CARACTERIZAÇÃO DOS PROTÓLITOS DA REGIÃO GRANULÍTICA DO SUL DA BAHIA — BRASIL

JOHILDO SALOMÃO FIGUEIREDO BARBOSA* e MICHEL FONTEILLES**

ABSTRACT PROTOLITE CHARACTERIZATION OF THE SOUTHERN BAHIA GRANULITIC REGION, BRASIL. The Archean and/or early Proterozoic granulitic terrain of Southern Bahia, Brazil, comprises three domains: **1.** the Jequié-Mutuípe domain, which forms the western portion of the belt and is composed of (*i*) a plutonic series of intermediate and felsic granulites intruded by small anorthositic bodies and (*ii*) a granulitized supracrustal sequence of mafic and felsic granulites, granulitic migmatites, kinzigites, and garnet and orthopyroxene-bearing quartzites; **2.** the central Ipiaú domain, which is formed by gneissic rocks composed of alternating amphibolite and quartz-feldspar layers, equilibrated under amphibolite facies conditions; and **3.** the eastern Costa Atlântica domain which is composed of biotite-rich mafic granulite, mafic and intermediate granulite, garnet-bearing mafic granulite, and felsic granulite. A detailed petrographical and geochemical investigation of the belt has revealed that the original, pre-metamorphic nature of these lithologies was as follows. The plutonic intermediate and felsic granulites of the Jequié-Mutuípe domain consisted of a co-magmatic, calc-alkalic series of enderbitic, charno-enderbitic, and charnockitic composition, which was intruded by tholeiitic anorthositic magmas. As to the granulitized supracrustal rocks of this domain, the compositional data indicate they constituted a volcanosedimentary sequence composed of tholeiitic basalts wich rhyolitic tuff intercalations and pelitic and chemical sedimentary rocks. The amphibolitic rocks of the Ipiaú domain exhibit compositional relations indicative of an original lithological composition similiar to that of the volcanosedimentary sequence of the Jequié-Mutuípe domain, the difference in metamorphic grade attesting to the isochemical nature of the amphibolite-granulite transition in the area. The geochemical data of the Costa Atlântica domain granulites reveal they consisted of shoshonitic basalts; calc-alkalic basalts, andesitic basalts, andesites, and dacites; and a tholeiitic series of basalts, andesitic basalts, and rhyolites. As a whole, the general compositional and spatial patterns encountered in this last domain point to a strong similarity with modern island arc or active continental margin geotectonic environment and seem to suggest the existence of a paleo west-dipping subduction zone in the area.

INTRODUÇÃO A área de granulitos em foco se situa no sul do Estado da Bahia e corresponde a um retângulo de 170 km de comprimento na direção N–S por 130 km de largura na direção W-E (Fig. 1). A região começou a ser estudada na década passada e relevantes trabalhos têm sido realizados nesses últimos 15 anos. Entre eles podem-se citar os de Sighinolfi (1970, 1971), Cordani (1973), Sighinolfi & Sakai (1977), Cordani & Iyer (1979), Sighinolfi *et al.* (1981), Costa & Mascarenhas (1982), Oliveira & Lima (1982), Oliveira *et al* (1982), Iyer *et al.* (1984), Delhal & Demaiffe (1985) e Iyer *et al.* (1987), os quais trouxeram muitas contribuições para a construção do quadro atual de compreensão da geologia da região. Entretanto, devido a sua generalizada limitação a áreas restritas e especificidade temática, esses trabalhos raramente exibem complementaridade mútua ou mesmo correlação entre si, impedindo a visão do quadro geotectônico mais amplo.

Alguns trabalhos de mapeamento geológico, como os de Seixas *et al.* (1975), Miranda *et al.* (1982), Lima *et al.* (1982) e Miranda *et al.* (1985), no entanto, apesar de terem como finalidade principal a prospecção mineral, procederam a integração dos dados existentes e chegaram à elaboração dos primeiros modelos para a evolução geológica regional. Em que pese sua indiscutível importância para o conhecimento da geologia da região, esses estudos se ressentem, contudo, da ausência de um embasamento quantitativo para os postulados desenvolvidos, particulamente no que concerne às condições físico-químicas que presidiram os fenômenos orogênicos e térmicos que afetaram a região.

Este artigo, uma versão simplificada de parte dos trabalhos de pesquisa realizados na região por Barbosa (1986), tem como objetivo sublinhar a importância de estudos petroquímicos para a elaboração de interpretações geológicas envolvendo não apenas a caracterização composicional dos produtos metamórficos mas, e principalmente, a busca da definição dos protólitos pré-metamórficos e, a partir daí, a configuração geotectônica mais apropriada para a evolução geológica global desse segmento crustal. Os dados composicionais utilizados neste trabalho poderão ser obtidos diretamente com o primeiro autor.

PETROGRAFIA E PETROQUÍMICA A análise dos trabalhos anteriores e, principalmente, das pesquisas recentes realizadas na região granulítica do sul da Bahia (Barbosa *op. cit.*) mostra de oeste para leste diferenças marcantes com relação à tectônica, à petrografia e à petroquímica das rochas metamorfizadas, justificando a divisão da área em três domínios geológicos distintos: o domínio Jequié-Mutuípe, na porção oeste; o domínio de Ipiaú na porção central; e o domínio da Costa Atlântica, na porção leste (Fig. 1).

Domínios *DOMÍNIO JEQUIÉ-MUTUÍPE* Este domínio, que abrange parte do chamado Complexo Jequié de idade arqueana (Cordani *op. cit.*), é litologicamente representado por rochas plutônicas intermediárias e félsicas com ortopiroxênio e anortosíticas reequilibradas na fácies granulito, bem como por rochas representativas de uma cobertura vulcano-sedimentar também metamorfizada e freqüentemente migmatizada na fácies granulito (Fig.1)

Rochas plutônicas intermediárias e félsicas com ortopiroxênio e anortositos reequilibrados na fácies granulito As rochas plutônicas intermediárias e félsicas com ortopiroxênio ocupam a maior parte do domínio Jequié-Mutuípe (Fig. 1) e, embora se encontrem na maioria das vezes fortemente deformadas pelas três fases de deformação dúctil que atuaram na região (Costa & Mascarenhas *op. cit.*, Barbosa *op. cit.*), mantêm ainda uma textura grossa resultante da marcante presença de grandes fenoclastos de mesopertita ou feldspatos pertíticos,

* Curso de Pós-Graduação em Geologia, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica, UFBA, e Cia. Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM). Rua Caetano Moura, 123, Campus Universitário da Federação, CEP 40210, Salvador, Bahia, Brasil

** UA 736, CNRS, Laboratoire de Geologie Apliquée, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI. 4, Place Jussieu, Tour 26, 5*ème* étage, 75252, Paris, França

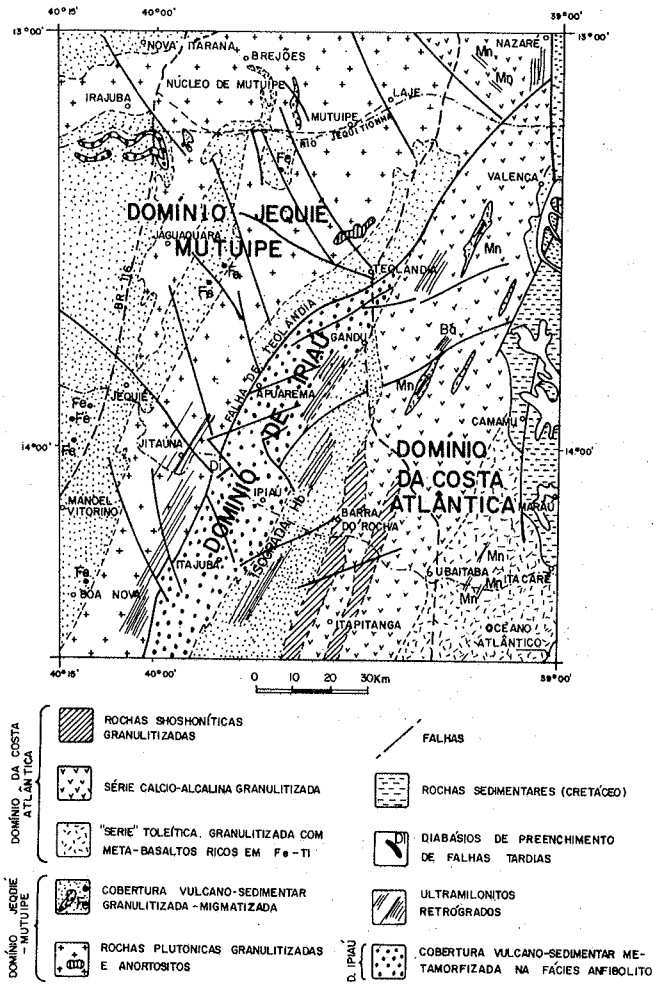


Figura 1 – Esboço geológico da região granulítica do sul da Bahia (adaptado e simplificado de Barbosa 1986)
Figure 1 – Geologic sketch of the Southern Bahia granulitic region (modified from Barbosa 1986)

imersos numa matriz milonítica recristalizada, composta de quartzo, plagioclásio antipertítico, ortopiroxênio, clinopiroxênio, hornblenda marrom e biotita, estes quatro últimos em quantidades subordinadas. Essas rochas também apresentam bandamentos mineralógicos (mais bem observados em superfícies intemperizadas de afloramentos) marcados por intercalações de bandas verdes-claras (feldspatos predominantes) e bandas verdes-escuras (minerais ferromagnesianos abundantes), provavelmente originados pela acumulação das diferentes fases minerais durante a diferenciação magmática e ressaltados pelas deformações tectônicas (Barbosa *op. cit.*). Esses aspectos mineralógicos e texturais distinguem fortemente este conjunto daquele adjacente composto por rochas supracrustais, descritas adiante, de textura mais fina e sem grandes fenoclastos.

Outras evidências petrográficas e de quimismo mineral também atestam o caráter plutônico original dessas rochas, destacando-se a este respeito a presença em alguns grãos de plagioclásio, de minúsculas inclusões de biotita e hornblenda euédrica rica em cloro, tipicamente de origem magmática assim como o fato dos centros de algumas duplas de ortopiroxênio-clinopiroxênio possuírem quimismo comparável ao de piroxênios magmáticos formados a temperaturas de cristalização elevadas (Bhattacharyya 1971).

Embora se observe macroscopicamente uma certa modificação nas abundâncias das fases minerais que constituem este conjunto de rochas plutônicas intermediárias e félsicas com ortopiroxênio, a distinção de seus membros diferenciados é muito difícil no campo. Só o estudo geoquímico descrito a seguir permitiu estabelecer uma separação e uma classificação entre os diferentes tipos petrográficos existentes.

Entre os diversos esquemas de discriminação petroquímica utilizados, alguns envolvem sódio e potássio pelo fato dessas rochas plutônicas serem relativamente ricas nesses elementos. Entretanto a reconhecidamente ampla mobilidade desses álcalis em certos processos metamórficos e metassomáticos impôs uma expressiva dosagem de precaução na interpretação desses diagramas. Por outro lado, verifica-se na literatura geológica dos estudos petroquímicos que envolvem a utilização desses elementos que, para os fins aqui pretendidos, quaisquer dos esquemas mais usados (por exemplo, La Roche 1968, Garrels & Mackenzie 1971) fornecem no geral os mesmos resultados. Isto conduziu à utilização neste trabalho do diagrama de Garrels & Mackenzie (*op. cit.*) por sua maior simplicidade e por ter ele conduzido a resultados claros e coerentes com aqueles de diversos outros critérios geoquímicos aqui também utilizados.

Neste diagrama (Fig.2), as rochas plutônicas granulitizadas em discussão situam-se todas no campo das rochas ígneas. Além disso, os pontos representativos dos enderbitos, charno-enderbitos e charnockitos estão mais ou menos alinhados, com uma disposição aproximadamente horizontal (isto é: Na_2O/Al_2O_3 constante), compatível com aquela de séries semelhantes da Índia (Subramanian 1967, Weaver *et al.* 1978) e da China (Wang Kaiyi *et al.* 1985). Diferentemente do que se detecta nos charnockitos migmatíticos ("paleossoma" charnockítico discutido adiante, Fig. 6), esta série exibe um aumento regular de K_2O, de 3,2% nos enderbitos a 5,5% nos charnockitos, que, por sua vez, reflete-se na crescente quantidade de mesopertita e de microclínio pertítico dos enderbitos para os charnockitos, aparentemente denunciando a regularidade normal de um processo de diferenciação magmática. Isto, no conjunto, parece sugerir terem essas rochas sido formadas a partir de um líquido enderbítico-charnockítico, não tendo havido importantes modificações durante o metamorfismo granulítico em suas relações composicionais.

