Rio Preto, a noroeste; e Sergipano, a nordeste (Almeida, 1977; Oliveira et al., 2011).

Na porção nordeste desse cráton afloram as rochas do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim (CSEB), considerado por Barbosa e Sabaté (2004) e Melo de Oliveira (2014) uma ramificação do Orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá (OISC), do qual fazem parte os blocos Gavião, Serrinha, Jequié e Itabuna-Salvador-Curaçá (Figura 1A), de idades arqueana a paleoproterozoica, e que evoluíram a partir de eventos tectônicos, magmáticos e metamórficos, além da ocorrência de processos de exumação e, por conseguinte, processos erosivos.

O CSEB consiste de um segmento crustal estruturado na direção NE-SW, constituído de ortognaisses de composição variada, reequilibrados nas fácies granulito e anfibolito, além de paragnaisses (aluminosos, calciosilicatadas e quartzitos), intrusões de granitoides e corpos máficos a ultramáficos, recoberto pelas rochas neoproterozoicas do Cinturão Sergipano e pelos depósitos fanerozoicos do Grupo Barreiras (Paleógeno/Neógeno), na sua extensão para NE, e pelas rochas da Bacia do Recôncavo-Tucano (mesozoico), para SW (Barbosa, 1990; Santos et al., 1998; Silva et al., 2002; Melo de Oliveira, 2014).

Na região central do CSEB afloram as rochas do Complexo Granulítico Esplanada-Boquim (CGEB), representadas por uma sequência bimodal ácido-básica, reequilibradas na fácies granulito e constituídas de ortognaisses enderbíticos a charnoenderbíticos e charnockíticos subordinados, com intercalações de gabronoritos e bandas kinzigíticas, além da presença de lentes quartzíticas (GEOTERM-SEAL, 2010; Barbosa et al., 2018; Melo de Oliveira, 2014).

Nas porções oriental e ocidental do CSEB afloram as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico (CGM), constituídas de gnaisses e migmatitos de composições granodiorítica-graníticas, invadidas por granitoides tardios, além da ocorrência de núcleos enderbíticos, charnoenderbíticos e charnockíticos na porção leste (GEOTERM-SEAL, 2010; Barbosa et al., 2018).

Há, ainda, a ocorrência de diques ácidos a intermediários, orosirianos, atravessando o CGEB e o CGM, constituídos de riolitos, dacitos porfiríticos e piroxenitos e, por fim, recobrindo partes desse cinturão, a formação superficial denominada Grupo Barreiras, de idade miocênica

a pleistocênica (Santos et al., 1998; Del-Rey Silva, 2005; Barbosa et al., 2012).

Outra nomenclatura utilizada, em Santos et al. (1998), trazida aqui apenas para conhecimento, subdivide o CGM em cinco unidades litológicas, individualizadas segundo a predominância dos litotipos aflorantes, a saber:

- APg₁: biotita gnaisses migmatíticos com anfibolitos;
- APg₂: associação ortognáissica ácida-básica;
- APg₃: ortognaisses migmatíticos de composição granodiorítica;
- APg₄: biotita ortognaisses tonalíticos a granodioríticos;
- APg₅: augen gnaisses de composição granítica.

Neste trabalho, buscou-se analisar a evolução química das rochas do CGM (Figura 1B), a partir da caracterização petrográfica e litoquímica, para assim compreender a sua colocação tectônica no contexto do CSEB e, por conseguinte, do CSF.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para as análises petrográficas, foram confeccionadas 48 lâminas no Laboratório de Petrografia da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), em Salvador, Bahia.

Para os estudos litoquímicos foram analisadas 76 amostras pela Geologia e Sondagens Ltda (GEOSOL), por meio de métodos de fusão com metaborato de lítio (ICP-OES e ICP-MS). Pelo método ICP-OES, determinaram-se os teores de SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ e Cr₂O₃, além dos elementos Ba, Sr, Y, Zr e V, sendo os primeiros em porcentagem de peso e os últimos em ppm. Pelo método ICP-MS foram determinados os elementos Ce, Cs, Dy, Er, Eu, Gd, Ho, La, Lu, Nb, Nd, Ni, Pr, Rb, Sm, Ta, Tb, Th, Tm, U e Yb, todos em ppm. Foram ainda calculados, também em ppm, os valores de K, P e Ti, a partir dos teores dos seus óxidos. A perda ao fogo foi calculada pela diferença de peso após aquecer 0,2 g de amostra a 1.000°C, e o erro analítico é menor que 5% para óxidos e menor que 2% para os elementos-traço.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geologia local e petrografia

As rochas gnáissico-migmatíticas localizadas a oeste do CGEB apresentam composições variando de graníticas a granodioríticas, granulometria variando de média a grossa e coloração predominantemente acinzentada. O bandamento composicional ocorre bem marcado, predominantemente centimétrico e regular, e são visualizadas evidências dos processos de migmatização, sendo comum a ocorrência

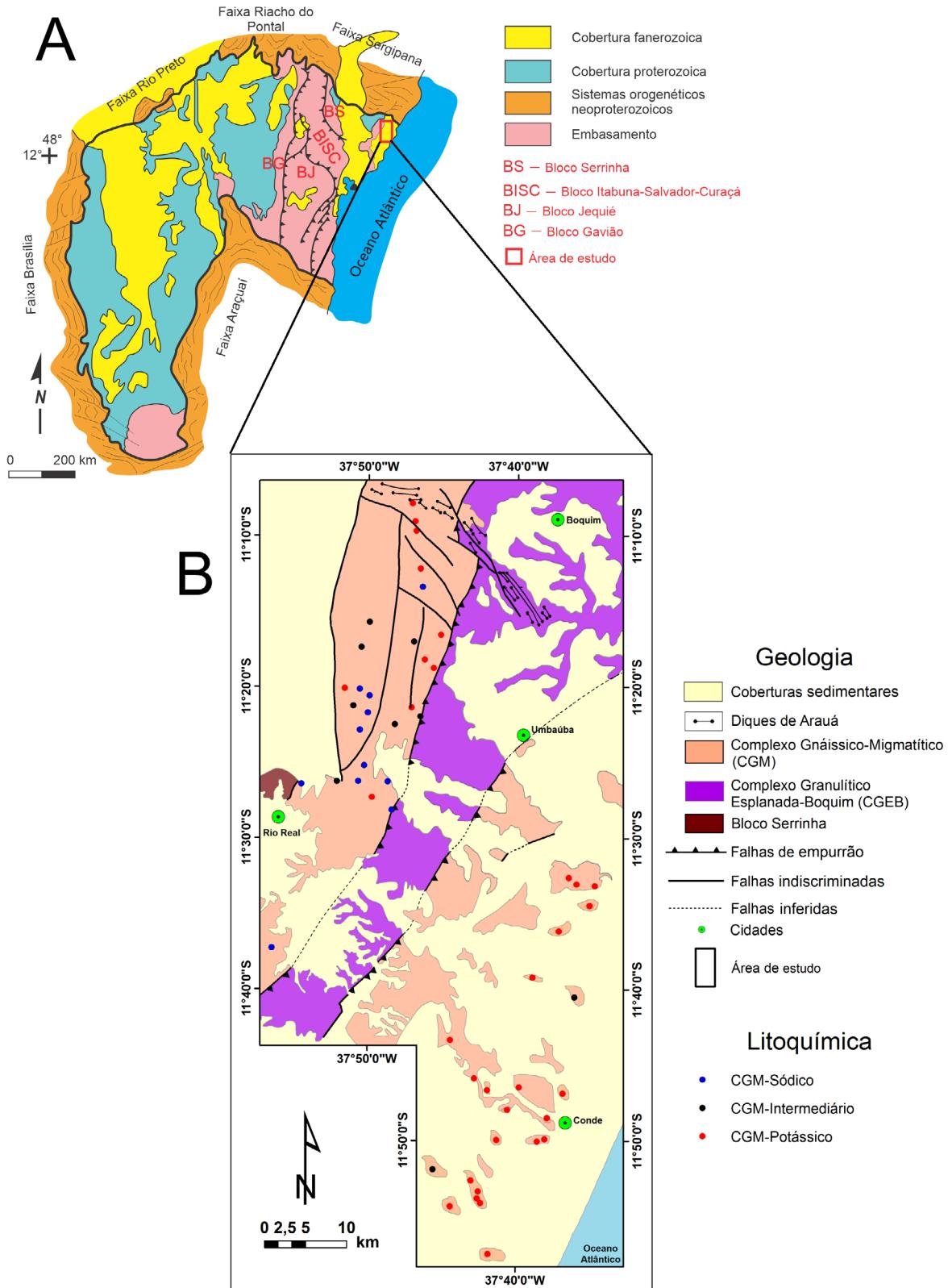


Figura 1. (A) Mapa simplificado do Cráton do São Francisco (modificado de Alkmim et al., 1993); (B) mapa geológico simplificado da área de estudo com a localização dos pontos amostrados (modificado de GEOTERM-SEAL, 2010).

de bolsões de leucossoma no paleossoma, como produto de fusões tardias. Ocorrem, ainda, veios leucossomáticos (Figura 2A) compostos principalmente de quartzo e feldspato, bem como pequenas porções graníticas apresentando contato difuso com a encaixante, sendo possivelmente de processo anatético (Figura 2B). Por fim, podem ser encontrados encraves anfibolíticos máficos, de espessuras variáveis, porém não ultrapassando os 70 cm, geralmente boudinados, concordantes e deformados juntamente com a rocha encaixante gnáissica (Figura 2C).

Na porção situada a leste do CGEB, observaram-se rochas gnáissicas, de composição predominantemente granodiorítica, granulação média a fina e existência de porfiroclastos em formato *augen* de feldspato potássico, com porções incipientes de migmatização intrudidas por rochas granitoides tardias, predominantemente leucograníticas (Figuras 2D e 2E). Notou-se que as bandas gnáissicas quartzo-feldspáticas ocorrem ora bandadas, ora difusas na matriz, indicando processos de fusão parcial, além da ocorrência de bandas milonitzadas. Foram observados encraves de rochas básicas, tipo anfibolito ou gabbro/diabásio, por vezes milonitzados, apresentando contatos retos e espessura variando de 0,20 cm a 1,20 m (Figura 2F).

Em termos petrográficos, as rochas do CGM não apresentam distinção entre as porções leste e oeste. Ocorrem microestruturas inequigranular e granoblástica granular em grãos de quartzo e K-feldspato e, secundariamente, granoblástica poligonal em grãos de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, poiquiloblástica do tipo peneira e lepidoblástica em grãos de biotita predominantemente. Observa-se, ainda, a presença da textura mirmecítica, com crescimento de quartzo e plagioclásio, e, por fim, pertitas e mesopertitas compostas de albita e microclínio, em proporções variáveis. É possível observar, ainda, microestruturas como granolepidoblástica e porfiroclastos de quartzo e microclínio imersos na matriz composta de biotita, quartzo, plagioclásio e microclínio, indicando possível ação de zona de cisalhamento transcorrente. Por fim, observaram-se veios quartzo-feldspáticos representando o leucossoma dessa unidade.

Os constituintes mineralógicos das rochas do CGM (Figura 3) são plagioclásio (35 – 45%), quartzo (20 – 25%), microclínio (18 – 20%), biotita (4 – 6%), hornblenda (3 – 5%) e opacos (1 – 2%). Ocorrência ainda de minerais acessórios e traço, tais como epidoto, diopsídio, magnetita, hematita, enstatita, apatita e zircão. De acordo com o diagrama de classificação (Streckeisen, 1976) (Figura 4),

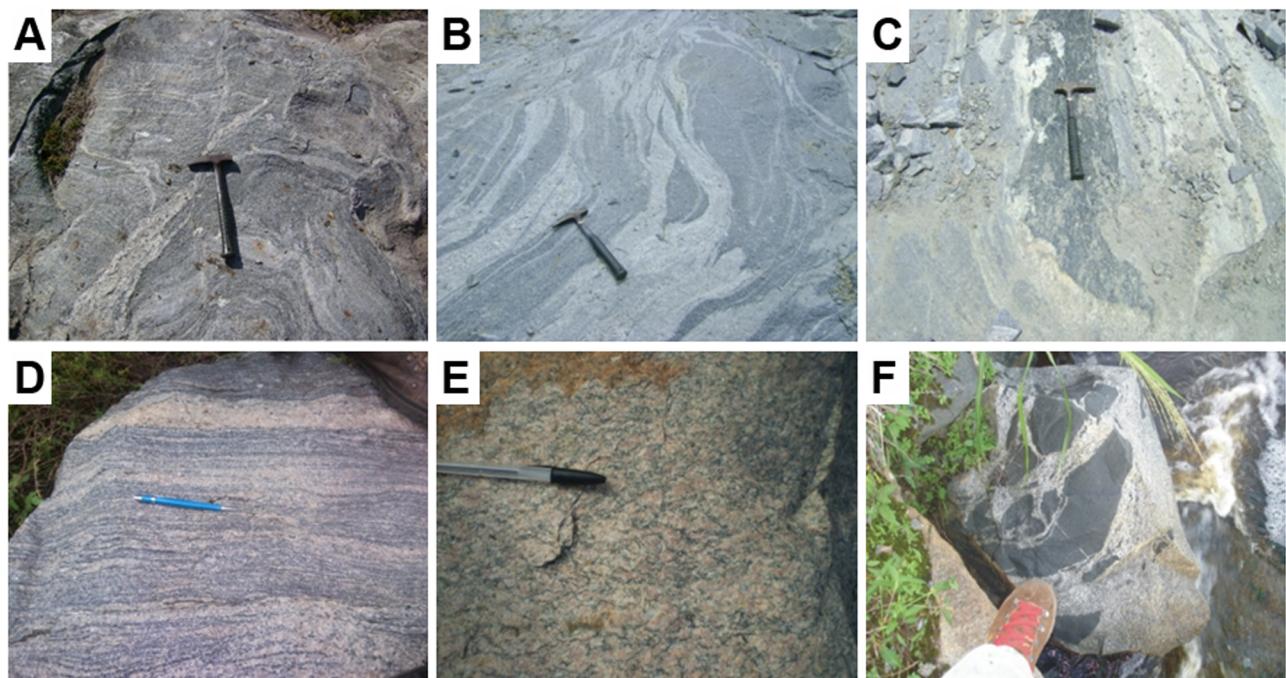
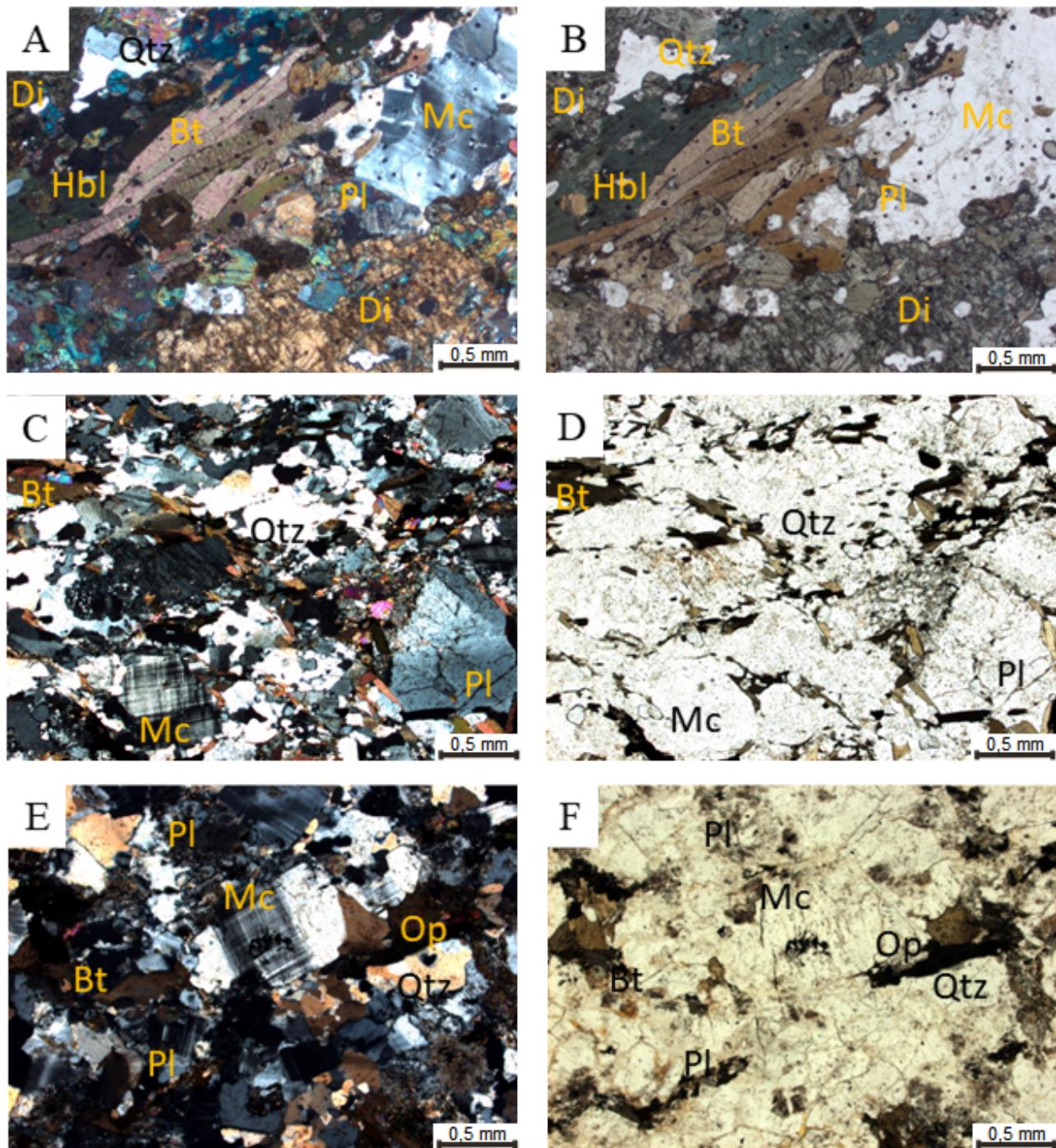


Figura 2. Feições de campo do Complexo Gnáissico-Migmatítico. (A) Visão do afloramento com níveis leucossomáticos e intrusões pegmatíticas (Ponto Se-48; coordenadas: 626487/8751676); (B) feições de migmatização (Ponto Se-34; coordenadas: 627458/8745784); (C) encrave máfico (Ponto Se-33; coordenadas: 627247/8743698); (D) ortognaisse bandado (Ponto Ba-69; coordenadas: 647804/8691384); (E) augen gnaisse (Ponto Ba-67; coordenadas: 651700/8723514); (F) encraves básicos (Ponto Ba-22; coordenadas: 593846/8695256).



Qtz: quartzo; Di: diopsídio; Bt: biotita; Hbl: hornblenda; Pl: plagioclásio; Mc: microclínio pertítico; Op: mineral opaco não definido.

Figura 3. Aspectos petrográficos do Complexo Gnáissico-Migmatítico. (A e B) Cristais irregulares de diopsídio, associados à hornblenda e a palhetas orientadas compostas de biotita, microclínio, quartzo e plagioclásio saussuritizado, nos interstícios; Obj. 2,5 x, NX (A) e PL (B) (Ponto Se-33A; coordenadas: 627247/8743698); (C e D) porfiroclastos de microclínio pertítico e plagioclásio, ambos envolvidos por matriz recristalizada, de mesma composição, associada a quartzo. Palhetas de biotita castanha seguem a orientação dos porfiroclastos. Obj. 2,5 x, NX (A) e PL (B) (Ponto Ba-109; coordenadas: 640160/8699104); (E e F) cristais irregulares de plagioclásio saussuritizado envolvidos por outros de ortoclásio microclinizado, com os interstícios preenchidos por quartzo irregular. Palhetas de biotita e manchas de opacos nos interstícios dos feldspatos. Obj. 2,5 x, NX (A) e PL (B) (Ponto Ba-130; coordenadas: 637198/8683511).

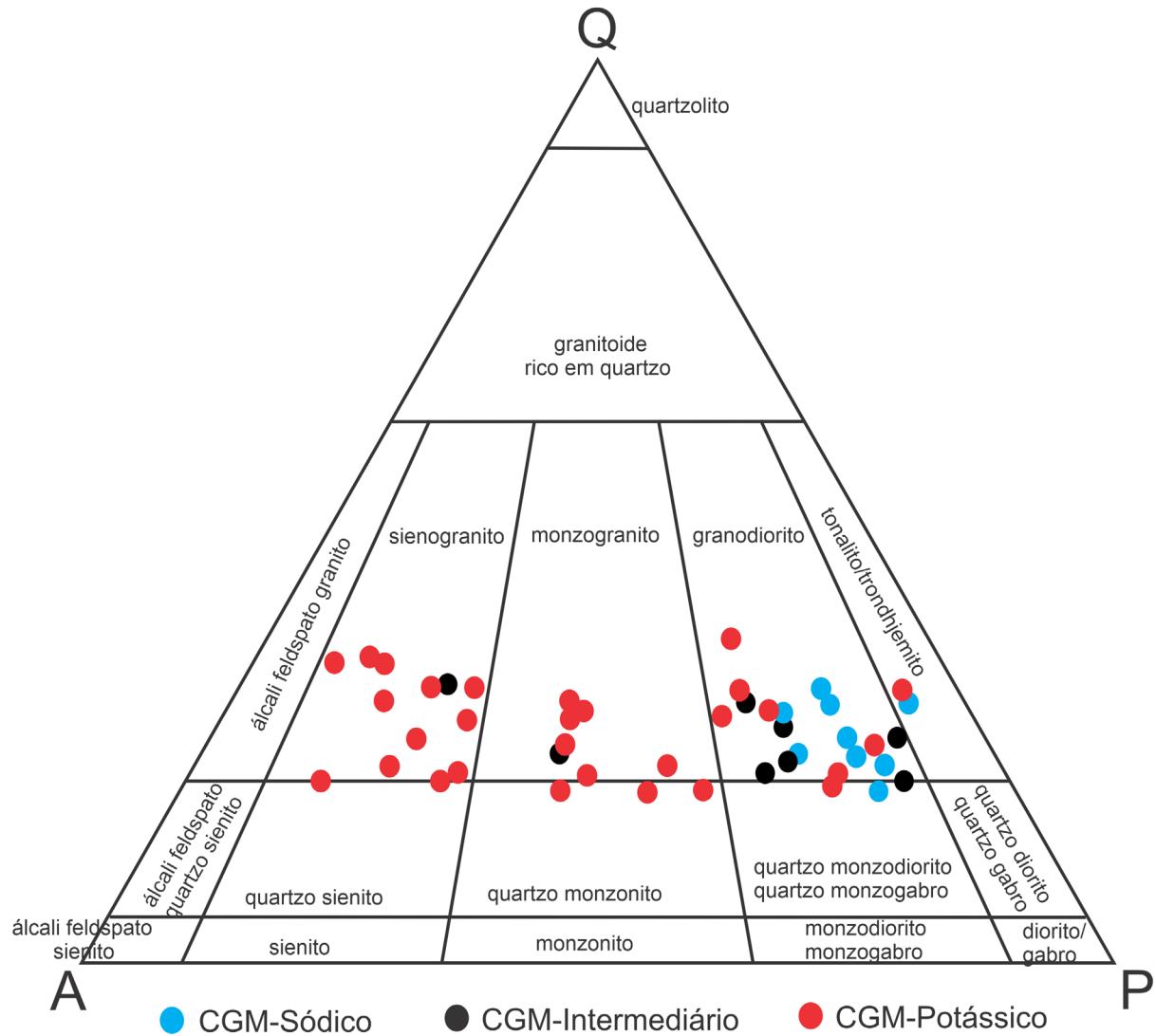


Figura 4. Diagrama QAP (Streckeisen, 1976) para as amostras analisadas.

essas rochas plotam, na sua maioria, no campo do granito e granodiorito. Nas amostras inseridas no grupo das rochas potássicas predominam composição granítica, enquanto no grupo das sódicas, composições tonalíticas e granodioríticas

O plagioclásio varia entre albita e oligoclásio ($na = 8$ a 20%; Método Michel-Levy; Kerr, 1959), sendo rara a ocorrência de andesina ($An = 40\%$; Método Michel-Levy; Kerr, 1959), apresenta-se xenoblástico a subidioblástico, com contatos retos e curvos com os demais minerais da rocha e geminação dos tipos albita e albita-Carlsbad. Observaram-se evidências de processos de saussuritização e sericitização com elevado grau de alteração, originando epidoto e sericita, respectivamente. Pode-se observar, ainda, que as rochas

sódicas apresentam plagioclásios com teores menores de anortita, predominando albita e, secundariamente, oligoclásio, enquanto as rochas intermediárias e potássicas já apresentam, em maior expressão, a andesina, além dos já citados.