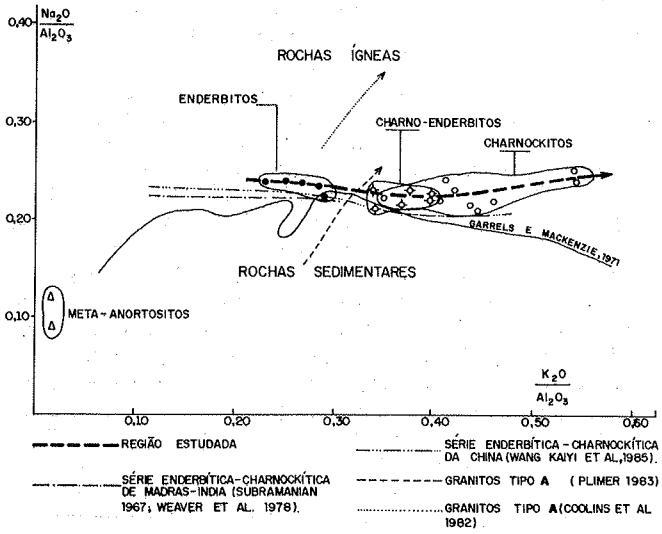


Figura 2 – Distribuição das rochas enderbíticas, charno-enderbíticas, charnockíticas e metanortositos no diagrama de Garrels & Mackenzie (1971)
Figure 2 – Distribution of enderbitic, charno-enderbitic, charnockitic rocks and meta-anortosites on Garrels & Mackenzie (1971) diagram

Pelo diagrama de Brown (1981), constata-se que as rochas plutônicas granulitizadas, do tipo enderbito, charno-enderbito e charnockito, têm uma tendência cálcio-alcalina (Fig. 3). Os

teores de CaO diminuem dos enderbitos (± 4,8%) aos charnockitos (± 1,5%) e os teores de SiO_2 aumentam dos enderbitos (± 65%) aos charnockitos (± 70%). De fato, os enderbitos e charno-enderbitos são mais ricos em plagioclásio e clinopiroxênio e mais pobres em quartzo em comparação com os charnockitos.

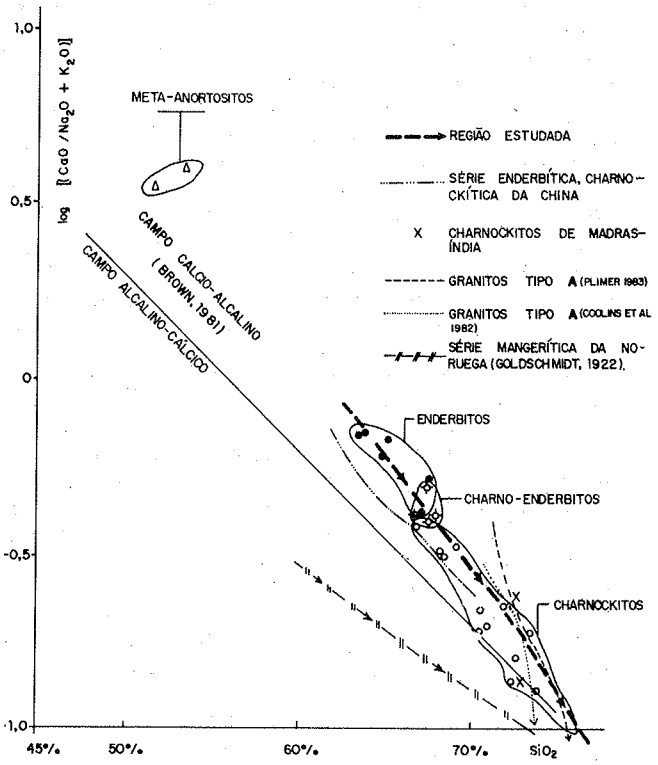


Figura 3 – Distribuição das rochas enderbíticas, charno-enderbíticas, charnockíticas e metanortositos no diagrama de Brown (1981)

Figure 3 – Distribution of enderbitic, charno-enderbitic, charnockitic rocks and meta-anortosites on Brown (1981) diagram

Na figura 4, verifica-se que a relação K/Rb da série diminui à medida que o teor de K aumenta no curso da diferenciação magmática. Esta relação decresce fortemente dos enderbitos (K/Rb≅400 e K_2O≅3,5) aos charnockitos (K/Rb≅100 e K_2O≅5,5) , o que confirma um traço generalizadamente reconhecido de evolução magmática, exprimindo o contraste do comportamento geoquímico do K e do Rb no fim da evolução magmática das rochas ácidas (Shaw 1968, Tarney & Windley 1977).

O exame dos diagramas das figuras 2, 3 e 4 mostra que o extenso corpo de rochas plutônicas intermediárias e félsicas com ortopiroxênio do domínio Jequié-Mutuípe representa uma série enderbítica – charnockítica, que é em geral diferente das séries de granitos mais conhecidos e estudados da crosta superior (Hine *et al.* 1978, Collings , *et al.* 1982, Plimer 1983). A série também difere das séries mangeríticas da Noruega, definidas por Goldschmidt (1922) e nas últimas décadas exaustivamente estudadas por Duchesne (1971, 1972, 1978) e Maquil & Duchesne (1984). Entretanto, em relação aos parâmetros utilizados, a série aqui estudada parece bem próxima das séries enderbíticas-charnockíticas, de idade arqueana de Madras, Índia (Subramanian *op. cit.*, Weaver *et al. op. cit.*) e de Quianam, Hebei, China (Wang Kaiyi *et al. op. cit.*). Ademais, a mineralogia dessas rochas e, especialmente, o conjunto de diagramas de discriminação geoquímica são fortemente sugestivos de que as plutônicas intermediárias (enderbitos e charno-enderbitos) e as félsicas (charnockitos) são co-genéticas. A similaridade dos padrões de elementos terras-raras dos enderbitos e charno-enderbitos empresta suporte adicional a esta inferição (Fig. 5).

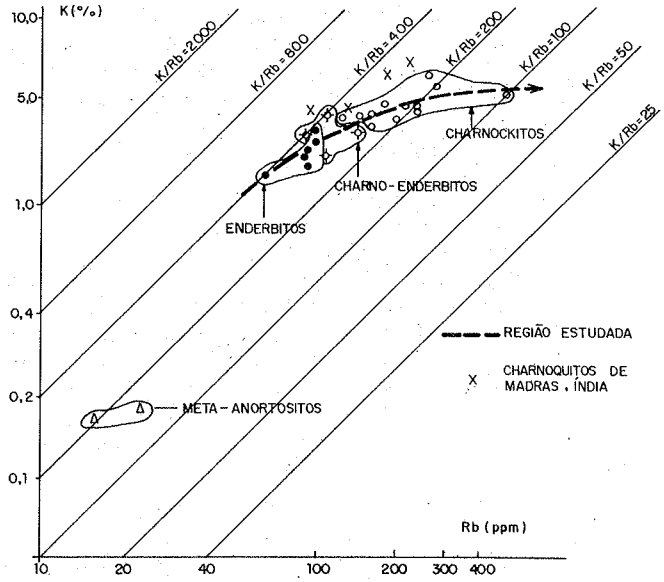


Figura 4 – Distribuição das rochas enderbíticas, charno-enderbíticas, charnockíticas e metanortositos no diagrama K:Rb

Figure 4 – Distribution of enderbitic, charno-enderbitic, charnockitic rocks and meta-anortosites on K:Rb diagram

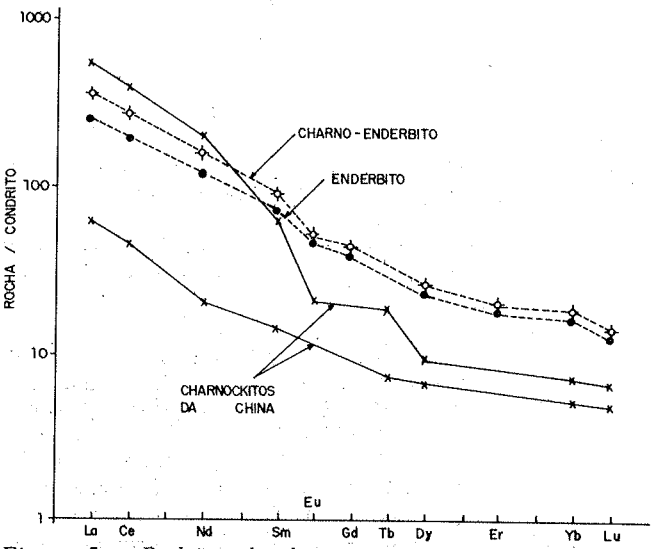


Figura 5 – Padrões de elementos terras-raras das rochas enderbíticas e charno-enderbíticas

Figure 5 – Rare-earth elements patterns of the enderbitic and charno-enderbitic rocks

Os anortositos têm ocorrência bem mais restrita que as rochas anteriores (Fig. 1). Também reequilibrados na fácies granulito eles são bandados e compostos essencialmente de plagioclásio, ortopiroxênio e clinopiroxênio, sendo os minerais opacos relativamente raros.

Conforme se observa nas figuras 2, 3 e 4, os dois pontos representativos dessas rochas estão bastante deslocados da linha de diferenciação das rochas plutônicas enderbíticas-charnockíticas, o que indica serem os anortositos oriundos de outro tipo de magma. De fato, seu caráter toleítico e intrusivo nas rochas enderbíticas-charnockíticas está sendo demonstrado em estudos específicos (J. Cruz, comun. verbal).

Rochas supracrustais metamorfizadas e migmatizadas na fácies granulito O outro componente litológico expressivo do

domínio Jequié-Mutuípe é constituído por rochas vulcano-sedimentares deformadas e freqüentemente migmatizadas em graus variados na fácies granulito.

Nas zonas onde as supracrustais vulcano-sedimentares são fracamente migmatizados observam-se intercalações de bandas de granulitos básicos com bandas de material quartzo-feldspático. Essas bandas, centimétricas a métricas, mantêm sua espessuras por longas distâncias e apresentam contatos bruscos. Remobilizações potássicas são quase inexistentes.

- *Bandas de granulitos básicos* apresentam em geral uma textura fina, contatos regulares entre os grãos minerais e são constituídas essencialmente de plagioclásio (40%), ortopiroxênio-clinopiroxênio (40%), hornblenda marrom (15%) e biotida vermelha titanífera (5%). O quartzo e minerais opacos são os acessórios mais comuns. No diagrama de Garrels & Mackenzie (*op. cit.*) (Fig. 6), essas bandas se situam no campo das rochas ígneas. Por sua vez, no gráfico de discriminação AlFM (Fig. 7), localizam-se no campo toleítico e na zona de basaltos (Kuno 1954 in Fonteilles 1976).

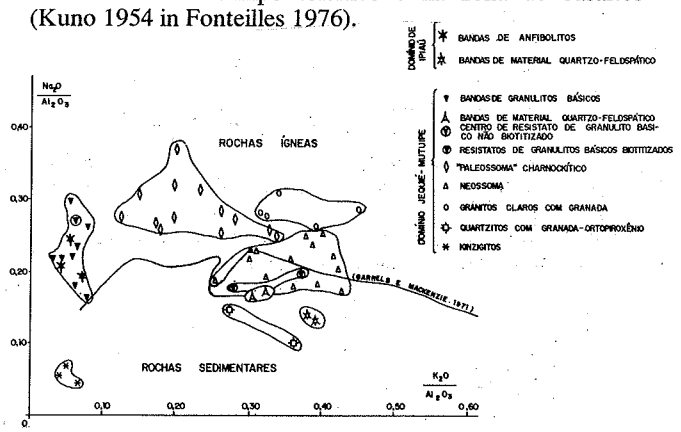


Figura 6 – Distribuição das rochas da cobertura vulcano-sedimentar dos domínios Jequié-Mutuípe e Ipiaú no diagrama de Garrels & Mackenzie (1971)

Figure 6 – Distribution of rocks from the volcano-sedimentary cover of the Jequié-Mutuípe and Ipiaú domains on Garrels & Mackenzie (1971) diagram

- *Bandas de material quartzo-feldspático* exibem textura média, contato irregular entre as fases minerais e são formadas de quartzo (50%), mesopertita-microclínio pertítico (40%) e plagioclásio (5% - 10%). Os minerais opacos são raros. Nenhum vestígio de estruturas primárias preservadas foi encontrado. Composicionalmente, a feição mais marcante dessas bandas é sua uniformidade tanto longitudinal como transversal. As mesmas se situam no campo das rochas sedimentares do diagrama de Garrels & Mackenzie (*op. cit.*) (Fig. 6) e possuem composição química semelhante a de arcósios feldspáticos (Barbosa *op. cit.*), ainda que sua regularidade de disposição e uniformidade composicional apontem para semelhanças com tufos ácidos.

Nas zonas fortemente migmatizadas verifica-se que fenômenos de fusão parcial, anatexia, remobilizações potássicas e metassomatismo em pequena escala misturaram e destruíram, parcial ou totalmente, as intercalações anteriores dando lugar a migmatitos granulíticos. Nos afloramentos-tipo desses migmatitos granulíticos podem-se distinguir resistatos de granulitos básicos, em geral biotitizados, "paleossomas" charnockíticos e neossomas.