O quartzo é xenoblástico a subidioblástico, com extinção paralela e ondulante, além de apresentar contatos retos, curvos e interlobados com os demais minerais da rocha. O K-feldspato é idioblástico a subidioblástico, com contatos retos com os demais minerais da rocha e geminação do tipo *tartan*, característico de microclínio. A biotita é subidioblástica, orientada, apresentando contatos retos e irregulares com os demais minerais da rocha, além de extinção reta e tipo olho de pássaro. A hornblenda é subidioblástica

a xenoblástica, com hábito lamelar, com contatos retos e curvos com os demais minerais da rocha.

Como constituintes menores, foram observados o epidoto, xenoblástico a subidioblástico, associado ao plagioclásio, à biotita e ao quartzo; o diopsídio, subidioblástico, com contatos retos e curvos com quartzo e plagioclásio; a magnetita e a hematita, ocorrendo de maneira dispersa na rocha, idioblásticas a subidioblásticas, inclusas nos grãos de quartzo e plagioclásio e, por vezes, microclínio; a enstatita, subidioblástica, bastante alterada e em contato com quartzo, biotita e plagioclásio; a apatita e o zircão, euédricos a subédricos, zonados e inclusos em grãos de quartzo ou plagioclásio.

Litoquímica

As amostras, analisadas do ponto de vista da química de rocha total (Anexos 1 a 3), foram agrupadas de acordo com as razões K_2O/Na_2O da seguinte forma:

- 14 amostras com razões iguais ou inferiores a 0,5, denominadas CGM-Sódico;
- 46 amostras com razões superiores a 1, denominadas CGM-Potássico;
- 16 amostras com valores intermediários, entre 0,5 e 1, denominadas CGM-Intermediário.

Na Figura 1B, observa-se que as amostras do grupo CGM-Sódico se concentram na porção oeste do complexo, enquanto a porção leste exibe predominância das rochas mais potássicas, do grupo CGM-Potássico.

Elementos maiores

As amostras do grupo CGM-Sódico exibem teores de SiO_2 variando de 64 a 72% e os teores de Al_2O_3 concentrados na faixa entre 14,96 e 16,43%. Os teores de Na_2O são superiores a 4%, com média de 4,95%, e os teores de K_2O variam de 1,03 a 2,36%, apresentando média de 1,95%, indicando, portanto, o caráter mais sódico dessas amostras ($K_2O/Na_2O < 0,5$), com média de 0,39.

As rochas agrupadas no CGM-Potássico apresentam teores de SiO_2 entre 62,34 e 75,67% e a maior parte das amostras com teores de Al_2O_3 concentrados na faixa entre 11,17 e 15,82%. Os teores de Na são considerados altos (média de 3,38%), enquanto os teores de K_2O variam de 3,9 a 6,39%, com média 5,07, podendo, assim, serem considerados potássicos, com valor médio das razões K_2O/Na_2O igual a 1,50.

Por fim, tem-se o grupo intermediário, denominado CGM-Intermediário, com teores de SiO_2 e Al_2O_3 dentro das mesmas faixas dos dois grupos anteriores; os teores médios de Na_2O (4,61%) e K_2O (3,09%) encontram-se entre os valores dos dois grupos anteriores, acarretando uma razão média K_2O/Na_2O de 0,67%.

Os valores médios mais elevados da soma $Fe_2O_{3t} + MgO + TiO_2 + MnO$ dos grupos CGM-Sódico e CGM-Intermediário podem ser reflexo da presença de rochas geradas pela fusão parcial da crosta oceânica, contaminadas por material originário de manto metassomatizado (Martin et al., 2005), ou, como essas rochas apresentam, em determinadas situações, alto grau de migmatização, podem ter sofrido contaminação por material remobilizado ou ditatexítico.

O comportamento dos elementos maiores pode ser visualizado na Figura 5 (diagramas Harker), a partir das correlações lineares negativas entre SiO_2 e TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , P_2O_5 e Fe_2O_{3t} , da correlação negativa dispersa entre SiO_2 e Na_2O , e da correlação positiva dispersa entre SiO_2 e K_2O . Os comportamentos dos elementos CaO e Al_2O_3 são sugestivos de empobrecimento progressivo durante processos de diferenciação no plagioclásio cárlico e nos minerais máficos primários, como biotita, hornblenda, apatita e zircão, no sentido CGM-Sódico para CGM-Potássico. Nota-se, também, que a correlação negativa de Al_2O_3 é sugestiva de cristalização de plagioclásio a partir do consumo desse elemento químico a partir das rochas sódicas e de menores teores dele nas rochas potássicas. Observa-se ainda uma sobreposição das amostras dos subgrupos CGM-Sódico e CGM-Intermediário nesses diagramas, indicando uma afinidade das rochas intermediárias tendendo mais ao sódio que ao potássio. Além disso, segundo Gonçalves et al. (2010), essas correlações são compatíveis com a cristalização de minerais ferromagnesianos, feldspatos e quartzo, como minerais essenciais, além de zircão, titanita, apatita e rutilo como minerais acessórios, o que pode ser observado na petrografia das rochas do CGM.

No diagrama de classificação proposto por Cox et al. (1979) (Figura 6A), observa-se que as rochas dos três subgrupos plotam o campo referente às rochas de característica granítica, com algumas amostras subordinadas no campo dos dioritos e dos granodioritos.

No diagrama de Peccerillo e Taylor (1976), observa-se a predominância de amostras com teores de sílica superiores a 70%, indicando, portanto, a maior presença de rochas diferenciadas na área de estudo (Figura 6B). Esse diagrama busca mostrar os *trends* evolutivos de várias séries magmáticas; sendo assim, as amostras devem descrever alinhamentos paralelos às linhas que delimitam os campos. Entretanto, no caso em questão, não são observados esses *trends* evolutivos, e sim agrupamentos com tendências verticais, sugestivos de efeitos de fusão crustal e processos de migmatização.

Observa-se, portanto, que o CGM-Sódico está posicionado na série calcioalcalina, campo este ocupado por rochas com baixos teores de K, comuns em suítes TTG. As amostras do CGM-Intermediário plotam no campo da série calcioalcalina, podendo ser originadas de mistura entre líquidos produzidos pela fusão parcial de rochas máficas (TTG) e produtos mantélicos, ou ainda serem produtos da contaminação

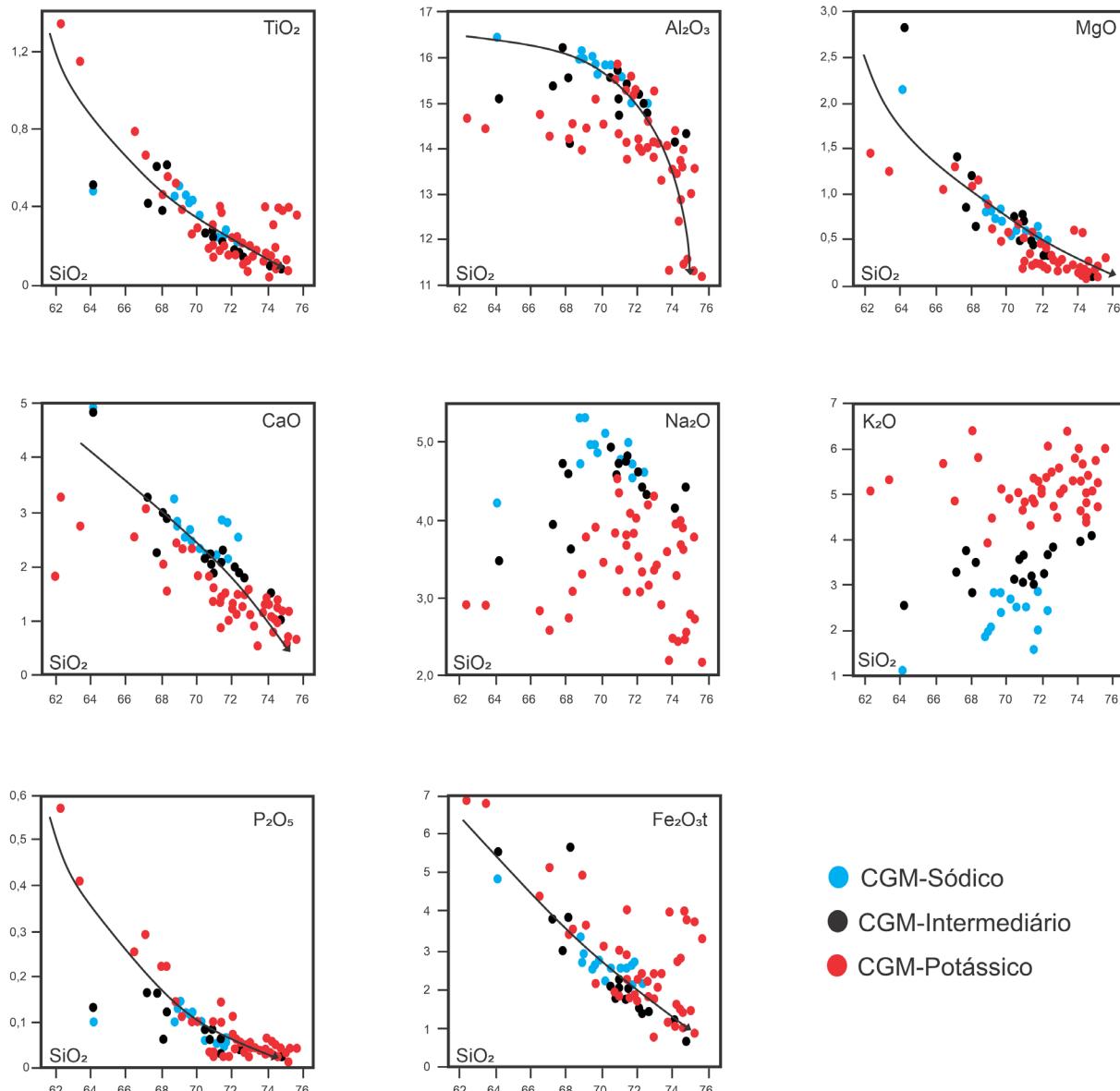


Figura 5. Diagramas Harker para os elementos maiores das amostras analisadas.

de CGM-Sódico com material do CGM-Potássico. O grupo CGM-Potássico ocupa os campos das séries calcioalcalinas de alto K e shoshoníticas, posicionamento característico de diatexitos produzidos pela fusão parcial de suítes de composição TTG, segundo Moyen et al. (2007). As amostras desse grupo que apresentam menores teores de K₂O provavelmente apresentam teores de sódio na composição química, tornando-as afins das rochas do CGM-Intermediário.

As interpretações sugeridas a partir do diagrama de Peccerillo e Taylor (1976) são corroboradas pelo diagrama ternário AFM de Irvine e Baragar (1971), o qual mostra a

tendência das amostras a pertencerem às séries calcioalcalinas, estando posicionadas junto ao lado FA, além da sugestão da fusão crustal dessas rochas, com amostras próximas ao polo A (Figura 6C).

O diagrama Na-K-Ca de Barker e Arth (1976) evidencia também a nítida afinidade dessas rochas com a série calcioalcalina, estando as amostras concentradas junto ao *trend* dessa série (Figura 6D). Nota-se também nesse diagrama que algumas amostras se situam próximas ao campo dos TTGs, proposto por Martin (1994), sugerindo uma mistura do material trondjemítico com o material calcioalcalino granítico.

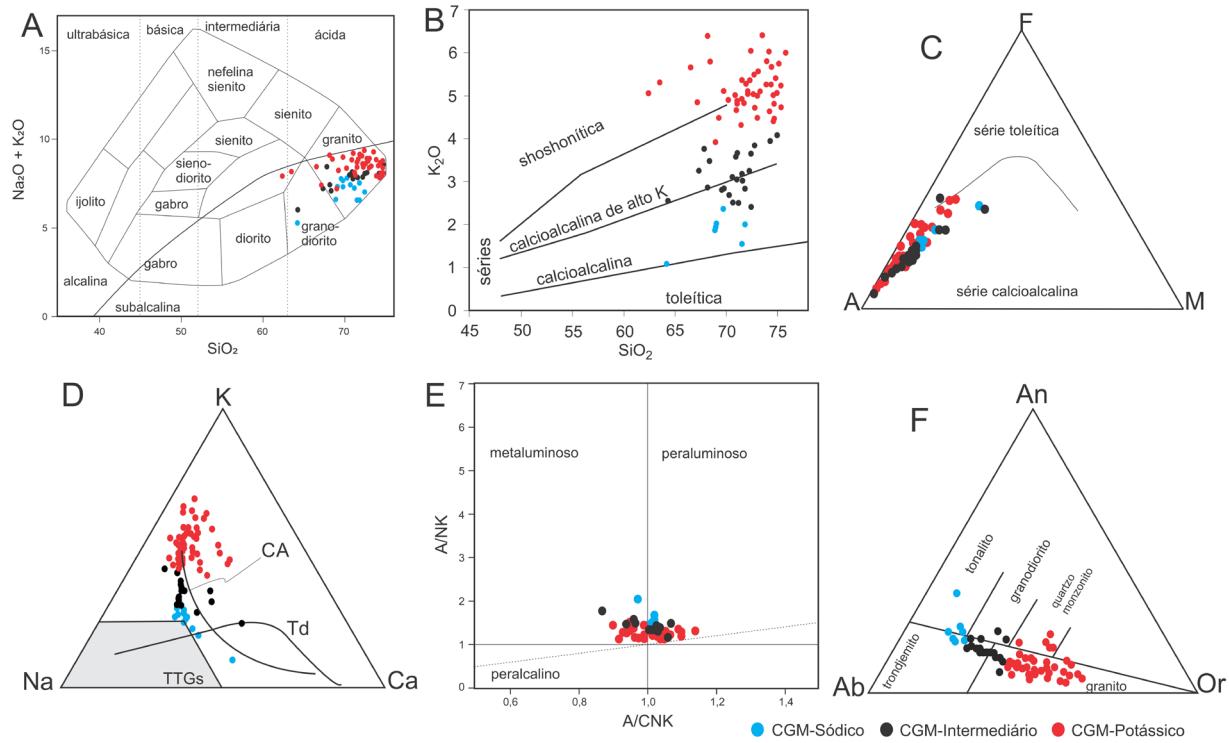


Figura 6. Diagramas de classificação utilizando elementos maiores. (A) Diagrama TAS de Cox et al. (1979); (B) diagrama SiO_2 versus K_2O proposto por Peccerillo e Taylor (1976); (C) diagrama ternário AFM proposto por Irvine e Baragar (1971); (D) diagrama Na-K-Ca, proposto por Barker e Arth (1976), com campo cinza referente aos TTGs; (E) diagrama de saturação em alumina proposto por Shand (1943); (F) diagrama ternário normativo An-Ab-Or proposto por O'Connor (1965).

Os três conjuntos litológicos se posicionam na interface de transição entre rochas metaluminosas e peraluminosas, com maior predominância para as peraluminosas, de acordo com o diagrama de Shand (1943) (Figura 6E).

Observa-se o forte caráter sódico do CGM-Sódico no diagrama ternário de O'Connor (1965), em que todas as amostras são caracterizadas como trondhjemíticas/tonalíticas, apesar da proximidade com o campo granodiorítico, enquanto o CGM-Potássico se concentra nos campos dos granitos e quartzo-monzonitos, corroborando seu caráter potássico. Já as amostras pertencentes ao CGM-Intermediário ocupam, predominantemente, a interface de transição entre trondhjemítos e granitos. Observa-se, ainda, no CGM-Intermediário, uma predominância para o caráter mais sódico. Nesse diagrama, portanto, a evolução das rochas calcioalcalinas ocorre desde os tonalitos até os granitos, passando sobre os granodioritos e os quartzo-monzonitos (Figura 6F).

Elementos-traço

A partir da análise das Figuras 7A a 7C, observa-se que os três grupos estudados apresentam padrões multielementares

bastante semelhantes, com enriquecimento em LILE (*Large Ion Litophile Elements*) e empobrecimento em HFSE (*High Field Strength Elements*), evidenciando características de rochas pertencentes às séries cálcio-alcalinas, uma vez que apresentam forte inclinação dos espectros para a direita, além de anomalias negativas de Ta e Nb e de alguns elementos HFSE, com destaque para Sr, P e Ti. Já o lado esquerdo dos espectros, representados pelos elementos mais móveis, apresentam uma variação maior nos seus teores. Essa característica é justificável por se tratar de rochas migmatizadas, ou seja, que sofreram remobilização dos seus elementos químicos.

As anomalias negativas de Ta e Nb refletem fonte de um manto metassomatizado, relacionado a ambientes de subducção, como já observado por Sun (1980), uma vez que tais elementos não dispersam nem em fluidos, nem em fundidos derivados da placa mergulhante, no processo de subducção tectônica. Além disso, Rollinson (1993) admite que anomalias negativas do Nb são comuns em crosta continental envolvida em processo magmático, gerando processos de migmatização nas rochas. A assinatura negativa do Sr sugere fracionamento parcial do plagioclásio, enquanto

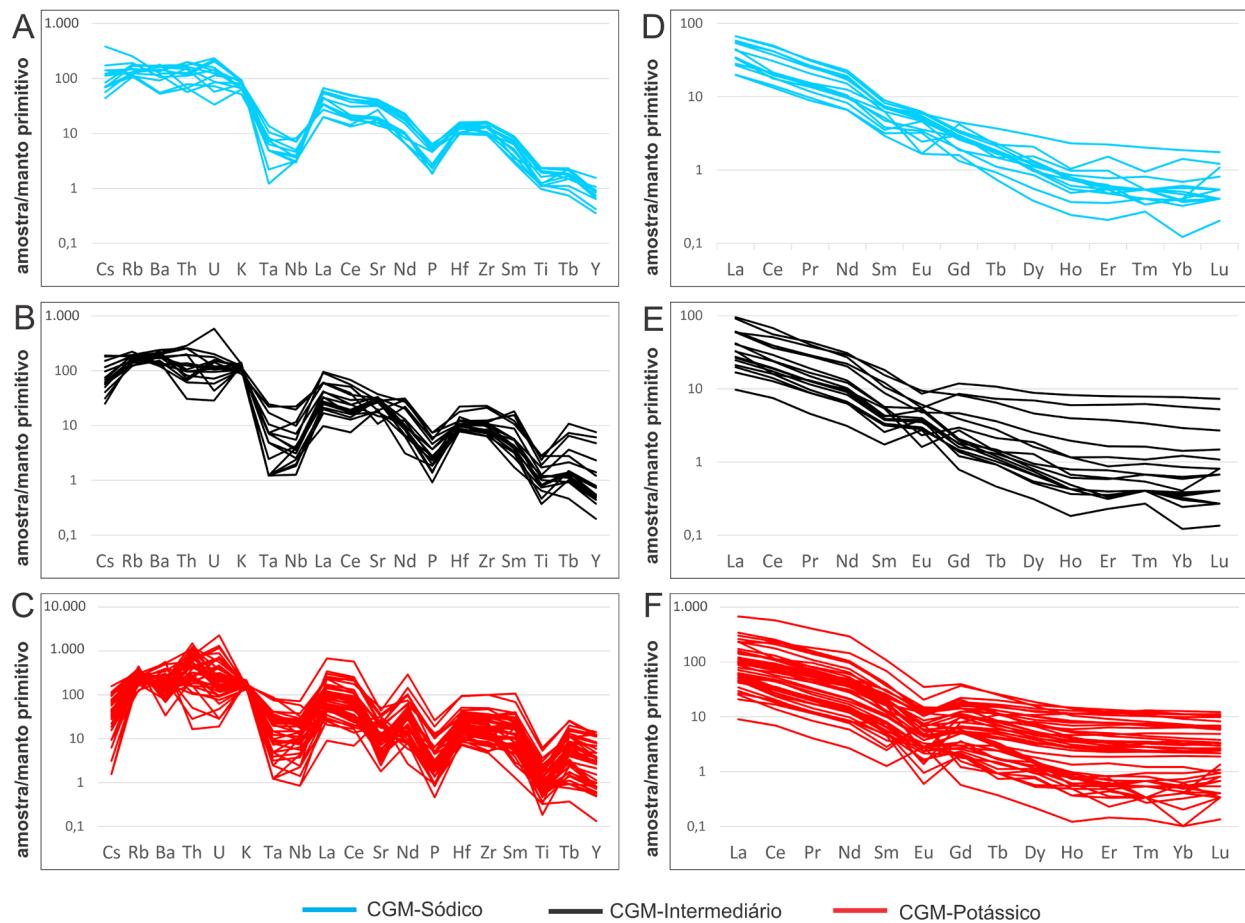


Figura 7. Diagramas multielementares dos (A, B e C) elementos-traço e dos (D, E e F) elementos terras raras das amostras analisadas.

o comportamento do Nb, Ti e P sugerem fracionamento da titanita e da apatita.

A anomalia positiva de Rb sugere o não fracionamento precoce de feldspatos potássicos e a assinatura do Th indica um envolvimento de crosta continental durante a gênese dessas rochas, tendo como possível hospedeiro a monazita. Além disso, Th, La, Ce, Nd e Sm refletem provável contribuição do epidoto nessas rochas, enquanto Zr, Hf e Tb se concentram em minerais como zircão, apatita, titanita e hornblenda.

Elementos terras raras

Os diagramas dos elementos terras raras (ETR) dos três grupos (Figuras 7D a 7F), normalizados pelo manto primitivo de Sun e McDonough (1989), apresentam padrões semelhantes, com enriquecimento em elementos terras raras leves (ETRL) e empobrecimento em elementos terras raras pesados (ETRP), além da forte anomalia negativa de Eu,

apresentando valores médios de Eu/Eu*, nos três grupos, menores que 1,0 (CGM-Sódico: 0,35, CGM-Potássico: 0,24, CGM-Intermediário: 0,39), com algumas amostras pontuais apresentando razão Eu/Eu* maior que 1,0. Observa-se maior semelhança nos padrões dos CGM-Sódico e CGM-Intermediário, corroborando com o que já foi dito, que as amostras intermediárias tendem ao lado mais sódico. Já os CGM-Potássico apresentam enriquecimento muito maior dos ETRL, se comparado aos outros dois grupos. As anomalias negativas de Eu são sugestivas de fracionamento do plagioclásio por meio de processos de fusão resultante do ambiente de subducção em níveis rasos, onde esse mineral era estável. As amostras cuja anomalia de Eu é positiva se relacionam com teores elevados de potássio e refletem processos pontuais de acumulação de feldspato. A grande variação de concentração e enriquecimento em elementos dentro dos grupos pode ser interpretada como um novo processo de fusão e formação de um possível neossoma a partir das rochas do CGM.

Ambiência tectônica

No diagrama de Pearce et al. (1984), observa-se que as amostras dos três grupos se encontram dispostas no campo referente aos ambientes sincolisional e arco vulcânico, sugestivo de ambientes de subducção, além de, subordinadamente, algumas amostras do CGM-Potássico estarem presentes no campo de ambiente intraplaca, sugerindo rochas alcalinas tardiorogenéticas, oriundas de fusão de material crustal (Figura 8A).

O caráter sincolisional das amostras fica evidenciado no diagrama de Batchelor e Bowden (1985), demonstrando que as amostras dos CGM-Potássico e CGM-Intermediário plotam o campo sincolisional, enquanto as amostras dos CGM-Sódico plotam na interface do pré-colisional com o sincolisional (Figura 8B).

O diagrama de Pearce (2008) mostra o caráter preferencial de ambiente de arco vulcânico para as rochas do CGM (Figura 8C).

CONCLUSÕES

Os estudos macroscópicos mostraram que o CGM apresenta processo mais intenso de migmatização na sua porção oeste, enquanto na porção leste, embora também existente, ele é mais incipiente e as suas rochas se apresentam mais homogêneas.

A petrografia mostra que a composição mineralógica do CGM contém plagioclásio, quartzo, microclínio, biotita e hornblenda, com ocorrências menores de opacos, epidoto, enstatita, apatita e zircão, sendo considerados, segundo o diagrama QAP, como rochas de composições graníticas (monzo – sieno) a granodioríticas e, subsidiariamente, de composição tonalítica.

Com base nos estudos litoquímicos, o CGM foi subdividido em CGM-Sódico, CGM-Intermediário e CGM-Potássico, de acordo com a relação K_2O/Na_2O , uma vez que são rochas alcalinas sódicas a potássicas.