- *Resistatos de granulitos básicos biotitizados* ocorrem sob forma de blocos, enclaves e *boudins*, de tamanhos variáveis (centimétricos a métricos), de cor preta e geralmente inclusos na massa verde-acinzentada de "paleossoma" charnockítico. Eles têm a mesma composição mineralógica das bandas de granulitos básicos referidas antes, entretanto na grande maioria são muito ricos em biotita e hornblenda, principalmente em suas bordas. Constata-se , nesses casos, que os piroxênios estão parcialmente transformados em biotita vermelha (40%) e em hornblenda marrom (10% - 20%). Os plagioclásios não estão alterados, embora, raramente, note-se a presença de pequenos grãos de microclínio pertítico e de algumas mirmequitas. Os opacos estão também em parte transformados em biotita. Enquanto as porções não-biotitizadas desses resistatos plotam conjuntamente com as bandas de granulitos básicos, no diagrama da figura 6 suas porções biotitizadas aparecem completamente deslocadas situando-se no campo sedimentar do mesmo diagrama. No que concerne aos elementos Al, Fe e Mg, tanto os resistatos biotitizados quanto os não-biotitizados se situam conjuntamente com as bandas de granulitos básicos no mesmo campo de lavas basálticas toleíticas (Fig. 7). A mudança de posição na figura 6 é, portanto, interpretada como produto de metassomatose potássica sobre resistatos originais de granulitos básicos, podendo-se assim admitir que, em termos da composição maior desses resistatos, a modificação principal diz respeito à entrada de potássio nos mesmos, modificando parcialmente sua paragênese metamórfica inicial. Por outro lado, conforme revela o diagrama da figura 8, os elevados teores de Rb dos resistatos potassificados (em torno de 160 ppm), quando comparados com aqueles das bandas de granulitos básicos das zonas fracamente migmatíticas (aproximadamente 20 ppm), atestam que ao aporte de K também correspondeu à adição de Rb durante a migmatização granulítica. Em menores proporções o mesmo parece ter ocorrido para o Sr.

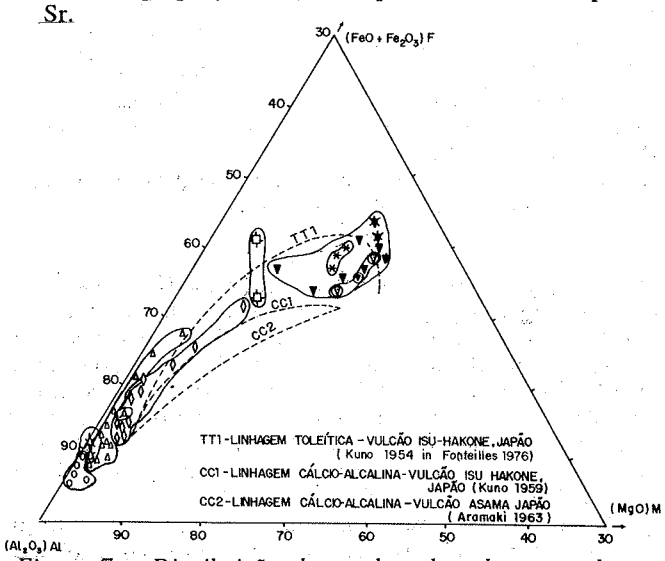


Figura 7 – Distribuição das rochas da cobertura vulcano-sedimentar dos domínios Jequié-Mutuípe e Ipiaú no diagrama triangular AlFM (símbolos como na figura 6)

Figure 7 – Distribution of rocks from the volcano-sedimentary cover of the Jequié-Mutuípe and Ipiaú domains on AlFM triangular diagram (simbols as in Figure 6)

- *"Paleossomas" charnockíticos* ocorrem sob forma de rochas mistas, heterogêneas, em função da intensidade da anatexia e da metassomatose. Em graus mais extremos dessa intensidade, a rocha se apresenta com manchas escuras arredondadas e de dimensões centimétricas, dispersas irregularmente em uma matriz grossa, verde-acinzentada. Essas pequenas manchas são resistatos de granulitos básicos potassificados que não foram completamente absorvidos pelo magma anatético intermediário que produziu os "paleossomas". Vestígios de

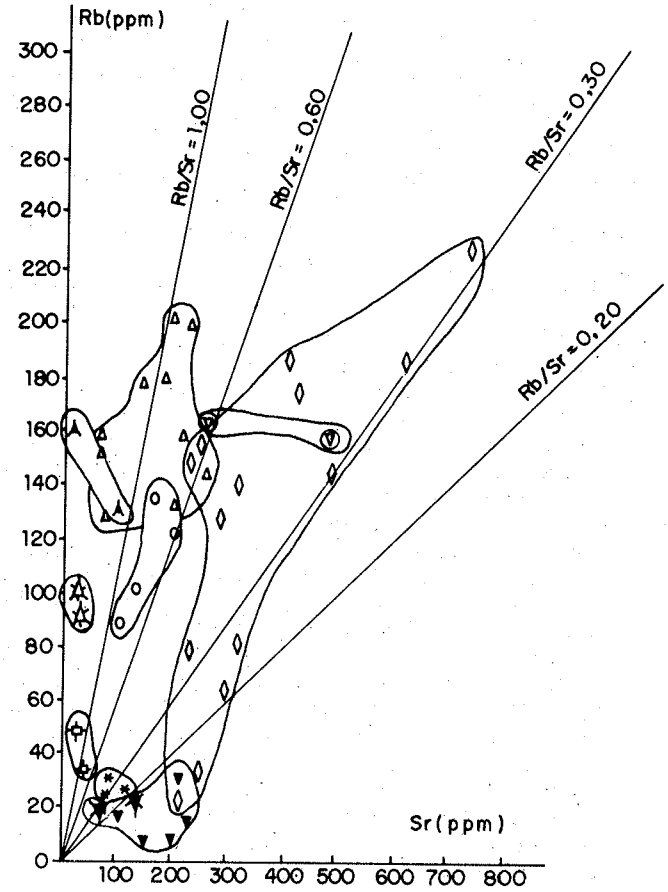


Figura 8 – Distribuição das rochas da cobertura vulcano-sedimentar dos domínios Jequié-Mutuípe e Ipiaú no diagrama Rb:Sr (símbolos como na figura 6)

Figure 8 – Distribution of rocks belonging to the volcano-sedimentary cover in the Jequié-Mutuípe and Ipiaú domains on the Rb:Sr diagram (symbols as in figure 6)

deformações anteriores são localmente observados nesta rocha. Quando a intensidade é mais extrema, a rocha apresenta cor cinza-esverdeada e textura grossa, marcada pela presença de grandes cristais xenomórficos de mesopertita e de microclínio pertítico (20% - 60%), de plagioclásio antipertítico (5% - 20%) (An 25-30), de ortopiroxênio (5% - 10%) em cristais isolados na massa quartzo-feldspática e de quartzo (5% - 20%). O clinopiroxênio, a hornblenda marrom e a biotita vermelha são raros, mas sempre em equilibrio químico e termodinâmico com o ortopiroxênio (Barbosa *op. cit.*). Nessas partes mais anatéticas, os "paleossomas" não mostram deformações. A distinção no campo e ao microscópio entre esses "paleossomas" e as rochas ácidas plutônicas charnockíticas é em geral difícil, principalmente quando estas últimas estão pouco deformadas. Contudo, a comparação geoquímica entre essas rochas permite observar claras diferenças. As rochas enderbíticas, charno-enderbíticas e charnockíticas (Figs. 2, 3 e 4) mostram, quase sempre, uma forte regularidade na distribuição de seus pontos enquanto os "paleossomas", assim como as outras rochas de cobertura, apresentam forte dispersão (Figs. 6, 7 e 8). Isso reflete o fato de que, enquanto as rochas plutônicas constituem uma linhagem magmática diferenciada, as rochas de cobertura representam, sob forma metamórfica e anatética, um conjunto muito variado de materiais diversos de natureza original sedimentar e vulcânica. Admite-se que esses "paleossomas" se formaram por processos de fusão parcial que afetaram as bandas de material quartzo-feldspático e, também, as bandas de granulitos básicos. O produto dessa fusão parcial no ambiente granulítico foi um magma anatético do tipo charnockítico. Aliás, como pode ser verificado na figura 6, os "paleossomas" charnockíticos se situam no campo ígneo. Ademais, eles ocupam na figura 7 as posições intermediárias entre as amostras de bandas de material quartzo-feldspático e as de bandas de granulitos básicos, atestando, este fato, serem eles produto da mistura desses materiais por anatexia de alto grau.

- *Neossomas* fazendo parte dos migmatitos granulíticos, estas rochas se apresentam sob forma de um conjunto de veios que cortam os "paleossomas" charnockíticos e, às vezes, os resistados de granulitos. Elas são claras, relativamente homogêneas e não apresentam deformações. Na paragênese metamórfica primária observa-se mesopertita e/ou microclínio pertítico (50% - 60%), plagioclásio antipertítico (An 25-30) em quantidades variáveis (5% - 10%), quartzo (25% - 30%) e raros cristais de ortopiroxênio, hornblenda e biotita. A ilmenita e o zircão também estão presentes como minerais acessórios. Na figura 6, os neossomas se dispersam entre os campos sedimentar e ígneo. Entretanto, enquanto os pontos dos neossomas que representam um material quartzo-feldspático mais fundido se situam sobretudo no campo ígneo, aqueles representantivos das zonas pouco migmatizadas se concentram no campo sedimentar. No diagrama AlFM (Fig. 7), as amostras representativas dos neossomas se situam mais próximas do pólo alumínio. Esta distribuição reflete a mineralogia dessas rochas: elas quase não possuem opacos e os minerais ferromagnesianos são raros enquanto a mesopertita e o quartzo são abundantes.

Ainda na massa desses migmatitos são encontrados, em ocorrências restritas, granitos claros com granada, sobretudo em associação com bandas aluminosas kinzigíticas, e quartzitos com granada e ortopiroxênio. Estes últimos, embora ocorram nas zonas fortemente migmatíticas, mantêm ainda preservadas muitas de suas características, provavelmente em função do caráter refratário dessas rochas às altas temperaturas.

- *Granitos cláros com granada* Estas rochas ocorrem nas zonas fortemente migmatizadas da cobertura supracrustal do domínio Jequié-Mutuípe e são geralmente de cor cinza-clara, formando corpos irregulares, de tamanhos variáveis (métricos e hectométricos). Possuem uma textura granular média a grossa e em geral não são deformadas, embora algumas vezes mostrem uma tênue foliação que pode, segundo o caso, ser um testemunho de deformações anteriores, preservadas na fácies granulito, ou resultar de deformações associadas aos estágios retrometamórficos. A paragênese metamórfica principal é mesopertita e microclínio pertítico (60% - 70%), quartzo (10% - 20%) e almandina (5%) euédrica a subeuédrica. O plagioclásio antipertítico e o ortopiroxênio são raros. Minerais opacos são encontrados de modo esporádico. Esses granitos têm relação Na_2O/K_2O média igual a 0,83, comparáveis a granitos do tipo S (Hine *et al.* 1978) e provavelmente também derivaram da anatexia na fácies granulito. No gráfico da figura 6 essas rochas se localizam no domínio ígneo. Nos diagramas AlFM os pontos que lhes representam situam-se ainda mais próximos do pólo alumínio do que os neossomas (Fig. 7), sugerindo, talvez, uma evolução magmática de um para o outro tipo de rocha.

- *Kinzigitos* são encontrados quase sempre no contato entre as rochas plutônicas enderbíticas, charno-enderbíticas e charnockíticas e às rochas supracrustais. Esta distribuição pode indicar que eles faziam parte das rochas de base da

cobertura (Fig. 1). Eles formam bandas alternadas, avermelhadas, de espessura variável (5-30 cm), intercaladas com bandas quartzo-feldspáticas com granada e bandas de granulitos básicos. Os kinzigitos são compostos de granada (35%), quartzo (30%), plagioclásio (15%), cordierita (10%) e biotita (5%). A sillimanita é rara e a pirita, apatita, zircão e grafita são os minerais acessórios mais comuns. Essas rochas resultaram provavelmente da granulitização e, às vezes, da migmatização de alto grau de camadas de pelitos. Verifica-se que os pontos representativos dessas rochas se situam no campo sedimentar da figura 6. A mineralogia dessas rochas é um reflexo da composição química: elas chegam a conter mais de 40% de granada quando os teores de ferro total (FeO e Fe_2O_3) e Al_2O_3 são superiores a 15% e 16%, respectivamente. Quando os teores em alumina são maiores que 16%, a sillimanita também aparece na paragênese metamórfica primária, isto denunciando que as condições de temperatura e pressão do metamorfismo da região foram relativamente homogêneas (Barbosa & Fonteilles 1986, Barbosa *op. cit.*).