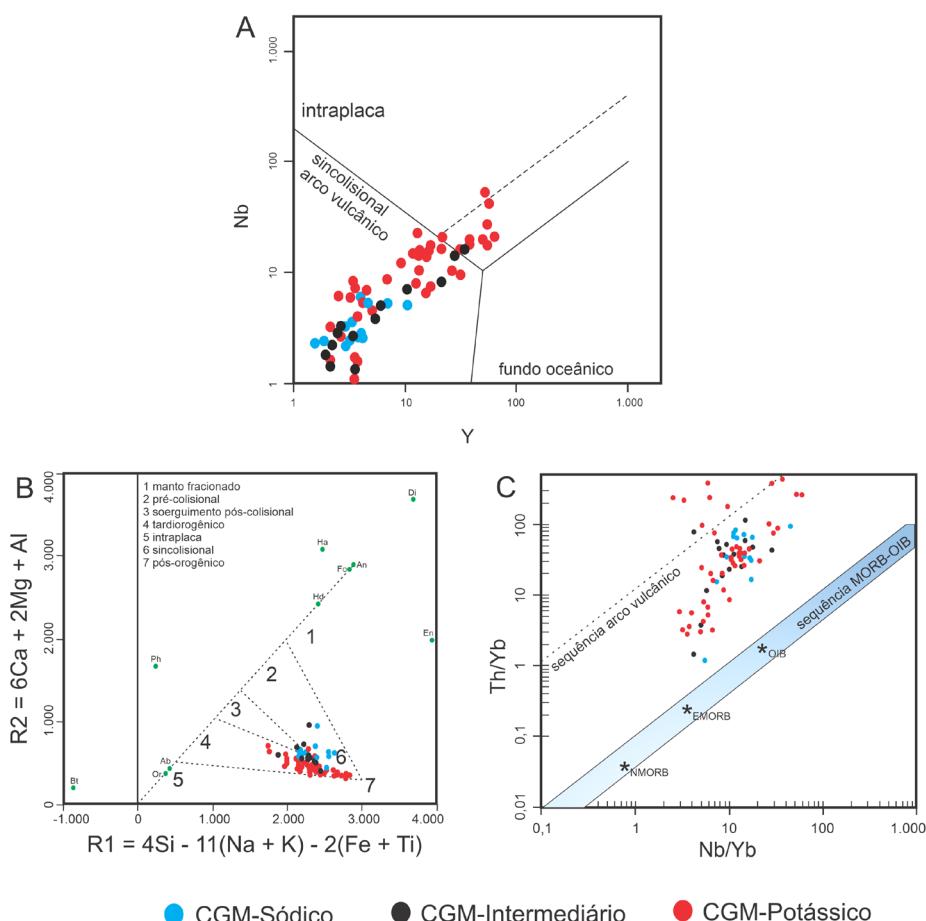


Figura 8. Diagramas de ambiência tectônica. (A) Diagrama discriminante para ambiente tectônico, proposto por Pearce et al. (1984); (B) diagrama $R1$ versus $R2$ discriminante para ambiente tectônico, proposto por Batchelor e Bowden (1985); e (C) diagrama Th/Yb versus Nb/Yb , proposto por Pearce (2008).

Os diagramas de classificação utilizando elementos maiores evidenciam o caráter alcalino dessas rochas, sendo peraluminosas, metaluminosas, classificando-se no diagrama QAP de Streckeisen (1976) majoritariamente nos campos das rochas granodioríticas, monzograníticas e sienogranitonalíticas, evidenciando o caráter evolutivo nos diagramas utilizados.

Os diagramas multielementares dos elementos-traço corroboram com as interpretações anteriores, uma vez que o padrão enriquecido de LILE e empobrecido de HFSE sugere a influência de processo mantélico metassomático, ou de processo de contaminação crustal, na rocha parental, sendo ratificado pelas anomalias negativas de Ta e Nb.

Os diagramas multielementares dos ETR ratificam o caráter de alcalinidade das rochas desse complexo, o qual, possivelmente, sofreu processos de contaminação crustal e de migmatização durante e após o evento orogênico, sendo indicado a partir das anomalias negativas do europió, evi-denciadas na razão Eu/Eu*, e do enriquecimento em ETRL.

A interpretação conjunta dos elementos-traço e dos ETR sugere, portanto, uma origem dessas rochas a partir de processos de fusão crustal, a partir de uma crosta ígnea de natureza calcioalcalina, provavelmente magnesiana, em virtude dos aspectos mineralógicos, induzida pela intrusão de um magma mais alcalino, gerado em profundidade. Os dois magmas possivelmente interagiram e deram origem, por cristalização fracionada, à rocha estudada.

Em termos tectônicos, sugere-se para as rochas do CSEB a existência de dois eventos sincollisionais e de arco vulcânico, a partir da combinação com os dados obtidos por Santos et al. (1998), sendo um de idade neoarqueana, associada ao CGEB (Melo de Oliveira, 2014), e outro paleoproterozoico, associado às rochas do CGM (Almeida Junior et al., 2020). Esses dois eventos permitiram a deformação do CSEB, quando da colisão com o Bloco Serrinha (3,1 – 2,8 Ga), comprimindo lateralmente o cinturão e gerando, consequentemente, um sistema de cadeias de montanhas que, ao serem exumados e erodidos, expuseram as raízes granulíticas do CSEB.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto GEOTERM-SEAL, em nome do Prof. Roberto Max Argolo, as lâminas petrográficas e as análises litoquímicas, e aos revisores as valiosas sugestões.

REFERÊNCIAS

Alkmim, F. F., Brito Neves, B. D., Alves, J. C. (1993). Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco-uma revisão. In: J. M. L. Dominguez, A. Misi (eds.). *O Cráton do São Francisco* (v. 1, p. 45-62). SBG-Núcleo BA/SE.

Almeida, F. F. M. (1977). O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7(4), 349-364.

Almeida Junior, M. V. C., Menezes Leal, A. B., Barbosa, J. S. F., Marinho, M. M. (2020). U-Pb Geochronology Zircon (LA-ICP-MS) data of the Gneissic-Migmatitic Complex of Salvador-Esplanada-Boquim Belt, São Francisco Craton, Brazil. *Brazilian Journal of Development*, 6(10), 81975-81991. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-577>

Barbosa, J. S. F. (1990). The granulites of the Jequié complex and Atlantic mobile belt, southern Bahia, Brazil – An expression of Archean-Proterozoic plate convergence. In: D. Vielzeuf, P. Vidal (Eds.). *Granulites and crustal evolution* (p. 195-221). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-2055-2_11

Barbosa, J. S. F., Cruz, S. P., Souza, J. S. (2012). Terrenos Metamórficos do Embasamento. In: J. S. F. Barbosa (ed.). *Geologia da Bahia: pesquisa e atualização* (p. 101-202). Salvador: Convênio CBPM/UFBA-IGEO/SBG. (Série Publicações Especiais, 2 v.).

Barbosa, J. S. F., Marinho, M. M., Menezes Leal, A. B., Oliveira, E. M., Souza-Oliveira, J. S., Argollo, R. M., Lana, C., Barbosa, R. G., Santos, L. T. L. (2018). As raízes granulíticas do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, Cráton do São Francisco, Bahia-Sergipe, Brasil. *Geologia USP. Série Científica*, 18(2), 103-128. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v18-134238>

Barbosa, J. S. F., Sabaté, P. (2004). Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Research*, 133(1-2), 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2004.03.001>

Barker, F., Arth, J. G. (1976). Generation of trondhjemite-tonalitic liquids and Archean bimodal trondhjemite-basalt suites. *Geology*, 4(10), 596-600. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1976\)4%3C596:GOTLAA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1976)4%3C596:GOTLAA%3E2.0.CO;2)

Batchelor, R. A., Bowden, P. (1985). Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48(1-4), 43-55. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(85\)90034-8](https://doi.org/10.1016/0009-2541(85)90034-8)

Cox, K. G., Bell, J. D., Punkhurst, R. J. (1979). *The interpretation of igneous rocks*. Londres: George Allen, Unwin, 450 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-3373-1>

Del-Rey Silva, L. J. H. (2005). New Sm-Nd data of (meta)sediments accross the São Francisco Craton-Sergipano Belt boundary, and from the Arauá dykes: Implications on Provenance Studies. *III Simpósio sobre o Cráton do São Francisco*, p. 155-158. Salvador Disponível em: http://sbg.sitepessoal.com/sitesantigos/iiicratonsf/ST4/ST4-05A_DelRey.htm. Acesso em: 24 jul. 2021.

GEOTERM-SEAL (2010). *Geração de calor nas bacias de Cumuruxatiba, Jequitinhonha, Sergipe-Alagoas e Pernambuco-Paraíba, e nos embasamentos a elas adjacentes.* CPGG-UFBA.

Gonçalves, L. E. S., Alkmim, F. F., Pedrosa-Soares, A. C. (2010). Características geoquímicas da Suíte G1, arco magmático do Orógeno Araçuaí, entre Governador Valadares e Ipanema, MG. *Revista Escola de Minas*, 63(3), 457-464. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672010000300006>

Irvine, T. N., Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8(5), 523-548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>

Kerr, P. F. (1959). *Optical Mineralogy*. 3. ed. Nova York: McGraw-Hill, 442 p.

Martin, H. (1994). The Archean grey gneisses and the genesis of the continental crust. In: K. C. Condie (ed.). *The Archean Crustal Evolution, Developments in Precambrian Geology* (p. 205-259). Amsterdam: Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(08\)70224-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(08)70224-X)

Martin, H., Smithies, R. H., Rapp, R., Moyen, J.-F., Champion, D. (2005). An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG) and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos*, 79(1-2), 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2004.04.048>

Melo de Oliveira, E. (2014). *Petrografia, litogegeoquímica e geocronologia das rochas granulíticas da parte norte do Cinturão Salvador-Esplanada-Boquim, Bahia-Sergipe*. Tese (Doutorado). Salvador: Instituto de Geociências – UFBA, 220 p.

Moyen, J.-F., Stevens, G., Kisters, A. F. M., Belcher, R. W. (2007). TTG Plutons of the Barberton Granitoid-Greenstone Terrain, South Africa. In: M. J. Kranendonk, R. H. Smithies, V. C. Bennett (Eds.). *Earth's Oldest Rocks. Developments in Precambrian* (v. 15, pp. 607-667). Cabo Ocidental: Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(07\)15056-8](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(07)15056-8)

O'Connor, J. T. (1965). A classification for quartz rich igneous rock based on feldspar ratios. *U.S.G.S. Professional Paper*, 525, 79-84.

Oliveira, E. P., Souza, Z. S., McNaughton, N. J., Lafon, J. M., Costa, F. G., Figueiredo, A. M. (2011). The Rio Capim volcanic-plutonic-sedimentary belt, São Francisco Craton, Brazil: Geological, geochemical and isotopic evidence for oceanic arc accretion during Palaeoproterozoic continental

collision. *Gondwana Research*, 19(3), 735-750. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2010.06.005>

Pearce, J. A. (2008). Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100(1-4), 14-48. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2007.06.016>

Pearce, J. A., Harris, N. B. W., Tindle, A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25(4), 956-983. <https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956>

Peccerillo, A., Taylor, S. R. (1976). Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81. <https://doi.org/10.1007/BF00384745>

Rollinson, H. G. (1993). *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Harlow: Longman Scientific & Technical, 352 p.

Santos, R. A., Martins, A. A. M., Neves, J. P., Leal, R. A. (1998). *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe*. Texto Explicativo do Mapa Geológico de Sergipe. Brasília: CPRM; Sergipe: CODISE, 156 p.

Shand, S. J. (1943). *Eruptive rocks: their genesis composition, classification and their relation to ore-deposits with a chapter on meteorite*. Nova York: John Wiley & Sons.

Silva, L. C., Armstrong, R., Delgado, I. M., Pimentel, M. M., Arcanjo, J. B., Melo, R. C., Teixeira, L. R., Jost, H., Pereira, L. H. M., Cardoso Filho, J. M. (2002). Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros, com base em novos dados U-Pb SHRIMP, Parte I: Limite centro-oriental do Cráton São Francisco na Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4), 501-512.

Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rock it's proper name. *Amsterdam Earth Sciences Review*, 12(1), 1-33. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(76\)90052-0](https://doi.org/10.1016/0012-8252(76)90052-0)

Sun, S. S. (1980). Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs. *Philos*, 297(1431), 409-445. <https://doi.org/10.1098/rsta.1980.0224>

Sun, S. S., McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts for mantle composition and process. In: A. D. Saunderson, M. J. Norry (eds.). *Magmatism in the ocean basins* (v. 42, p. 313-345). Geological Society, Special Publication. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>

Anexo 1. Composição química dos elementos maiores das amostras analisadas.

Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ T	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Total	A/CNK	K ₂ O/Na ₂ O
Ba-01A	74,69	0,39	11,44	3,98	0,05	0,25	0,98	2,45	5,39	0,04	0,1	99,76	0,98	2,2
Ba-01B	73,87	0,39	11,28	3,96	0,06	0,58	1,28	2,19	5,79	0,04	0,3	99,74	0,92	2,64
Ba-01D	74,5	0,1	13,69	1,46	0,04	0,17	1,04	3,68	5	0,02	0,2	99,88	1,02	1,36
Ba-096A	71,39	0,39	13,75	4,04	0,03	0,33	1,41	3,68	4,29	0,1	0,3	99,71	1,04	1,17
Ba-109	62,34	1,34	14,63	6,84	0,05	1,43	3,29	2,89	5,04	0,57	0,6	99,02	0,9	1,74
Ba-110	73,43	0,17	13,3	2,37	0,03	0,17	0,54	2,89	6,39	0,04	0,5	99,84	1,05	2,21
Ba-111A	71,43	0,37	14,15	2,9	0,02	0,57	0,86	3,07	5,34	0,14	0,9	99,75	1,14	1,74
Ba-111B	63,46	1,15	14,41	6,73	0,05	1,25	2,74	2,9	5,3	0,41	0,9	99,31	0,93	1,83
Ba-112	73,22	0,16	14,07	2,05	0,03	0,26	0,9	3,42	5,09	0,04	0,6	99,83	1,1	1,49
Ba-113	64,25	0,51	15,07	5,53	0,09	2,82	4,83	3,48	2,55	0,13	0,4	99,69	0,87	0,73
Ba-114A	66,51	0,78	14,72	4,38	0,04	1,03	2,54	2,82	5,64	0,25	0,8	99,49	0,96	2
Ba-114B	68,4	0,55	14,5	3,53	0,03	1,15	1,54	3,08	5,79	0,22	0,6	99,43	1,02	1,88
Ba-115A	72,61	0,2	13,99	2,2	0,02	0,32	1,24	3,16	5,49	0,05	0,5	99,75	1,04	1,74
Ba-115B	74,07	0,16	13,5	1,1	0,01	0,12	1,38	2,47	6,01	0,06	0,6	99,49	1,03	2,43
Ba-128	72,06	0,23	14,18	2,26	0,03	0,43	1,25	3,52	5,1	0,07	0,6	99,77	1,04	1,45
Ba-130	70,99	0,3	14,32	2,98	0,02	0,51	1,61	3,34	4,79	0,1	0,7	99,69	1,05	1,43
Ba-136	68,12	0,46	14,19	3,4	0,04	1,08	2,04	2,72	6,37	0,22	0,7	99,36	0,94	2,34
Ba-137	70,13	0,28	14,52	3,06	0,03	0,57	1,82	3,44	4,89	0,1	0,8	99,69	1,02	1,42
Ba-153A	75,67	0,35	11,17	3,26	0,05	0,29	0,66	2,16	5,98	0,04	0,2	99,82	0,99	2,77
Ba-153B	69,72	0,25	15,06	2,12	0,05	0,47	2,33	3,9	5,09	0,1	0,7	99,8	0,93	1,31
Ba-154	74,88	0,38	11,51	3,79	0,06	0,13	1,19	2,55	5,04	0,04	0,2	99,79	0,97	1,98
Ba-158	68,93	0,51	13,96	4,92	0,08	0,88	2,42	3,3	3,9	0,14	0,5	99,55	0,99	1,18
Ba-165	68,82	0,45	15,95	3,34	0,04	0,92	3,25	4,72	1,86	0,1	0,6	99,87	1,02	0,39
Ba-176	75,23	0,07	13,52	0,86	0,01	0,08	0,68	3,78	5,22	0,01	0,5	99,94	1,03	1,38
Ba-181	67,26	0,41	15,35	3,77	0,06	1,4	3,26	3,94	3,25	0,16	0,9	99,73	0,96	0,82

Continua...

Anexo 1. Continuação.

Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ T	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Total	A/CNK	K ₂ O/Na ₂ O
Ba-182	75,07	0,13	12,99	1,43	0,03	0,16	0,57	2,78	5,73	0,03	0,9	99,85	1,1	2,06
Ba-67A	74,25	0,15	13,46	1,58	0,02	0,19	1,06	3,28	5,25	0,03	0,6	99,85	1,03	1,6
Ba-67B	72,25	0,24	13,99	2,3	0,03	0,39	1,48	3,08	5,34	0,06	0,6	99,78	1,03	1,73
Ba-68	75,24	0,39	11,29	3,73	0,05	0,18	1,18	2,73	4,72	0,04	0,2	99,76	0,96	1,73
Ba-69	67,12	0,66	14,26	5,09	0,07	1,29	3,05	2,58	4,83	0,29	0,4	99,64	0,95	1,87
Ba-70	72,97	0,13	14,15	1,74	0,02	0,27	1,57	3,39	4,99	0,04	0,5	99,77	1,02	1,47
Ba-81	64,18	0,49	16,43	4,81	0,07	2,13	4,91	4,22	1,03	0,1	1,5	99,84	0,97	0,24
Ba-86	74,84	0,08	14,32	0,63	<0,01	0,09	1,01	4,41	4,07	0,02	0,4	99,85	1,06	0,92
Ba-95	69,2	0,38	14,44	3,62	0,03	0,61	2,31	3,77	4,47	0,11	0,6	99,58	0,95	1,19
Ba-96C	74,34	0,3	12,37	2,72	0,02	0,56	0,79	2,43	5,66	0,05	0,4	99,66	1,07	2,33
Se-012A	71,01	0,19	15,5	1,78	0,02	0,25	1,61	4,35	4,86	0,03	0,38	102,41	1,01	1,12
Se-033C	74,57	0,08	13,96	0,99	0,01	0,11	1,38	3,89	4,45	0,02	0,3	99,75	1,02	1,14
Se-11	72,67	0,11	14,6	1,79	0,03	0,26	1,48	4,2	4,71	0,03	0,14	102,13	0,99	1,12
Se-116	70,59	0,26	15,83	2,53	0,04	0,59	2,2	4,94	2,5	0,06	0,44	99,07	1,07	0,51
Se-118	70,93	0,14	15,82	1,84	0,03	0,17	1,35	4,55	4,65	0,02	0,49	98,37	1,05	1,02
Se-119	71,46	0,17	15,25	2,23	0,02	0,2	1,31	3,79	4,9	-	0,64	97,79	1,09	1,29
Se-120	71,62	0,19	15,55	1,78	0,02	0,22	1,5	4,06	4,81	0,02	23	97,95	1,06	1,18
Se-121	71,85	0,15	15,27	1,84	0,03	0,23	1	3,82	5,27	0,02	0,51	99,62	1,1	1,38
Se-13B	68,15	0,37	15,53	3,8	0,06	1,18	3	4,59	2,86	0,06	0,36	99,91	0,96	0,62
Se-14	70,98	0,27	15,06	2,25	0,04	0,76	2,16	4,71	3,05	0,1	0,4	99,76	1	0,65
Se-22	71,14	0,24	15,54	2,53	0,04	0,58	2,19	4,76	2,5	0,05	0,41	99,92	1,07	0,53
Se-32A	70,23	0,35	15,84	2,17	0,02	0,54	2,32	5,12	2,68	0,1	0,4	99,77	1,02	0,52
Se-32A1	70,85	0,26	15,7	1,79	0,02	0,48	2,04	4,59	3,57	0,06	0,4	99,76	1,04	0,78
Se-32B	72,35	0,16	15	1,4	0,02	0,31	1,89	4,41	3,64	0,05	0,5	99,74	1,02	0,83
Se-32B1	67,8	0,6	16,2	2,99	0,03	0,84	2,24	4,71	3,75	0,16	0,4	99,7	1,02	0,8
Se-33A	68,96	0,51	16,14	2,68	0,02	0,81	2,81	5,31	1,95	0,13	0,4	99,73	1,01	0,37

Continua...

Anexo 1. Continuação.

Amostra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ T	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Total	A/CNK	K ₂ O/Na ₂ O
Se-33A1	69,06	0,5	15,94	2,9	0,03	0,81	2,76	5,31	2,02	0,14	0,3	99,77	1	0,38
Se-33B	74,2	0,1	14,11	1,18	0,01	0,18	1,49	4,13	3,94	0,03	0,4	99,76	-	0,95
Se-34A	74,56	0,11	13,56	1,39	0,02	0,16	1,26	3,62	4,79	0,02	0,3	99,81	1,01	1,32
Se-34A	69,46	0,45	15,98	2,53	0,04	0,71	2,52	4,97	2,79	0,12	0,2	99,76	1,01	0,56
Se-34B	69,77	0,43	15,61	2,75	0,03	0,69	2,46	4,86	2,82	0,12	0,2	99,74	1	0,58
Se-34C	72,93	0,07	15,25	0,74	< 0,01	0,14	1,58	4,28	4,47	0,02	0,3	99,78	1,03	1,04
Se-34E	74,16	0,04	14,38	1,04	< 0,01	0,09	1,3	3,94	4,62	0,03	0,3	99,91	1,04	1,17
Se-35	71,77	0,25	15,08	2,07	0,02	0,52	2,15	4,71	2,83	0,06	0,3	99,77	1,02	0,6
Se-35A1	71,46	0,22	15,42	1,81	0,02	0,48	2,11	4,75	3,17	0,06	0,3	99,8	1,02	0,67
Se-36A	72,15	0,17	15,14	1,56	0,02	0,32	2,01	4,61	3,23	0,04	0,5	99,78	1,03	0,7
Se-36A1	72,69	0,14	14,78	1,39	0,01	0,27	1,78	4,31	3,82	0,04	0,6	99,86	1,02	0,89
Se-36B	69,7	0,42	15,85	2,58	0,02	0,82	2,66	4,95	2,36	0,11	0,3	99,76	1,02	0,48
Se-37A	73	0,19	13,81	2,39	0,02	0,23	1,12	3,36	5,55	0,05	0,1	99,83	1,02	1,65
Se-37A1	72,32	0,15	13,97	2,37	0,02	0,16	1,11	3,33	6,03	0,04	0,4	99,9	0,99	1,81
Se-37B	73,78	0,12	14,05	1,14	0,02	0,21	1,15	3,58	5,25	0,03	0,4	99,73	1,03	1,47
Se-48	70,99	0,24	14,72	1,97	0,02	0,7	1,84	4,35	3,64	0,08	1,1	99,71	1,02	0,84
Se-48A1	70,54	0,26	15,52	2,02	0,02	0,73	2,18	4,92	3,09	0,08	0,4	99,77	1,01	0,63
Se-56	71,76	0,27	14,96	2,61	0,04	0,64	2,81	4,53	1,99	0,05	0,33	99,05	1,02	0,44
Se-59	74,51	0,18	12,87	2,79	0,05	0,06	0,97	4	4,39	0,05	0,19	100,54	0,98	1,1
Se-62	71,55	0,24	15,39	2,52	0,03	0,56	2,84	4,99	1,55	0,04	0,27	100,54	1,02	0,31
Se-64A	72,4	0,21	14,96	2,21	0,03	0,49	2,54	4,61	2,41	0,04	0,12	100,8	1,01	0,52
Se-75A	71,54	0,18	15,45	1,98	0,04	0,43	2,28	4,8	3,01	0,03	0,25	101,55	1,01	0,63
Se-77	72,04	0,15	15,17	1,68	0,03	0,2	1,31	4,01	5,05	0,11	0,37	100,13	1,05	1,26
Se-78B	68,3	0,61	14,08	5,66	0,11	0,63	2,9	3,61	3,47	0,12	0,29	99,89	0,94	0,96
Se-92	70,77	0,18	15,47	1,93	0,03	0,66	1,83	3,82	5	0,03	0,27	99,96	1,03	1,31

Anexo 2. Composição química dos elementos-traço das amostras analisadas.