- *Quartzitos com granada e ortopiroxênio* no domínio Jequié-Mutuípe, a sul da cidade da Irajubá, ocorrem duas elevações subparalelas, constituídas essencialmente de quartzitos que se estendem por aproximadamente 10 km de oeste para leste (Fig. 1). Essas elevações correspondem ao flanco invertido de grandes dobras recumbentes, de vergência de leste para oeste, reflexo da primeira fase de deformação que atingiu a região (Barbosa *op. cit.*). Estas rochas, quando pouco intemperizadas, têm uma cor verde-clara e uma textura fina. Compõem-se predominantemente de níveis de quartzitos e contêm estreitos níveis (5-10 cm) de material básico intercalados. Essas rochas, no geral, apresentam uma foliação penetrativa marcada pela presença de granada vermelha e de ortopiroxênio verde-escuro. Elas têm uma paragênese metamórfica constituída de 70% - 90% de quartzo xenomórfico, 5% - 10% de almandina subeuédrica com inclusões de plagioclásio, ortopiroxênio, quartzo e biotita, 1% - 5% de plagioclásio (An 50) e raros cristais de ortopiroxênio e biotita. O mineral opaco predominate é a pirita. Os pontos representativos das amostras de quartzitos com granada e ortopiroxênio se situam no campo sedimentar do diagrama da figura 6. As composições química e mineralógica das partes quartzosas dessas rochas indicam que elas são provavelmente produto do metamorfismo de sedimentos silicosos, tipo *chert*, com algumas impurezas argilosas. O ortopiroxênio, presente em níveis milimétricos paralelos à foliação, pode ter sido originado do metamorfismo granulítico de material básico provavelmente do tipo tufo.

DOMÍNIO DE IPIAÚ Este domínio situa-se no centro da região estudada. De forma triangular, ele é orientado NNE-SSW, sendo limitado a oeste pela Falha de Teolândia e, a leste, pela isógrada que separa as fácies anfibolito e granulito do metamorfismo progressivo da região (Fig. 1).

Rochas supracrustais metamorfizadas na fácies anfibolito As rochas deste domínio estão metamorfizadas na fácies anfibolito de alto grau. Elas estão representadas principalmente por gnaisses constituídos de bandas de anfibolitos (0,30-1,00 m) intercaladas com bandas de material quartzo-feldspático (0,34-4,00 m), morfolgicamente seme-semelhantes às intercalações de bandas básicas e félsicas das zonas fracamente migmatizadas da fácies granulito (domínio Jequié-Mutuípe).

- *Bandas de anfibolito* apresentam uma textura granular média, marcada pela presença de grandes cristais de hornblenda orientados segundo a foliação. São compostas de plagioclásio (45%) (An 25-30), hornblenda verde a verde-azulada (40%), clinopiroxênio (5% - 10%) e quartzo (1% - 5%). Opacos e apatita são os minerais acessórios mais comuns. No diagrama de Garrels & Makenzie (*op. cit.*) constata-se que esses anfibolitos se agrupam no domínio das rochas ígneas, superpondo-se com as bandas de granulitos básicos das zonas fracamente migmatíticas do domínio Jequié-Mutuípe (Fig. 6). Esta semelhança composicional sugere que todas essas rochas correspondem a materiais inicialmente idênticos (basaltos toleíticos), metamorfizados a graus diferentes e, por decorrência, atesta que o metamorfismo granulítico praticamente não modificou a concentração dos elementos Na, K e Al. No diagrama AlFM da figura 7 constata-se também que os anfibolitos se situam aproximadamente sobre o campo das bandas de granulitos básicos e todas essas rochas se concentram no campo dos basaltos toleíticos (Kuno 1954 *in* Fonteilles 1976). Outro fato observado é que os anfibolitos possuem mais ou menos os mesmos teores em Rb e Sr que os das bandas de granulitos básicos (Fig. 8). Essas constatações confirmam, por um lado, as conclusões precedentes em relação à imobilidade do Al e, por outro, que os elementos Fe, Mg, Rb e Sr não foram modificados durante o metamorfismo de alto grau que atingiu os protólitos de basaltos toleíticos situados tanto nas áreas fracamente migmatíticas da fácies granulito (domínio Jequié-Mutuípe) quanto nas áreas da fácies anfibolito (domínio de Ipiaú). Por estudos semelhantes verificou-se também que Ca, Mn, P, V, Cr, Ni, Co, Cu, Zr, Y e Nb foram praticamente inertes durante o metamorfismo que atingiu essas áreas (Barbosa *op. cit*). Como mostramos anteriormente, exceção é feita às áreas fortemente migmatíticas em que K, Rb e Sr tiveram comportamento móvel.

- *Bandas de material quartzo-feldspático* Essas rochas félsicas, gnáissicas, do domínio de Ipiaú, são foliadas e, em geral, apresentam uma textura fina a média, embora às vezes mostrem uma textura grossa, gráfica, de quartzo e feldspato potássico. Remobilizações posteriores são observadas sob a forma de pequenos veios quartzo-feldspáticos secantes ou paralelos à foliação. Essas rochas são compostas sobretudo de quartzo (60%) e microclínio, às vezes pertítico (35%). O plagioclásio é raro e observado em pequenos cristais sericitizados. Os minerais opacos são igualmente raros. Essas bandas félsicas, quartzo-feldspáticas, têm uma química relativamente constante de uma banda a outra e um modo de ocorrência parecido com o das bandas quartzo-feldspáticas das zonas fracamente migmatizadas do domínio Jequié-Mutuípe descritos anteriormente. Nessas rochas félsicas da fácies anfibolito, os contatos entre os grãos de quartzo e microclínio são amebóides e as mirmequitas abundantes, levando a admitir que elas foram parcialmente fundidas, depois completamente recristalizadas na fácies anfibolito, pois, como no caso das bandas félsicas da fácies granulito, não se observa mais qualquer vestígio de estruturas primárias preservadas. Como foi feito para as bandas quartzo-feldspáticas situadas na fácies granulito (Barbosa, *op. cit.*), comparou-se igualmente essas bandas quartzo-feldspáticas da fácies anfibolito com sedimentos arcosianos (Fig. 9). Apesar de sua semelhança química com os arcósios feldspáticos, as mesmas argumentações usadas para as bandas félsicas da fácies granulito tornam essas rochas da fácies anfibolito também passíveis de serem consideradas como prováveis metatufos de composição riolítica (Barbosa *op. cit.*). Observa-se também na figura 6 que o campo correspondente às rochas quartzo-feldspáticas de fácies anfibolito (domínio de Ipiaú) se situa próximo àquele das rochas quartzo-feldspáticas de fácies granulito (domínio Jequié-Mutuípe), o que novamente indica que o

metamorfismo da região não promoveu modificações importantes nas abundâncias de Na, K e, sobretudo, Al. Em relação ao Fe e Mg (Fig. 7) e a outros elementos maiores e traço, não há também grandes modificações em seus teores (Barbosa *op. cit.*).

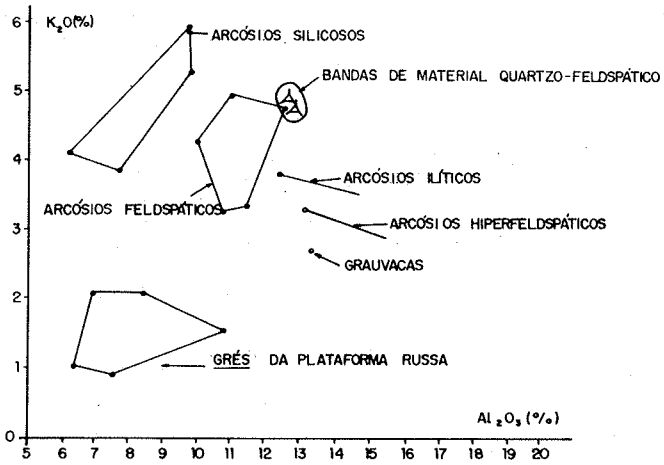


Figura 9 – Comparação das bandas quartzo-feldspáticas do domínio de Ipiaú com algumas rochas sedimentares
Figure 9 – Comparison between quartz-feldspathic bands from the Ipiaú domain and some sedimentary rocks

DOMÍNIO DA COSTA ATLÂNTICA Este domínio abrange parte do denominado Bloco Itabuna (Oliveira *et al. op. cit.*, Delhal & Demaiffe *op. cit.*, Iyer *et al.* 1987) ou *mobile belt* da Costa Atlântica (Costa & Mascarenhas *op. cit.*). Semelhante aos enderbitos, charno-enderbitos e charnockitos do domínio Jequié-Mutuípe, as rochas deste domínio são muito difíceis de ser separadas no mapeamento geológico. Elas são muito homogêneas, invariavelmente de cor cinza-esverdeada, e apresentam quase sempre uma textura fina. Só com a ajuda da geoquímica de rocha foi possível reconhecer os protólitos e, assim, separar três principais grupos de rochas de características petroquímicas distintas, diferentes das rochas dos outros dois domínios descritos anteriormente (Fig. 1).

Granulitos básicos ricos em biotita Estas rochas se situam na porção oeste do domínio da Costa Atlântica (Fig. 1) e se diferenciam das outras pela presença de grande quantidade de biotita. Em geral dispersas na massa da rocha, as lamelas de biotita são às vezes orientadas paralelamente à foliação vertical da segunda fase tectônica que predomina neste domínio (Costa & Mascarenhas *op. cit.*, Barbosa *op. cit.*). Os granulitos básicos são constituídos de plagioclásio (50%) fortemente antipertítico, ortopiroxênio (15%), clinopiroxênio (15%) e biotita vermelha (15% - 20%), esta última em equilíbrio químico e termodinâmico como ortopiroxênio (Barbosa *op. cit.*). Quartzo, apatita, zircão e ilmenita são os minerais acessórios mais comuns.

Análises químicas desses granulitos se situam no domínio dos andesitos shoshoníticos do diagrama de Ewart (1982) (Fig. 10). Embora de natureza básica, possuem elevados teores em potássio, o que explica, na paragênese metamórfica primária, a grande quantidade de plagioclásio antipertítico e de biotita. Eles são saturados em SiO_2 (50%), apresentam teor de TiO_2 menor que 1,3%, são ricos em álcalis, Na_2O (3,0%) e K_2O (4,5%), em P_2O_5 (0,8%), em Rb (226 ppm), em Sr (1.100 ppm) e em Ba (3.500 ppm). Todas essas características geoquímicas confirmam sua semelhança com outras rochas shoshoníticas encontradas no mundo (Joplin 1968, Pecerillo & Taylor 1976, Morrison 1980, Tauson 1983, Pearce 1983, Nardi & Lima 1985) e, provavelmente, derivaram de um magma potássio com tendência cálcio-alcalina diferente do magma cálcio-alcalino do qual se formaram as rochas descritas a seguir.

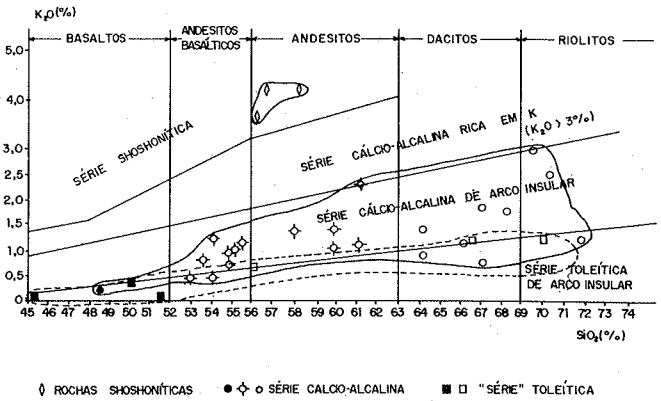


Figura 10 – Distribuição das rochas shoshoníticas, da série cálcio-alcalina e da "série" toleítica do domínio da Costa Atlântica no diagrama de Ewart (1982)
Figure 10 – Distribution of shoshonitic rocks from the calc-alkaline series and the tholeiitic "series" of the Costa Atlântica domain on Ewart (1982) diagram

Granulitos básicos e intermediários Estas rochas, de cor verde-escura, granulação fina e muito homogêneas, são predominantes no domínio da Costa Atlântica (Fig. 1). Elas se encontram fortemente cisalhadas no estado dúctil, o que resulta no desenvolvimento de uma textura francamente gnáissica, materializada por bandas milimétricas a centimétricas, claras (plagioclásio predominando sobre o piroxênios) alternando-se com bandas escuras (piroxênios abundantes). Exibem textura isogranular com os contornos entre os grãos mais ou menos retos. Bons exemplos de textura poligonal são observados nessas rochas.

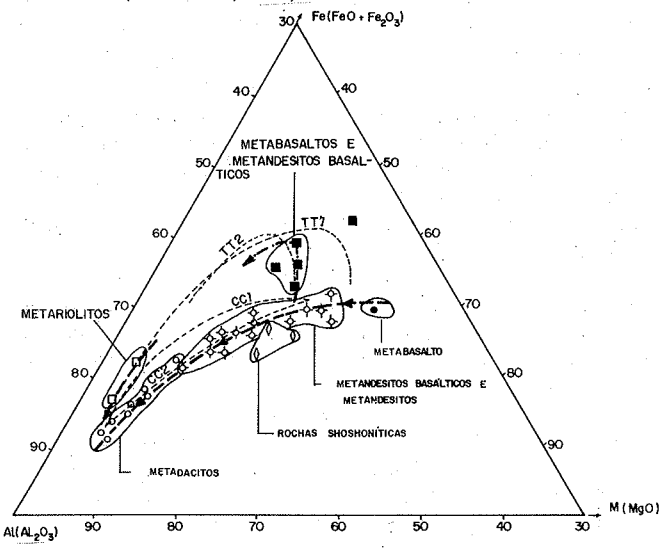
Os granulitos básicos são compostos essencialmente de plagioclásio (50%) e ortopiroxênio-clinopiroxênio (40%), sendo a biotita vermelha e a hornblenda marrom-esverdeada pouco freqüentes. Os granulitos intermediários se diferenciam dos básicos pela porcentagem mais elevada de plagioclásio, de antipertita, de quartzo, de opacos e pela menor quantidade de piroxênios. Eles são isentos de hornblenda mas a mirmequita aparece em algumas lâminas delgadas.

Nas zonas deste domínio da Costa Atlântica, onde ocorrem os granulitos básicos e intermediários de textura fina, encontram-se afloramentos de granulitos, também básicos e intermediários, mas de textura grossa comparável àquelas das rochas plutônicas, ainda visíveis, apesar das deformações associadas ao metamorfismo. Nesses casos, notam-se grandes cristais de plagioclásio e de piroxênio (0,5-1,0 cm). Os porfiroclastos de piroxênios são às vezes zonados, possuem maior quantidade de lamelas de exsolução do que os piroxênios dos granulitos de textura fina e, algumas vezes, englobam cristais euédricos de plagioclásio. Notam-se também nessas rochas de textura grossa minúsculos cristais de plagioclásio (An 40-44) ao lado dos cristais maiores (An 55).

Como pode ser observado na figura 10, a maioria dos pontos das amostras dessas rochas é bem distribuída no diagrama e se situa entre as retas que delimitam o campo da série cálcio-alcalina do tipo arco insular. Constatam-se, para a maioria dessas amostras, variações regulares de composição dos metabasaltos e metandesitos basálticos (granulitos básicos) (48%-56% SiO_2 e 0,3%-1,3% K_2O) aos metandesitos e metadacitos (granulitos intermediários) (57%-69% SiO_2 e 1,4%-2,4% K_2O), estes últimos efetivamente mais ricos em quartzo. Nota-se ainda a raridade das composições basálticas e riolíticas e maior abundância das composições andesíticas-basálticas e andesíticas, fato que é também observado em séries cálcio-alcalinas recentes tipo arco insular (Kuno

1959, Arakami 1963, Wada 1981) ou margem continental ativa (Deruelle 1979).

No diagrama triangular AlFM (Fig. 11) pode-se verificar mais claramente o caráter cálcio-alcalino, co-magmático, desses granulitos básicos e intermediários, visto que a grande maioria dos pontos representativos dessas amostras é bem alinhada, com uma distribuição regular e contínua sobre o *trend* CC2 da série cálcio-alcalina recente do tipo arco insular do vulcão Azama, Japão (Aramaki 1963). Os termos mais básicos (metabasaltos) desta série granulitizada, por serem mais ricos em Fe e Mg, exibem maior abundância de ortopiroxênios. Os termos mais intermediários (metadacitos), com menores teores desses elementos, mostram de forma correspondente, menor porcentagem modal de ortopiroxênios. O Ca tem também um comportamento similar a esses elementos, compatível com as séries cálcio-alcalinas mais comuns. Ainda em relação ao Ca a química mineral mostrou que os raros metabasaltos desta série possuem plagioclásio do tipo bytownita enquanto os metandesitos detêm maior quantidade desse mineral com composições mais próximas da labradorita (Barbosa *op. cit.*).



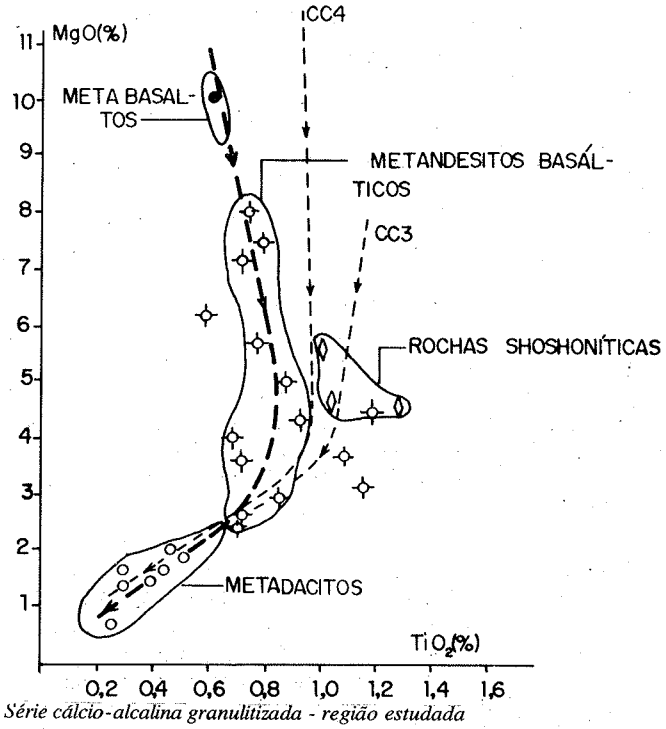
TT2 Linhagem toleítica-Ilha Tonga-N. Zelandia (Ewart et al. *1973)*
Série cálcio-alcalina – região estudada
Série toleítica – região estudada

Figura 11 – Distribuição das rochas shoshoníticas e das séries cálcio-alcalina e toleítica granulitizadas do domínio da Costa Atlântica no diagrama AlFM (TT1, CC1 e CC2, idênticas à figura 7) (símbolos como na figura 10)

Figure 11 – Distribution of shoshonitic rocks and the calc-alkaline and tholeiitic granulitized rock series of the Costa Atlântica domain the AlFM diagram (TT1, CC1 and CC2 equal to figure 7) (symbols as in figure 10)

No diagrama da figura 12, verifica-se que o titânio mostra comportamento algo incompatível, persistindo no líquido durante a evolução magmática da série até a cristalização dos termos metandesíticos. Nesta etapa da evolução, ele se torna compatível e entra na ilmenita, mineral efetivamente mais abundante nessas últimas rochas que nos metadacitos, os quais representam as etapas finais da diferenciação. Os pontos que se situam na parte convexa da curva de evolução do líquido representam análises químicas de rochas com textura grossa descritas anteriormente e que podem ser interpretadas como cumulatos desta série cálcio-alcalina granulitizada.

O estudo dos elementos-traços nessas rochas cálcio-alcalinas não conduz a resultados tão claros como aqueles dos elementos maiores. Em geral, os pontos representativos das amostras são mais dispersos nos diagramas de discriminação geoquímica. Entretanto, se utilizadas somente as amostras mais representativas do líquido, isto é, as situadas mais corretamente sobre a curva de diferenciação, pode-se obter uma organização razoável, que é relacionada com a diferenciação magmática original, pré-metamorfismo granulítico. No diagrama Rb:Sr (Fig. 13), por exemplo, nota-se uma certa dispersão dos pontos representativos das amostras, mas existe um *trend* do conjunto que se assemelha àquele da linhagem cálcio-alcalina do Chile (Deruelle *op. cit.*).



Série cálcio-alcalina granulitizada - região estudada
CC3 – Série cálcio-alcalina de margem ativa do Chile (Deruelle 1979)
CC4 – Rochas básicas de Assignan e Cassagnes, França (Fonteilles 1976)

Figura 12 – Distribuição das rochas shoshoníticas e da série cálcio-alcalina granulitizadas do domínio da Costa Atlântica no diagrama MgO:TiO2

Figure 12 – Distribution of shoshonitic rocks and the calc-alkaline granulitized rock series of the Costa Atlântica domain on the MgO:TiO_2 diagram

A relação Rb/Sr é relativamente constante, dos metabasaltos aos metandesitos, entretanto nos metadacitos ela aumenta consideravelmente. De fato, neste último grupo é grande a quantidade de plagioclásio antipertítico. Ainda em relação ao estudo dos elementos-traços, Pearce & Cann (1973), utilizando Ti, Zr e Y, elaboraram um diagrama triangular com a definição de quatro campos geoquímicos (Fig. 14). Neste diagrama, os pontos representativos de quatro amostras de metandesitos basálticos se situam sobre o campo C e B, o que reforça o caráter cálcio-alcalino dessas rochas.

Granulitos básicos com granada e granulitos ácidos Estas rochas se localizam na parte mais a leste do domínio da Costa Atlântica (Fig. 1). São de cor verde-escura, textura fina e apresentam as mesmas feições deformacionais que as rochas cálcio-alcalinas anteriores.

Os granulitos básicos apresentam uma paragênese metamórfica constituída por palgioclásio (50%), ortopiroxênio (20%), clinopiroxênio (20%) e granada (2%), com bordos irregulares, relacionados a fenômenos de retrometamorfose que provocaram a formação de coroas reacionais simplectíticas, de plagioclásio e ortopiroxênio vermicular (Barbosa *op. cit.*). A biotita, a hornblenda e o quartzo são raros. A ilmenita e o zircão formam os minerais acessórios. Os granulitos ácidos se caracterizam principalmente pela presença de quartzo azulado, estirado segundo a foliação. O plagioclásio, às vezes

antipertítico, é o mais abundante. A proporção de ortopiroxênio (10%-15%) é inferior à dos granulitos básicos com granada, entretanto a quantidade de quartzo (20%) e de opacos é maior. Verifica-se às vezes uma certa quantidade de mesopertita.

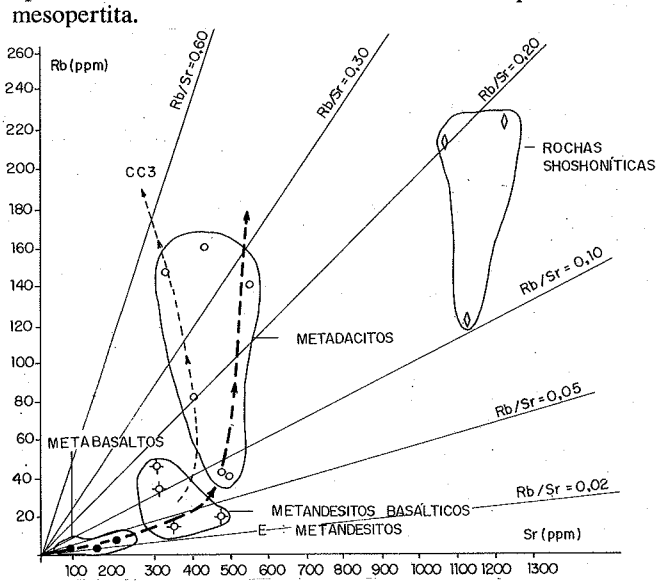


Figura 13 – Distribuição das rochas shoshoníticas e da série cálcio-alcalina granulitizadas do domínio da Costa Atlântica no diagrama Rb:Sr (CC3 como na figura 12) (símbolos como na figura 10)

Figure 13 – Distribution of shoshonitic rocks and the calc-alkaline granulitized rock series of the Costa Atlântica domain on the Rb:Sr diagram (CC3 equal to figure 12) (symbols as in figure 10)

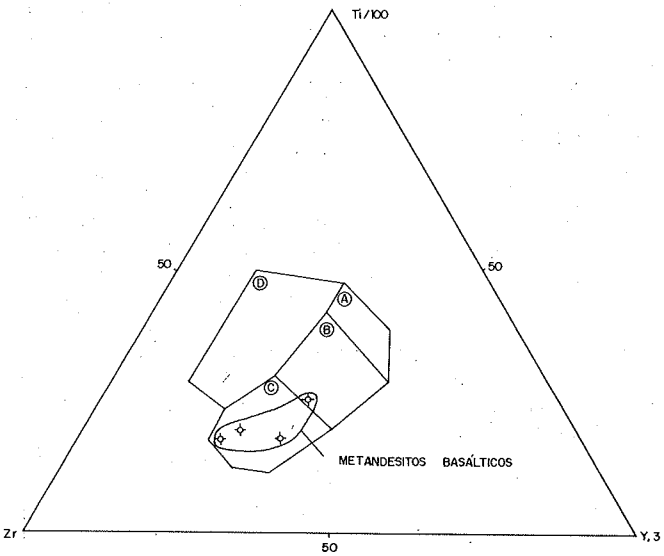


Figura 14 – Metandesitos basálticos da série cálcio-alcalina granulitizada do domínio da Costa Atlântica. **A** *e* **B.** *basaltos toleíticos de arcos insulares;* **B.** *basaltos de fundo oceânico;* **C** *e* **B.** *basaltos cálcio-alcalinos de arcos ou de margens continentais ativas; e* **D.** *basaltos de ilhas oceânicas e basaltos continentais*