Amostras	Cs	Rb	Ba	Th	U	Ta	Nb	La	Ce	Sr	Nd	Hf	Zr	Sm	Tb	Y
Ba-01A	0,05	145,2	935	27,2	4,6	1,3	19,3	71,1	146,6	67,7	62,8	10,6	356,8	11,35	1,68	50,8
Ba-01B	0,05	146,4	1.004	19,8	3,1	1,1	20,4	67,4	141,7	78,8	66,5	11,6	395,5	13,58	2,16	64,4
Ba-01D	3,7	253,2	473	33,5	13,7	3,6	22,8	30,6	55,2	84,9	18,5	3,1	78,3	3,57	0,45	13,4
Ba-096A	0,3	80,7	1.496	23,4	1,3	0,3	7,4	77,2	151,5	190,5	55,4	7,4	281,7	8,64	0,85	17,5
Ba-109	0,7	191,8	3.664	95	5,2	3,3	50,9	462,8	1.014,7	915,7	393,6	28,7	1.121,8	47,34	2,7	52,7
Ba-110	0,9	228,1	606	84,2	5,3	0,5	8	68,2	156,2	109,2	51,5	2,3	55,5	8,08	0,67	13
Ba-111A	0,3	180,9	1.126	39,8	3,7	1,2	14,5	34,8	80,1	372,4	22,8	7,4	228,2	3,57	0,43	11,9
Ba-111B	0,7	147,1	2.738	23,9	1,9	1,7	26,8	157,5	397,7	415,7	195,6	29,3	1.122,5	30,28	2,8	56,2
Ba-112	1,4	213,1	788	39,1	8	1,3	16,3	48,8	93,4	124,5	28,9	4,7	130,5	4,79	0,63	21,4
Ba-113	1,8	78,9	1.063	5,6	3	0,9	15,9	40,5	90,3	396,1	39,4	3,3	127,1	8,03	1,16	34,3
Ba-114A	0,9	171,3	1.899	47,1	3,6	1,7	20,5	179,1	372,1	665,8	129,6	15,7	555,2	17,07	1,22	21,7
Ba-114B	0,5	171,8	2.404	70,5	2,6	1,1	16,7	160,6	311,9	1.051	100,6	12,7	405,1	12,72	0,91	17,2
Ba-115A	1,4	184,5	1.075	59,5	4,2	0,8	13,5	107,9	196,4	173,7	62,4	6,1	183,5	8,93	0,77	15,9
Ba-115B	0,3	148,9	3.930	1,4	0,4	0,05	1,6	17,3	24,3	407,2	7,9	4,6	189,4	1,09	0,1	2,2
Ba-128	0,7	211,2	1.391	35,4	4,8	1	14,6	70,4	131	206,1	40,4	5,9	189,2	5,31	0,52	13,1
Ba-130	0,7	203,2	1.619	45,8	2,7	1	16,6	117,9	229,9	214,1	71,4	7,6	290	8,72	0,74	17,7
Ba-136	0,7	165,5	3.462	48,6	2,5	0,4	10	207,9	413,4	747,6	137,9	10,2	374,3	16,08	1,19	26,8
Ba-137	0,9	184,3	1.693	40,4	2,7	0,6	10,5	102,5	196,3	237,4	58,4	8,3	273,8	7,23	0,58	13,7
Ba-153A	0,05	206,4	886	27,6	5,3	1	18,3	62,7	131,1	51,9	55	10	340,3	9,27	1,24	35,7
Ba-153B	0,2	166,1	1.066	21,9	2	1,1	18,9	82	165,1	171	60,5	3,3	123,6	10,3	1,4	37,8
Ba-154	0,1	153,2	973	15,6	3,5	1,1	19,4	53,9	113,6	85,4	52,7	13,8	523,6	9,94	1,62	53,7
Ba-158	1	76,4	2.768	9,6	1,6	0,9	15,5	64,9	125,1	272,8	47,9	9,6	405,9	7,58	0,92	31
Ba-165	1,4	68,2	369	5,7	0,7	0,3	5,8	18,5	32,4	397,8	11,1	4,6	168,8	1,57	0,16	4,2
Ba-176	0,7	283	236	20,1	14,7	3,1	41,5	14,3	29,6	37,8	10,9	2,8	58,6	3,35	1,17	56,7
Ba-181	1,6	110,4	1.182	16,8	0,9	0,3	8,2	62,7	98,8	599,9	41,8	3,7	137,9	6,86	0,7	21,6

Continua...

Anexo 2. Continuação.

Amostras	Cs	Rb	Ba	Th	U	Ta	Nb	La	Ce	Sr	Nd	Hf	Zr	Sr	Tb	Y
Ba-182	3	238,2	925	37,8	14,5	1,5	12,5	34	60,6	102,1	17,6	4,7	121,6	2,91	0,32	9,6
Ba-67A	3,1	221,1	534	49,7	24,6	1,3	15,6	43	84,2	150,7	28,1	4,7	110,8	4,41	0,46	14,4
Ba-67B	2,5	193,8	887	82,8	2,8	0,2	4,5	106,4	190	224,3	55,8	6,4	206	5,65	0,29	5,1
Ba-68	0,05	135,5	847	17,7	3,4	1,1	17,7	62,9	131,1	84,6	57,2	11,9	387	11,26	1,81	55,4
Ba-69	0,6	116,2	1.337	13,7	0,6	1	17,3	96,8	200,4	418,2	81	8,4	320,2	13,13	1,41	36,4
Ba-70	0,7	159,7	1.316	35,8	5,5	1,5	15	40,7	77,4	283,8	25,2	4,1	120,5	4,39	0,56	16,6
Ba-81	0,7	41,6	379	1,1	0,5	0,3	5,1	19,4	37,4	420,8	16,9	2,5	94,4	3,2	0,4	10,7
Ba-86	0,8	103,9	930	8,2	2,3	0,05	1,4	11,5	22,6	387	8,5	2,5	72,1	1,41	0,11	2,2
Ba-95	0,6	103	1.493	126,8	3,5	0,3	6,7	234,3	449,3	456,5	139,8	10,7	370,7	17,92	1,24	16,4
Ba-96C	0,5	116,9	2.139	4,3	0,6	0,05	3,1	23,6	36,2	290,1	10,3	7,3	246,4	1,25	0,1	2,3
Se-012A	3,36	127	1.529	13,6	3,06	0,32	3,93	38,7	57,4	380	20	4,91	154,9	2,4	0,1	3,74
Se-033C	1,5	113,5	1.669	68	18,6	0,1	1	18,4	35	525,5	11,5	7	181,6	1,65	0,16	3,5
Se-11	3,69	180,9	646	15,4	8,83	0,38	5,85	20,2	32,1	279,8	11,5	2,63	75,6	2,1	0,15	3,27
Se-116	12,16	160,4	860	10,7	4,64	0,56	5,03	23,6	35	383,8	13,6	3,99	113,5	2,8	0,24	7,05
Se-118	5,04	211	683	23	9,75	1,37	8,6	31	47,5	216	16,7	5,5	141,6	2,5	0,26	6,91
Se-119	2,39	186,7	1.123	26,8	5,97	0,35	5,97	35,9	48,1	224,4	15,9	4,77	135,5	2,3	0,1	2,56
Se-120	1,36	126,6	1.499	13,3	2,05	0,13	2,66	38,6	53,6	387,1	16,5	4,48	146,8	2,2	0,08	2,66
Se-121	3,08	219,1	1.035	17,7	6,61	0,6	6,63	31,2	43,4	217	16,4	3,92	108,8	2,4	0,18	4,53
Se-13B	5,79	122	894	11,6	2,33	0,43	5	28,8	43	314	16,4	3,86	125,8	2,5	0,23	6,36
Se-14	3,7	116,8	1.262	16,4	3,7	0,7	7	40,8	64,6	664	27,4	3,3	118,7	3,9	0,39	10,5
Se-22	5,53	121,3	745	9,5	3,02	0,43	5,03	23	31,5	327,8	13	3,85	119,3	2,3	0,16	4,84
Se-32A	3,6	82,3	1.016	9,9	4,3	0,3	2,6	29,5	54,5	668,4	20,4	4,2	149,8	2,79	0,2	4,2
Se-32A1	3,1	95,9	1.416	8,9	3,2	0,2	2,2	22,2	42,4	698,7	13,8	2,5	94,4	1,92	0,12	2,3
Se-32B	1,9	87,4	1.575	6,1	3,3	0,2	1,8	13,6	24,9	623	8,6	2,7	79,9	1,14	0,1	2
Se-32B1	3,7	117,4	1.397	21,6	2,5	0,3	3,9	65,5	120,3	785,4	36,5	5,5	235,8	4,72	0,3	5,5

Continua...

Anexo 2. Continuação.

Amostras	Cs	Rb	Ba	Th	U	Ta	Nb	La	Ce	Sr	Nd	Hf	Zr	Srn	Tb	Y
Se-33A	4,5	92,8	964	16,8	2,9	0,2	2,8	45,9	85,9	870	30,9	4,9	182,6	3,95	0,25	4
Se-33A1	3,9	95,2	941	16,9	3,3	0,2	2,6	45,9	89	821,8	28,8	4,1	171,2	3,65	0,23	3,8
Se-33B	2,4	119	1.481	24,3	12,2	0,05	1,3	16,9	30,8	555,3	11,2	4,4	106,6	1,67	0,16	3,6
Se-34A	2	141,1	1.088	66,4	47,7	0,2	1,7	28,9	54,7	404,7	19,6	3,9	107	2,8	0,19	3,5
Se-34A	2,2	107,8	1.206	14,9	4,9	0,2	2,1	37,8	74,3	728,4	23,1	3,7	147,3	3,29	0,2	3
Se-34B	2,7	114	1.154	13,9	2,6	0,2	2,7	37	66,4	702,1	24,3	3,8	150,9	3,1	0,2	3,4
Se-34C	1,2	116	1.524	2,4	1	0,05	0,6	6,2	12,3	582	3,6	2,2	52,2	0,56	0,04	0,6
Se-34E	1,3	112,4	541	56,5	27,5	0,05	0,6	31,2	62,8	181,1	19,2	3,5	84,6	3,33	0,26	3,5
Se-35	2,3	77,1	1.248	5,7	2,4	0,05	2,3	13,7	25,3	565,5	9	3	104,6	1,41	0,1	1,9
Se-35A1	1,3	77,3	1.248	6,9	1,5	0,05	0,9	14,5	28,5	597,7	9	2,6	86,2	1,48	0,1	1,7
Se-36A	1,8	103,3	1.220	10,6	2,5	0,3	2,5	18,2	33,5	589,3	12,2	3,1	92,2	1,72	0,14	3,3
Se-36A1	1	89,1	1.014	2,6	0,6	0,05	1,7	6,7	13,3	416,2	4,2	2,4	71,5	0,77	0,05	0,9
Se-36B	1,8	84,4	1.130	12,5	1,2	0,2	2,2	39,9	74,3	782,5	25,8	3,2	144,6	3,12	0,19	3
Se-37A	2,2	188,7	675	96,2	8	0,1	7,2	82,9	151,8	170,3	46,8	6,5	198,7	7,3	0,36	3,6
Se-37A1	1,1	190,6	615	90,8	5	0,2	7,9	65,5	121,9	116,2	37,6	5,4	169	5,76	0,31	3,5
Se-37B	2,3	134	1.274	104,2	11,7	0,05	1,6	159,7	199,4	376,3	86,6	6,1	207,9	9,63	0,33	3,7
Se-48	2,2	123,3	1.671	21,8	4,2	0,05	2,8	27,9	51,7	646,5	17,6	3,1	111,8	2,52	0,15	2,5
Se-48A1	2	104,4	1.359	8,2	2	0,1	3	18,8	34,2	660,7	13,2	3,7	118,2	1,86	0,13	2,4
Se-56	2,21	69,8	641	13,1	1,83	0,34	3,56	23,5	36	292,4	13,8	4,18	142,2	2,1	0,18	3,35
Se-59	1,09	145,8	1.280	19,3	2,45	0,85	9,6	60,3	100,8	64,5	41,9	9,14	304	7	0,85	31,56
Se-62	4,51	73,5	384	6,7	1,52	0,26	3,27	30,6	38	413,2	14,1	4,27	117,2	1,7	0,12	2,92
Se-64A	3,9	78,6	806	4,8	1,78	0,09	2,25	13,6	23,6	368,2	8,9	3,22	109,5	1,3	0,08	1,6
Se-75A	6,05	115,5	845	5,2	1,22	0,29	2,7	22,6	28,5	368,8	12,8	2,97	88,6	2,4	0,15	3,4
Se-77	1,82	161	1.314	20,5	15,31	0,38	5,27	41,9	60,8	257,5	20,5	4	121	2,9	0,18	4,38
Se-78B	4,82	141	936	10,6	2,2	1	13,95	41,6	69,5	226,1	29,8	6,86	256,3	5,4	0,79	27,63
Se-92	3,33	157,1	1.302	8,9	1,9	0,16	3,29	31,4	41,8	658,3	13,2	2,93	95,1	2	0,12	2,77

Anexo 3. Composição química dos elementos terras raras das amostras analisadas.