Figure 14 – Basaltic meta-andesites from the calc-alkaline granulitized rocks series of the Costa Atlântica domain. A and B. tholeiitic basalts from islands arcs; B. basalts from oceanfloors; B and C. calc-alkaline basalts from islands arcs or continental active margins; D. basalts from oceanic islands and continental basalts

Em função das grandes espessuras de solo e da escassez de afloramentos, as rochas desta parte do domínio da Costa Atlântica foram menos amostradas e, portanto, sua caracterização geoquímica não é ainda tão clara como a série cálcio-alcalina precedente. Entretanto, os estudos petroquímicos das amostras existentes mostraram que elas são os correspondentes granulitizados de metabasaltos, metandesitos basálticos e metariólitos de uma provável "série" toleítica também do tipo arco de ilhas ou margem ativa. Assim, no diagrama da figura 10, observa-se que os pontos representativos de análises químicas dos granulitos básicos com granada e dos granulitos ácidos se distribuem no campo da série toleítica pobre em potássio. Verifica-se também maior concentração dessas amostras no domínio dos metabasaltos e metandesitos basálticos (granulitos básicos com granada) e dos metarriólitos (granulitos ácidos)

O diagrama AlFM permite também caracterizar os protólitos dessas rochas granulíticas. Como referência, utilizaram-se as séries toleíticas recentes de arco insular do vulcão Izu, Hakone, Japão (TT1) (Kuno 1954 in Fonteilles 1976) e das ilhas Tonga, Nova Zelândia (TT2) (Ewart *et al.* 1973) (Fig. 11). Nota-se que, apesar da falta dos termos intermediários (metandesitos), fenômeno normal nas séries toleíticas, os pontos representativos dos metabasaltos, metandesitos basálticos e metarriólitos se distribuem regularmente segundo um alinhamento semelhante àquele das séries toleíticas recentes utilizadas como referência.

As rochas em estudo foram igualmente examinadas no contexto do diagrama Mg:Ti. Verifica-se que sua linhagem toleítica tem uma forma semelhante à da série toleítica de arco insular (TT2) das ilhas Tonga usada como referência (Fig. 15).

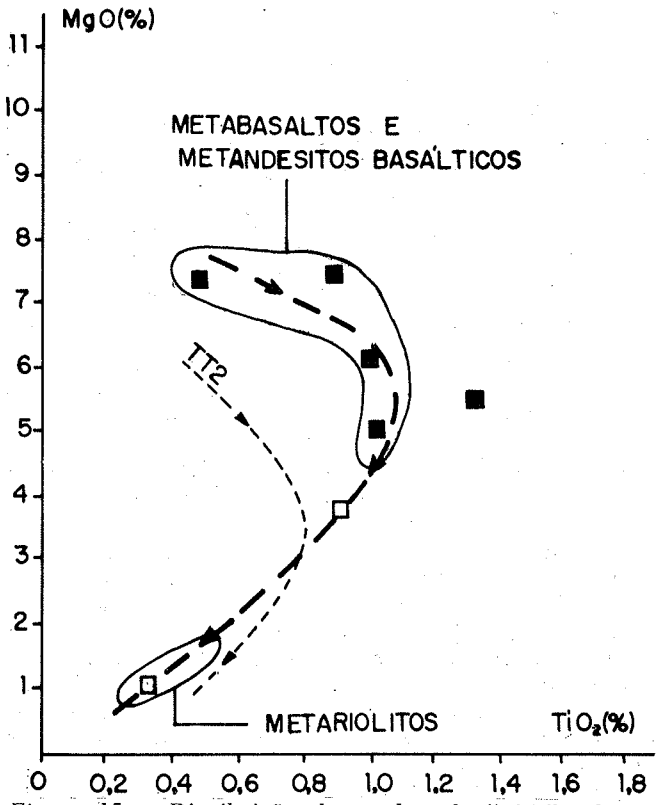


Figura 15 – Distribuição das rochas da "série" toleítica granulitizada do domínio da Costa Atlântica no diagrama MgO: TiO_2 (TT2 como na figura 11)

Figure 15 – Distribution of rocks from the tholeiitic granulitized rock "series" of the Costa Atlântica domain on the MgO:TiO_2 (TT2 as in figure 11) diagram

O estudo dos elementos terras-raras em algumas amostras selecionadas foi importante para confirmar o caráter cálcio-alcalino e toleítico do tipo arco insultar das rochas granulíticas do Domínio da Costa Atlântica. De uma maneira geral, as lavas basálticas e metandesíticas basálticas das séries

cálcio-alcalinas de arcos insulares são mais ricas em elementos terras-raras leves, com os teores variando de aproximadamente de 20 a 50 vezes do condrito, e mais pobres em elementos terras-raras pesadas, com valores variando de 50 à 20 vezes os condritos (Masuda 1968). Por sua vez, as lavas basálticas e metandesíticas basálticas das séries toleíticas de arcos insulares têm teores de terras-raras normalizados aos condritos, mais constantes que as anteriores. Nos diagramas, elas apresentam um aspecto aproximadamente horizontal. Essas rochas têm teores de terra-raras variando de aproximadamente 5 (termos mais básicos) a 15-20 (termos mais ácidos) do condrito (Jakes & Gill 1970, Ewart *et al. op. cit.*).

Duas amostras de metandesitos basálticos da série cálcio-alcalina granulitizada do domínio da Costa Atântica têm teores de elementos terras-raras semelhantes àqueles descritos por Masuda (*op. cit.*). Observa-se que os padrões dessas rochas são caracterizados por uma riqueza relativa de terras-raras leves e se situam no campo das séries cálcio-alcalinas de arcos insulares recentes. Elas apresentam uma anomalia positiva de européio, que pode ser indicativa de uma certa taxa de acumulação de plagioclásios (Fig. 16). O padrão de amostra de mentandesito basáltico, da considerada série toleítica granulitizada do domínio da Costa Atlântica, tem uma forma mais plana que as amostras das rochas cálcio-alcalinas e situa-se no campo das séries toleíticas de arco insular recente, apesar do fraco enriquecimento de terras-raras leves (Fig. 16).

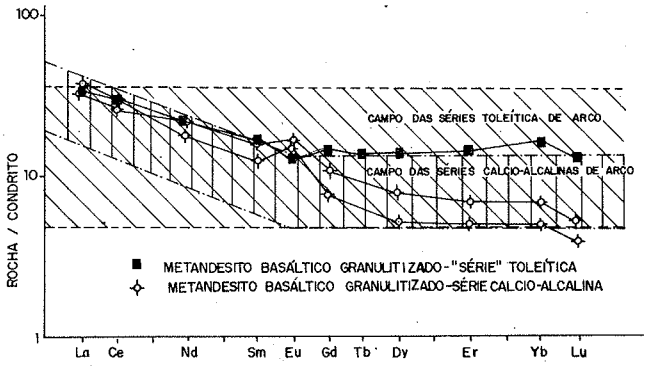


Figura 16 – Padrões de terras-raras de rochas das séries cálcio-alcalina e toleítica granulitizadas do domínio da Costa Atlântica

Figure 16 – Patterns of REE of rocks belonging to the calc-alkaline and the tholeiitic granulitized series of the Costa Atlântica domain

DISCUSSÕES No domínio Jequié-Mutuípe constatou-se a existência de uma série de rochas plutônicas, enderbíticas, charno-enderbíticas e charnockíticas, co-magmáticas. Esta série se comporta diferentemente da maioria das séries de granitos mais comuns da crosta superior, o que é corroborado pela falta de evidências petrográficas, em suas rochas, de que ela tenha "passado" pelo estágio de granito, antes da granulitização, como, por exemplo, reações de transformações de anfibólio ou biotita em ortopiroxênio. Evidências existem de que as rochas plutônicas podem ter sido intrusivas nas supracrustais, em ambiente correspondente ao fácies granulito mas antes do pico metamórfico, pois temperaturas magmáticas foram encontradas nos centros de duplas de opx-cpx com suas bordas reequilibradas pela granulitização (Barbosa *op. cit.*). Estas últimas evidências, contudo, não excluem a possibilidade de os enderbitos-charnockitos terem sido o embasamento das supracrustais, de alto grau e reequilibrado pelo metamorfismo granulítico da região (Barbosa *op. cit.*).

Adjacente às rochas plutônicas ocorre uma extensa cobertura vulcano-sedimentar. A maior parte dessas supracrustais se encontra fortemente migmatizada na fácies granulito, embora ocorram áreas onde a migmatização de alto grau foi praticamente inexistente. Nessas últimas, verifica-se a presença de bandas básicas, centimétricas a métricas, intercaladas com bandas de material quartzo-feldspático, ambas granulitizadas. Os estudos de geoquímica de rocha indicam que os primeiros foram basaltos toleíticos antes da granulitização. A identificação da natureza original do material quartzo-feldspático mostrou-se mais problemática. Essas bandas félsicas têm composição química que se assemelha tanto a arcósios feldspáticos quanto a tufos riolíticos (Barbosa *op. cit.*). Possuem teores de SiO_2 constantes longitudinal e transversalmente as suas direções principais e são de espessuras muito regulares por longas distâncias. Essas características não são comumente encontradas em arcósios, mas são freqüentes em tufos vulcânicos ácidos (Fonteilles *op. cit.*). Diante desses fatos, preferiu-se considerar essas bandas como prováveis tufos riolíticos que foram deformados, parcialmente fundidos e, em seguida, completamente recristalizados durante a granulitização, pois não mais se observa qualquer vestígio de estruturas antigas preservadas.

Nas áreas fortemente migmatizadas, essas intercalações sofreram transformações e interações por meio de fenômenos de fusão parcial, metassomatose e anatexia, dando lugar aos migmatitos granulíticos. Estes são constituídos de resistatos das bandas básicas anteriores, potassificados e imersos numa massa heterogênea anatética, de "paleossoma" charnockítico e neossoma quartzo-feldspático.

A comparação geoquímica das bandas de granulitos básicos das áreas isentas de migmatização com os resistatos de granulitos básicos potassificados, encontrados nos migmatitos, permitiu constatar que nos últimos houve mobilidade não só do K mas também do Rb e Sr, porém em pequena escala. Por sua vez, Fe, Mg, Al e também Mn, Ti, Na e Zr permaneceram praticamente inertes durante os processos migmatíticos de alto grau (Barbosa *op. cit.*).

Como discutiu Barbosa (*op. cit.*), a mobilidade dos elementos Rb e Sr nos migmatitos provavelmente foi responsável pela homogeneização do sistema isotópico Rb/Sr dessas rochas, provocando rejuvenescimento e apagando a maior parte das idades geocronológicas anteriores a 2,7 Ga dos protólitos. Esta idade – encontrada largamente no domínio Jequié-Mutuípe e definida por Cordani (*op. cit.*), Cordani & Iyer (*op. cit.*), Costa & Mascarenhas (*op. cit.*) e Iyer *et al.* (1987) – deve ser relacionada ao metamorfismo granulítico e correspondente ao Ciclo Geotectônico Jequié do Arqueano Superior (Cordani *op.cit.*). As poucas datações radiométricas Rb/Sr de 3,2 Ga, obtidas por Costa & Mascarenhas (*op. cit.*), nas supracrustais fortemente migmatizadas (Barbosa, *op. cit.*) podem estar relacionadas aos protólitos dessas rochas ou a um ciclo geotectônico anterior, que não foi completamente rejuvenescido pela migmatização granulítica. A influência desta última no rejuvenescimento isotópico, no entanto, só poderá ser mais bem esclarecida com trabalhos posteriores mais detalhados utilizando-se não só o método Rb/Sr, mas também outros métodos radiométricos, aplicados sobre rochas de mesma composição encontradas tanto nas zonas isentas de migmatização como naquelas fortemente migmatizadas.

A propósito, as idades Rb/Sr de 2,0 Ga e U/Pb em zircões de 2,4 Ga encontradas por Costa & Mascarenhas (*op. cit.*) e Delhal & Demaiffe (*op. cit.*), respectivamente, estão relacionadas a corpos intrusivos restritos de granitos, ricos em biotita, que penetraram e metassomatizaram os granulitos desse domínio. Essas instruções podem ter ocorrido em uma fase retrógrada do metamorfismo regional, em ambiente da fácies anfibolito (Barbosa *op. cit.*), ou podem estar ligadas a um ciclo geotectônico mais jovem.