Amostras	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Eu/Eu*
Ba-01A	71,1	146,6	16,62	62,8	11,35	1,81	10,43	1,68	9,09	1,87	5,15	0,76	4,85	0,73	1,52
Ba-01B	67,4	141,7	16,89	66,5	13,58	1,95	13,18	2,16	12,1	2,41	6,44	0,92	5,46	0,77	1,64
Ba-01D	30,6	55,2	5,71	18,5	3,57	0,48	2,96	0,45	2,22	0,4	1,09	0,17	1,1	0,16	1,08
Ba-096A	77,2	151,5	15,71	55,4	8,64	1,44	6,81	0,85	3,95	0,66	1,61	0,21	1,17	0,18	1,29
Ba-109	462,8	1.014,7	110,79	393,6	47,34	5,87	23,47	2,7	11,49	1,72	4,38	0,6	3,58	0,47	1,54
Ba-110	68,2	156,2	15,43	51,5	8,08	0,81	5,76	0,67	3,08	0,51	1,3	0,18	1,14	0,16	1,35
Ba-111A	34,8	80,1	7	22,8	3,57	0,45	2,98	0,43	2,41	0,47	1,34	0,21	1,33	0,19	1,19
Ba-111B	157,5	397,7	49,64	195,6	30,28	3,43	21,99	2,8	13,63	2,32	5,81	0,8	4,52	0,61	2,08
Ba-112	48,8	93,4	9,1	28,9	4,79	0,63	4	0,63	3,57	0,76	2,27	0,37	2,43	0,36	1,08
Ba-113	40,5	90,3	10,43	39,4	8,03	1,44	7,06	1,16	6,51	1,35	3,81	0,58	3,79	0,54	1,62
Ba-114A	179,1	372,1	38,62	129,6	17,07	2,11	10,87	1,22	5,16	0,85	2,13	0,3	1,79	0,24	1,32
Ba-114B	160,6	311,9	29,91	100,6	12,72	2,33	8,57	0,91	3,97	0,65	1,73	0,26	1,56	0,22	1,16
Ba-115A	107,9	196,4	20,05	62,4	8,93	1,11	6,38	0,77	3,36	0,6	1,62	0,26	1,62	0,25	1,07
Ba-115B	17,3	24,3	2,32	7,9	1,09	1,25	0,72	0,1	0,39	0,08	0,23	0,02	0,16	0,03	0,86
Ba-128	70,4	131	12,73	40,4	5,31	0,76	3,26	0,52	2,52	0,44	1,17	0,17	1,1	0,16	1,07
Ba-130	117,9	229,9	21,89	71,4	8,72	1,17	4,75	0,74	3,66	0,58	1,42	0,21	1,31	0,18	1,13
Ba-136	207,9	413,4	40,38	137,9	16,08	2,5	8,49	1,19	5,5	0,89	2,42	0,33	2	0,28	1,23
Ba-137	102,5	196,3	18,53	58,4	7,23	0,98	3,82	0,58	2,8	0,45	1,23	0,18	1,11	0,18	1,06
Ba-153A	62,7	131,1	14,53	55	9,27	1,24	7,41	1,24	6,47	1,28	3,76	0,54	3,42	0,51	1,53
Ba-153B	82	165,1	17,32	60,5	10,3	1,99	8,5	1,4	7,5	1,38	3,71	0,51	3,2	0,44	1,31
Ba-154	53,9	113,6	13,23	52,7	9,94	2	9,37	1,62	9,41	1,88	5,57	0,84	5,42	0,82	1,65
Ba-158	64,9	125,1	13	47,9	7,58	1,96	6	0,92	4,95	0,97	3,06	0,46	3,13	0,48	1,32
Ba-165	18,5	32,4	3,24	11,1	1,57	0,78	1,11	0,16	0,82	0,14	0,37	0,06	0,34	0,06	1,11
Ba-176	14,3	29,6	3,18	10,9	3,35	0,23	4,74	1,17	7,97	1,87	5,73	0,97	6,24	0,9	1,24
Ba-181	62,7	98,8	12,05	41,8	6,86	1,58	4,91	0,7	3,4	0,65	1,8	0,25	1,44	0,2	1,20

Continua...

Anexo 3. Continuação.

Amostras	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Eu/Eu*
Ba-182	34	60,6	5,8	17,6	2,91	0,55	1,78	0,32	1,65	0,31	0,9	0,14	0,95	0,14	0,95
Ba-67A	43	84,2	8,66	28,1	4,41	0,63	3,32	0,46	2,45	0,46	1,38	0,24	1,49	0,25	1,19
Ba-67B	106,4	190	17,92	55,8	5,65	1,26	3,52	0,29	1,09	0,16	0,39	0,07	0,46	0,08	1,00
Ba-68	62,9	131,1	14,97	57,2	11,26	1,73	11,04	1,81	10,4	2,11	5,92	0,91	5,54	0,82	1,54
Ba-69	96,8	200,4	22,42	81	13,13	2,22	10	1,41	7,34	1,33	3,66	0,55	3,23	0,43	1,47
Ba-70	40,7	77,4	7,74	25,2	4,39	0,73	3,77	0,56	2,94	0,57	1,64	0,25	1,78	0,25	1,12
Ba-81	19,4	37,4	4,24	16,9	3,2	0,99	2,67	0,4	2,18	0,38	1,07	0,15	0,92	0,13	1,50
Ba-86	11,5	22,6	2,42	8,5	1,41	0,47	0,87	0,11	0,49	0,07	0,19	0,03	0,18	0,03	1,32
Ba-95	234,3	449,3	43,42	139,8	17,92	1,91	12,17	1,24	4,94	0,69	1,56	0,21	1,3	0,2	1,11
Ba-96C	23,6	36,2	3,19	10,3	1,25	1,21	0,92	0,1	0,42	0,09	0,26	0,05	0,36	0,07	0,83
Se-012A	38,7	57,4	6,06	20	2,4	0,48	1,25	0,1	0,77	0,1	0,3	< 0,05	0,3	< 0,05	0,97
Se-033C	18,4	35	3,4	11,5	1,65	0,49	1,07	0,16	0,68	0,13	0,4	0,06	0,31	0,06	1,15
Se-11	20,2	32,1	3,34	11,5	2,1	0,28	1,4	0,15	0,7	0,08	0,11	< 0,05	0,2	< 0,05	1,03
Se-116	23,6	35	4,01	13,6	2,8	0,28	2,51	0,24	1,53	0,17	0,73	0,07	0,7	0,09	1,03
Se-118	31	47,5	4,77	16,7	2,5	0,4	1,63	0,26	1,34	0,22	0,68	0,09	0,6	0,07	1,00
Se-119	35,9	48,1	4,82	15,9	2,3	0,16	1,16	0,1	0,59	0,06	0,16	< 0,05	0,1	< 0,05	0,83
Se-120	38,6	53,6	5,39	16,5	2,2	0,36	1,21	0,08	0,56	0,06	0,21	< 0,05	< 0,1	< 0,05	0,81
Se-121	31,2	43,4	4,74	16,4	2,4	0,48	1,79	0,18	0,94	0,12	0,36	< 0,05	0,2	0,06	0,98
Se-13B	28,8	43	4,57	16,4	2,5	0,39	1,76	0,23	1,38	0,19	0,56	0,08	0,6	0,08	1,05
Se-14	40,8	64,6	7,72	27,4	3,9	0,8	2,77	0,39	1,86	0,32	0,79	0,12	0,7	0,11	1,23
Se-22	23	31,5	3,75	13	2,3	0,41	1,78	0,16	1,13	0,16	0,47	< 0,05	0,3	< 0,05	1,03
Se-32A	29,5	54,5	5,72	20,4	2,79	0,78	1,63	0,2	0,87	0,13	0,29	0,04	0,28	0,04	1,26
Se-32A1	22,2	42,4	4,11	13,8	1,92	0,67	1,05	0,12	0,5	0,07	0,19	0,03	0,15	0,02	1,14
Se-32B	13,6	24,9	2,44	8,6	1,14	0,63	0,72	0,1	0,4	0,07	0,15	0,03	0,16	0,02	1,17
Se-32B1	65,5	120,3	11,12	36,5	4,72	1,02	2,32	0,3	1,19	0,19	0,42	0,07	0,42	0,06	1,04

Continua...

Anexo 3. Continuação.

Amostras	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Eu/Eu*
Se-33A	45,9	85,9	8,84	30,9	3,95	1,05	2,05	0,25	0,98	0,13	0,27	0,04	0,25	0,03	1,24
Amostras	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Eu/Eu*
Se-33A1	45,9	89	8,58	28,8	3,65	1,01	1,93	0,23	0,86	0,13	0,23	0,04	0,23	0,03	1,16
Se-33B	16,9	30,8	3,17	11,2	1,67	0,59	1,08	0,16	0,7	0,13	0,37	0,05	0,31	0,05	1,21
Se-34A	28,9	54,7	5,77	19,6	2,8	0,45	1,53	0,19	0,85	0,13	0,29	0,05	0,27	0,05	1,24
Se-34A	37,8	74,3	7,2	23,1	3,29	0,92	1,76	0,2	0,71	0,12	0,27	0,04	0,18	0,03	1,12
Se-34B	37	66,4	6,91	24,3	3,1	0,87	1,66	0,2	0,76	0,1	0,26	0,04	0,19	0,03	1,21
Se-34C	6,2	12,3	1,12	3,6	0,56	0,48	0,34	0,04	0,16	0,02	0,07	0,01	0,05	< 0,01	1,07
Se-34E	31,2	62,8	6	19,2	3,33	0,48	2,05	0,26	1,09	0,15	0,33	0,05	0,24	0,05	1,11
Se-35	13,7	25,3	2,67	9	1,41	0,54	0,79	0,1	0,41	0,06	0,17	0,03	0,16	0,03	1,19
Se-35A1	14,5	28,5	2,67	9	1,48	0,5	0,82	0,1	0,38	0,06	0,17	0,03	0,12	0,02	1,13
Se-36A	18,2	33,5	3,5	12,2	1,72	0,63	0,95	0,14	0,65	0,1	0,28	0,05	0,29	0,05	1,22
Se-36A1	6,7	13,3	1,26	4,2	0,77	0,46	0,47	0,05	0,23	0,03	0,11	0,02	0,06	0,01	1,12
Se-36B	39,9	74,3	7,33	25,8	3,12	0,82	1,55	0,19	0,73	0,09	0,23	0,03	0,19	0,03	1,20
Se-37A	82,9	151,8	14,81	46,8	7,3	0,78	3,25	0,36	1,15	0,13	0,26	0,04	0,25	0,03	1,04
Se-37A1	65,5	121,9	11,61	37,6	5,76	0,72	3,08	0,31	1,02	0,13	0,23	0,04	0,21	0,03	1,06
Se-37B	159,7	199,4	26,39	86,6	9,63	0,93	3,24	0,33	1,16	0,09	0,28	0,04	0,27	0,04	1,02
Se-48	27,9	51,7	5,24	17,6	2,52	0,91	1,23	0,15	0,59	0,08	0,16	0,03	0,19	0,03	1,16
Se-48A1	18,8	34,2	3,52	13,2	1,86	0,86	1,17	0,13	0,55	0,07	0,19	0,03	0,17	0,03	1,28
Se-56	23,5	36	3,9	13,8	2,1	0,6	1,67	0,18	0,94	0,12	0,3	< 0,05	0,2	< 0,05	1,08
Se-59	60,3	100,8	11,63	41,9	7	0,39	6,1	0,85	5,92	1,13	3,38	0,55	3,3	0,45	1,25
Se-62	30,6	38	4,25	14,1	1,7	0,57	1,16	0,12	0,63	0,08	0,26	< 0,05	0,2	0,08	0,87
Se-64A	13,6	23,6	2,45	8,9	1,3	0,28	0,95	0,08	0,28	< 0,05	< 0,05	< 0,1	0,19	1,19	
Se-75A	22,6	28,5	3,6	12,8	2,4	0,27	1,62	0,15	0,95	0,11	0,29	< 0,05	0,2	0,06	1,02
Se-77	41,9	60,8	6,18	20,5	2,9	0,26	2,14	0,18	1,09	0,14	0,22	< 0,05	0,2	0,1	0,92
Se-78B	41,6	69,5	7,95	29,8	5,4	0,92	5,09	0,79	5,13	0,98	2,91	0,46	2,8	0,39	1,27
Se-92	31,4	41,8	3,95	13,2	2	0,1	1,28	0,12	0,83	0,1	0,17	< 0,05	0,2	< 0,05	0,79