No domínio de Ipiaú, situado no centro da região, são encontradas rochas vulcano-sedimentares semelhantes às do domínio Jequié-Mutuípe. A única diferença é que as primeiras

se encontram metamorfizadas na fácies anfibolito e as últimas, na fácies granulito. Os estudos petroquímicos aplicados a rochas de mesma composição química, localizadas tanto na fácies anfibolito quanto na granulito, permitiram compreender melhor o comportamento móvel e/ou inerte dos elementos químicos durante o metamorfismo, além de ajudar a definir a isógrada da hornblenda que caracteriza a passagem entre essas duas fácies metamórficas. A mineralogia derivada da recristalização dos protólitos de basaltos toleíticos primários, por exemplo, foi modificada entre as duas fácies, mas sua composição química continuou praticamente inalterada. Isto, vale salientar, em relação aos elementos examinados, ou sejam: Na, K, Al, Mg, Ca, Fe, Mn, P, V, Cr, Ni, Co, Cu, Zr, Y, Nb, Rb e Sr. Portanto, no contexto específico dos anfibolitos do domínio de Ipiaú e de seus correspondentes básicos granulitizados do domínio de Jequié-Mutuípe, o metamorfismo progressivo da região pode ser classificado como isoquímico. Exceções são feitas às áreas fortemente migmatíticas onde houve mobilidade de K, Rb e Sr.

Sighinolfi (1970, 1971), realizando estudos geoquímicos na região, afirma que os granulitos foram empobrecidos nos elementos químicos Li e Rb e enriquecidos em Sr, Ba e provavelmente em Zr, isto em comparação com outros terrenos granulíticos que apresentam a mesma composição andesítica. Ele considera que os valores encontrados para as razões K/Rb (626) confirmam essas interpretações e as mudanças químicas nessas rochas seriam devidas aos fluidos de desidratação que, durante o metamorfismo, teriam levado certos elementos para as partes mais superficiais deste segmento crustal. Sighinolfi & Sakai (*op. cit.*) também concluíram que o urânio foi "depletado" durante o metamorfismo, o que produziu um aumento da relação Th/U nos granulitos. Posteriormente, Sighinolfi *et al.* (*op. cit.*) mostram que as rochas granulíticas são *undepleted* em relação a U e Cs mas enriquecidas em Rb, Y, Zr, Nb, Ba e em elementos terras-raras quando comparadas com rochas de outras áreas granulíticas. Neste trabalho eles discutem três possibilidades para explicar o enriquecimento anômalo desses elementos e parecem dar preferência àquela que se refere à existência de um metamorfismo "retrógrado", provocado pela entrada de fluidos ricos nesses elementos, provenientes de rochas hidratadas provavelmente da fácies anfibolito, que teriam sido colocadas, por grandes falhas de empurrão, sob rochas desidratadas da fácies granulito. Isso teria ocasionado, segundo esses autores, a introdução anormal de elementos nos granulitos.

Como discutiu Barbosa (*op. cit.*), na época da realização desses trabalhos de Sighinolfi (1970, 1971), Sighinolfi & Sakai (*op. cit.*) e Sighinolfi *et al.* (1981), a cartografia geológica da região não era suficientemente desenvolvida a ponto de impedir possíveis misturas na coleta de amostras entre os diversos tipos de granulitos, principalmente aqueles de composições mais ácidas. A propósito, mostra-se no presente trabalho que é muito difícil, por exemplo, a distinção no campo entre os "paleossomas" charnockíticos e os charnockitos de origem plutônica. A separação dessas rochas só foi possível com o mapeamento geológico acompanhado de trabalhos sistemáticos de geoquímica de rocha e, sobretudo, de estudos petrológicos, utilizando-se, também, informações de química mineral (Barbosa *op. cit.*). Assim, as interpretações geoquímicas baseadas em médias analíticas gerais, desacompanhadas da necessária identificação e separação dos diversos litotipos existentes na região, não são convincentes nem poderiam servir de elementos de comparação com outros terrenos granulíticos. Ressalta-se neste trabalho que os resultados obtidos sobre a mobilidade do K, Rb e Sr não foram conseguidos por comparações com outras áreas granulíticas mas cotejando-se rochas supracrustais das áreas fortemente migmatíticas com aqueles isentas de migmatização.

Em adição, e especificamente em relação a Sighinolfi *et al.* (1981), até o momento não foram identificadas na região grandes falhas de empurrão com ângulos baixos como sugere aquele trabalho. Na área a sul da cidade de Irajuba verifica-se que as dobras deitadas da primeira fase de deformação dúctil (Costa & Mascarenhas *op. cit.*) possuem vergências para oeste (Barbosa *op. cit.*) e, efetivamente, colocaram rochas plutônicas enderbíticas-charnockíticas sobre as rochas da cobertura vulcano-sedimentar (Fig. 1). No entanto, o intenso estudo petrográfico desenvolvido no presente trabalho, e principalmente em Barbosa (*op. cit.*), não evidenciou quaisquer vestígios de graus metamórficos inferiores ao granulítico nas supracrustais dessa área específica. Evidência nenhuma também existe contrária a que esse dobramento deitado tenha ocorrido com toda a pilha já granulitizada. Ademais, caso as supracrustais tivessem efetivamente sido desidratadas e, por esse meio, liberado Rb, Y, Zr, Nb, Ba, e ETR para os granulitos plutônicos adjacentes, seria muita coincidência esses mesmos elementos virem a produzir quadros composicionais típicos de processos de diferenciação magmática, como os *trends* definidos aqui e em Barbosa (*op. cit.*) para os granulitos plutônicos, utilizando, entre outros, Rb, Zr e Ba.

Como se refere Barbosa (*op. cit.*), resultados semelhantes aos do presente trabalho e antagônicos aos de Sighinolfi (*op. cit.*), Sighinolfi & Sakai (*op. cit.*) e Sighinolfi *et al.* (*op. cit.*) foram obtidos por Iyer *et al.* (*op. cit.*), que mostram, por exemplo, os valores das razões Th/U variarem em função das quantidades relativas dos minerais acessórios apatita e zircão, não se relacionando com a mobilidade desses elementos devida ao metamorfismo.

No domínio da Costa Altântica, as rochas foram submetidas ao mesmo tipo de metamorfismo granulítico do domínio Jequié-Mutuípe. Entretanto, a migmatização de alto grau é praticamente inexistente, provavelmente porque predominam vulcanitos granulitizados, de composição básica e intermediária, pobres em sílica e, com algumas exceções, também em potássio. A mobilidade dos elementos se mostrou praticamente nula, o que permitiu identificar com mais segurança os protólitos. Assim, neste domínio, foram encontrados de oeste para leste: *i.* granulitos básicos ricos em biotita, que são os representantes metamorfizados de rochas shoshoníticas; *ii.* granulitos básicos e intermediários, que são os produtos metamórficos de uma série cálcio-alcalina completa, composta de basaltos, andesitos basálticos, andesitos e dacitos; e *iii.* granulitos básicos com granada e granulitos ácidos, que são provavelmente derivados da granulitização de uma "série" toleítica pretérita, incompleta, provavelmente de natureza bimodal, constituída de basaltos e riólitos com andesitos basálticos subsidiários.

As séries cálcio-alcalina e toleítica granulitizadas da região foram comparadas por Barbosa (*op. cit.*) com as lavas arqueanas do Abitibi Belt, Canadá (Condie 1982). Em relação aos elementos maiores, embora suas linhagens sejam semelhantes, verificou-se que os membros menos diferenciados dessas últimas, tanto cálcio-alcalinos como toleíticos, diferem desses mesmos membros das séries do domínio da Costa Atlântica. Os membros mais diferenciadas de ambos os locais, no entanto, têm composições químicas próximas. Por sua vez, praticamente todos os membros das séries granulitizadas deste domínio são parecidos com as linhagens cálcio-alcalinas e toleíticas de rochas da região de Assignam e Cassagnes, França (Fonteilles 1976) do Proterozóico Superior e exibem um quadro composicional semelhante sobretudo àquele encontrado em lavas cálcio-alcalinas e toleíticas de arcos de ilha ou de margens continentais ativas, fanerozóicos, do tipo Japão (Kuno 1954 in Fonteilles 1976, Kuno 1959, Aramaki 1963), Ilhas Tonga, Nova Zelândia (Ewart *et al. op. cit.*) e Chile (Deruelle 1979).

Assim, do ponto de vista petroquímico, os protólitos das rochas granulíticas do domínio da Costa Atlântica se

assemelham a rochas de arcos de ilhas recentes ou de margem continental ativa. Ademais, a disposição espacial desses protólitos (rochas shoshoníticas do lado oeste, gradando para uma série cálcio-alcalina e toleítica pobre em K, do lado leste, além de corroborar essa semelhança, sugere a existência de uma zona de subducção no contexto deste domínio com mergulho para oeste. Entretanto, embora os estudos petroquímicos e a disposição espacial desses protólitos suportem esta hipótese, ela é contestada pelos dados estruturais e metamórficos conseguidos até o momento. Por um lado, as grandes dobras recumbentes identificadas sobretudo no domínio Jequié-Mutuípe (possível protocontinente?) exibem, contraditoriamente, vergência também para oeste (Barbosa *op. cit.*). Por outro lado, o metamorfismo granulítico da região é homogêneo e do tipo alta T (850-900 °C) e baixa P (4-5 kbar) (Barbosa & Fonteilles 1986, Barbosa *op. cit.*) não tendo sido encontrado ainda qualquer vestígio de rochas metamórficas de baixa T e alta P. Dobras recumbentes com vergências contrárias em cada placa e cinturões metamórficos adjacentes de alta T-baixa P e baixa T-alta P são encontradas em zonas de subducção recentes e constituem ao lado da polaridade do K, crescente em direção ao continente, evidências para a identificação de zonas de subducção. A última evidência é constatada na região, entretanto às duas primeiras só estudos posteriores mais detalhados poderão, talvez, vir a identificá-las.

O quadro geocronológico do domínio da Costa Atlântica se mostra ainda controvertido. As primeiras datações radiométricas (método Rb/Sr), realizadas sem o necessário controle geológico regional, metamórfico e petroquímico, até porque muitos destes eram anexistentes na época, não conseguiram produzir isócronas confiáveis. As amostras utilizadas eram em geral muito pobres em potássio e, conseqüentemente, em rubídio, a ponto de se tornarem inapropriadas. As rochas shoshoníticas definidas por Barbosa (*op. cit.*) e muito mais adequadas para esses fins eram ainda desconhecidas.

Por outro lado, trabalhos de datação desenvolvidos fora deste domínio, nas proximidades da cidade de Itabuna, produziram idades de 2,0 e 2,3 Ga pelo método Rb/Sr (Cordani & Iyer *op. cit.*) e 2,1 e 2,13 Ga pelo método U/Pb em zircões (Delhal & Demaiffe *op. cit.*). Embora esses trabalhos não apresentem dados de controle de cartografia geológica, metamorfismo e petroquímica, que por si só podem comprometer a confiabilidade dos dados produzidos, e em que pese não incluírem rochas do domínio da Costa Atlântica, seus autores admitem que todo o denominado Bloco Itabuna (Oliveira *et al.* 1982), que para eles inclui as rochas deste domínio, sofreu influência de uma orogênese mais nova relacionada ao Ciclo Transamazônico (Cordani *op. cit.*). Seguindo este raciocínio e considerando que as rochas datadas eram granulitos, Iyer *et al.* (*op. cit.*) sugerem ter havido pelo menos dois eventos metamórficos granulíticos – Jequié (2, 7 Ga) e Itabuna (2, 0 Ga) – na região em estudo. Entretanto algumas conclusões obtidas no presente trabalho e, principalmente, em Barbosa & Fonteilles (*op. cit.*) e Barbosa (*op. cit.*) contrariam essas postulações.

Conforme discutiram estes últimos autores, o metamorfismo que atingiu a região possui caráter largamente homogêneo. Esta homogeneidade é constatada não só pelo generalizado equilíbrio termodinâmico com um mesmo Kd de 0,58 encontrado em todas as duplas de opx-cpx examinadas, tanto em granulitos do domínio Jequié-Mutuípe como no domínio da Costa Atlântica, bem como pelos resultados geotermométricos e geobarométricos exibidos por essas rochas, com pequena ou mínima divergência. Ademais, nenhum vestígio de natureza petrográfica, petroquímica, deformacional ou termodinâmica que evidencie mais de um evento metamórfico granulítico foi detectado nessas rochas. Biotita, mineral presumivelmente secundario para Cordani & Iyer (*op. cit.*) nos granulitos máficos por eles datados, é fase metamórfica primária nas rochas do domínio da Costa Atlântica conforme atestam seu generalizado equilíbrio termodinâmico com os pares opx-cpx e a disposição de suas lamelas, paralela aos planos axiais das dobras da última fase dúctil que atingiu a região. Esta fase ocorreu antes do pico metamórfico responsável pelo equilíbrio termodinâmico citado. Essas evidências parecem, a um só tempo, não apenas impedir considerações envolvendo mais de um evento metamórfico granulítico, senão, ao contrário, impor a existência de um único evento de granulitização na região. Tendo em vista que este evento afetou tanto o domínio da Costa Atlântica quanto o de Jequié-Mutuípe e considerando que neste último ele foi responsável pela produção de migmatidos datados de 2,7 Ga (Barbosa *op. cit.*, segundo dados de Costa & Mascarenhas 1982), esta parece ser a idade mais razoável à luz do quadro geocronológico atualmente disponível, para o metamorfismo do domínio da Costa Atlântica, sendo suas rochas portanto, provavelmente, mais antigas que 2,7 Ga (Barbosa *op. cit.*).

Entretanto, o presente trabalho reconhece que, a fim de resolver os diferentes problemas interpretativos ainda existentes no que diz respeito à geocronologia, é necessário empreender novas datações radiométricas na região levando contudo em consideração: *i.* a petrogênese das rochas, conduzindo a uma amostragem sistematizada de espécimens de co-geneticidade comprovada; *ii.* a evolução metamórfica progressiva e regressiva, configurada em termos de equilíbrios termodinâmicos de paragêneses minerais e de imobilidade/inércia de elementos ao longo desses processos; e *iii.* a possibilidade de aplicação superposta dos diferentes métodos geocronológicos existentes.

CONCLUSÕES Com base sobretudo nos estudos petroquímicos foi possível estabelecer o seguinte quadro relativo à natureza original dos protólitos das rochas metamórficas que constituem a área em estudo.

A série de rochas plutônicas encontrada no domínio Jequié-Mutuípe (enderbitos, charno-enderbitos e charnockitos) é co-magmática e oriunda de um magma de tendência cálcio-alcalina. As rochas anortosíticas ali presentes são provavelmente intrusivas naquela série e derivaram de um magma toleítico. Todas estão deformadas e reequilibradas na fácies granulito.

A seqüência de rochas supracrustais, também do domínio Jequié-Mutuípe, é deformada e freqüentemente migmatizada na fácies granulito segundo graus variados. As zonas fracamente migmatizadas ou isentas de migmatização são compostas de bandas de granulitos básicos, definidos neste trabalho como basaltos toleíticos, intercaladas com bandas quartzo-feldspáticas aqui definidas como prováveis tufos ácidos. As zonas fortemente migmatizadas, constituídas de resistatos potassificados das bandas básicas, imersos numa massa pouco a não deformada de "paleossoma" charnockítico e neossoma quartzo-feldspático, formaram-se onde as temperaturas e pressões de fluidos do metamorfismo foram suficientemente elevadas, por processos de fusão parcial, metassomatismo e anatexia, sobre as bandas básicas e quartzo-feldspáticas que constituem as zonas fracamente ou não migmatizadas. Corpos graníticos claros com granada do tipo S, também pouco a não deformados, penetram o conjunto paleossoma-neossoma, parecendo indicar que as elevadas temperaturas metamórficas foram mantidas mesmo após a paralisação das deformações.

Ainda fazem parte dessa seqüência supracrustal formações ferríferas bandadas, rochas cálcio-silicáticas, kinzigitos e quartzitos com granada e ortopiroxênio, estes dois últimos grupos aqui sugeridos como provenientes do metamorfismo granulítico de pelitos e de *cherts* argilosos com finas intercalações de prováveis tufos básicos.

A seqüência supracrustal do domínio de Ipiaú não foi migmatizada, está equilibrada na fácies anfibolito e exibe as mesmas deformações presentes nas rochas do domínio Jequié-Mutuípe. Ela se compõe essencialmente de intercalações de bandas quartzo-feldspáticas com bandas anfibolíticas, cujas composições químicas, praticamente idênticas às das bandas correspondentes do domínio Jequié-Mutuípe, sugerem tratar-se originalmente, também, de tufos ácidos e basaltos toleíticos, respectivamente.

A seqüência supracrustal do domínio da Costa Atlântica é constituída de granulitos básicos ricos em biotita, granulitos básicos e intermediários, além de granulitos básicos com granada e granulitos ácidos que aqui foram definidos como rochas shoshoníticas, rochas de uma série cálcio-alcalina bem desenvolvida (basaltos, andesitos basálticos, andesitos e dacitos) e rochas de uma "série" toleítica (basaltos e riólitos), cujas composições químicas e disposição espacial se assemelham àquelas encontradas em arcos de ilha recentes ou em margem continental ativa.

O metamorfismo regional progressivo nesta área foi relativamente homogêneo, de baixa pressão e alta temperatura (Barbosa & Fonteilles *op. cit.* Barbosa *op. cit.*), tendo equilibrado na fácies granulito as rochas que atualmente constituem os domínios Jequié-Mutuípe e o da Costa Atlântica. O segmento do domínio de Ipiaú, situado acima da isógrada de transição anfibolito-granulito quando deste evento metamórfico, foi colocado tectonicamente no mesmo nível de exposição dos outros domínios.

Comparação geoquímica entre anfibolito-granulito resultante de mesmo protólito revela ter esta transição metamórfica sido processada, no geral, em regime isoquímico, para a grande maioria dos elementos, excetuando-se K, Rb e Sr, aparentemente mobilizados, ainda que em pequena escala, nas zonas fortemente migmatizadas.

Agradecimentos Os autores externam seus agradecimentos ao Prof. Abílio C.S.P. Bittencourt, pela colaboração na revisão do texto, e principalmente ao Prof. Umberto R. Costa, pela ajuda também na revisão do texto, na preparação do *abstract* e nas valiosas discussões e sugestões sobre o tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAKAMI, S. 1963. Geology of Asama Volcano. *J. Fac. Sci. Uni. Tokio,* Sec. 2, **14**:229-443.

BARBOSA, J.S.F. 1986. *Constitution lithologique et metamorphique de la région granulitique du sud de Bahia, Brésil.* (Tese de Doutoramento, Universidade Paris VI) nº ordem 86-34.

BARBOSA, J.S.F. & FONTEILLES, M. 1986. Examen critique des resultats fournis par certains baromètres couramment utilisés en terrains granulitiques. Exemples des granulitiques de Bahia (Brésil) et du Massif de l'Agly (France). *Bull. Mineral.,* **109**:359-376.

BHATTACHARYYA, C. 1971. An evaluation of the chemical distinctions between igneous and metamorphic orthopyroxenes. *Am. Miner.,* **56**:499-506.

BROWN, G.C. 1981. Space and time in granite plutonism. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.,* **A301**:321-336.

CONDIE, K.C. 1982. Archean, andesites. In: THORPE, R.S. ed. *Andesites,* Londres, John Wiley & Sons. p. 577-589.

COOLINGS, W.J.; BEAMS, S.D.; WHITE, A.J.R.; CHAPPELL, B.W. 1982. Nature and origin ofA-type granite with paticular reference to southeasern Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.,* **80**:189-200.

CORDANI, U.G. 1973. Evolução geológica pré-cambriana da faixa costeira do Brasil, entre Salvador e Vitória. (Tese de Livre-Docência, USP).

CORDANI, U.G. & IYER, S.S. 1979. Geocronoligical investigation on the precambrian granulite terrain of Bahia, Brazil. *Prec. Rés.* **9**:255-274.

COSTA, L.A.M. da & MASCARENHAS, J.F. 1982, The high-grade metamorphic terrains in the interval Mutuípe-Jequié: Archean and Lower Proterozoic of east-central Bahia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHEAN AND EARLY PROTEROZOIC GEOLOGIC EVOLUTION AND METALLOGENESIS, Salvador, 1982, p. 19-37.

DELHAL, J. & DEMAIFFE, D. 1985. U-Pb Archean geochronology of the São Francisco Craton (Eastern Brazil). *Rev. Bras. Geoc.,* **15**:55-60.

DERUELLE, B. 1979. Pétrologie d'un volcanisme de marge active: Atacama et Andes Méridionales. (Tese de Doutoramento, Universidade Paris Sul-Orsay).

DUCHESNE, J.C. 1971. Le repport Sr/Ca dans les plagioclases du Massif de Bjerkrem-Sogndal (Norvège Meridionale) et son evolution dans la cristallisation fractionnée du magma plagioclasique. *Chem. Geol.,* **8**:123-130.

DUCHESNE, J.C. 1972. Iron-titanium oxide minerals in the Bjerkrem-Sogndal Massif, South-Western Norway. *J. Petrol.,* **13**:57-81.

DUCHESNE, J.C. 1978. Quantitative modeling of Sr, Ca, Pb, and K in the Bjerkrem-Sogndal layered lopolith (S.W. Norway). *Contrib. Mineral. Petrol.,* **66**:175-184.

EWART, A.; BRYAN, W.B.; GILL, J.B. 1973. Mineralogy and geochemistry of the younger volcanic island of Tonga, S.W. Pacific. *J. Petrol.,* **14**:429-465.

EWART, A. 1982. The mineralogy and petrology of tertiary-recent orogenic vulcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. In: THORPE, R.S. ed. *Andesites.* London, John Wiley & Sons. p. 27-94.

FONTEILLES, M. 1976. Essai d'interprétation des compositions chimiques des roches d'origine metamorphique et migmatique du massif hercynien de l'Agly (Pyrénées orientales). (Tese de Doutoramento, Universidade Paris VI) nº ordem. AO-11675.

GARRELS, L.M. & MACKENZIE, F. T. 1971. *Evolution of sedimentary rocks.* New York, Norton Inc. 307 p.

GOLDSCHMIDT, V.M. 1922. Stammestippen der Eruptivgesteine. *Mat. Naturv.,* **10**:3-12.

HINE, R.; WILLIAMS, I.S.; CHAMPPEL, B.W.; WHITE, A.J.R. 1978. Contrasts between I and S type granitoid of the Kosciusko Batholith. *J. Geol. Soc. Australia,* **25**:219-234.

IYER, S.S.; CHOUDHURI, A.; VASCONCELLOS, M.B.A.; CORDANI, U.G. 1984. Radioactive element distribution in the Archean granulite terrane of Jequié, Bahia, Brazil. *Contrib. Mineral. Petrol.,* **85**:95-101.

IYER, S.S.; CHOUDHURI, A.; CORDANI, U.G. 1987. Granulite facies rocks of Brazil: a review of their geologic setting, geochronological evolution, petrographic and geochemical characteristics. *J. Geological Society of India,* **29**:309-326.

JAKES, P. & GILL, J. 1970. Rare-earth elements and the island arc tholeiitic series. *E.P.S.L.,* **9**:17-28.

JOPLIN, G.A. 1968. The shoshonite association: a review. *J. Geol. Soc. Australia,* **15**:275-294.

KUNO, H. 1959. Origin of cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas. *Bull. Volcanol. Naples,* 20(2):37-76.

LA ROCHE, H. de. 1968. Comportement geochimique différentiel du Na et K dans les formations vulcaniques et sedimentaires: un guide pour l'étude des formations metamorphiques et plutoniques. *C.R. Acad. Sci. Paris.,* serie D, **267**:39-42.

LIMA, M.I.C. de; FONSECA, E.G. da; ELSON, P. de O.; GHIGNONE, J.I.; ROCHA, R.M.; CARMO, U.F. do C.; SILVA, J.M.R. da; SIGA JUNIOR, O. 1982. Levatamento de Recursos Naturais, Folha SD-24 Salvador. Rio de Janeiro, Projeto Radambrasil. 620 p. (Relatório 24).

MAQUIL, R. & DUCHESNE, J. C. 1984. Geothermometrie pour les pyroxenes et mise en place du massif anorthositique d'Egersund-Ogna (Rogaland, Norvège Meridionale). *Anales de la Sociéte Geologique de Belgique,* **107**:27-43.

MASCARENHAS, J. F. 1973. A geologia do centro-leste do Estado da Bahia. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28, Aracaju, 1973. *Anais...* Aracaju, SBG. v. 2, p. 35-66.

MASUDA, A. 1968. Geochemistry of lanthanides in basalts of central Japan, *E.P.S.L.,* **4**:284-292.

MIRANDA, L.L.F. de; SOARES, J.V.; MORAES, A.M.V. de. 1982. Geologia da região da Ubaíra-Santa Inês. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG. v. 1, p. 246-259.

MIRANDA, L.L.F. de; SOARES, S.V.; CRUZ, M.J.M.; MORAIS, A.M.V. 1985. *Projeto Ubaíra-Santa Inês.* SME/CBPM, Salvador. (Rel. Final, v. 1).

MORRISON, G.W. 1980. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock associations. *Lithos,* **13**:97-108.

NARDI, L.V.S. & LIMA, E.F. DE 1985. A associação shoshonítica de Lavras do Sul, RS. *Rev. Bras. Geoc.,* 15(2):139-146.

NESBIT, W.H. 1980. Genesis of the Mine Quebec and Adirondack granulites: evidence for their production by partial melting. *Contrib. Mineral.Petrol.,* **72**:303-310.

OLIVEIRA, E.P. de & LIMA, M.I.C. de. 1982. Aspectos petrográficos das rochas granulíticas do Complexo de Jequié e estimativas das condições físicas do metamorfismo. In: CONGR. BRAS. GEOL.

32, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG v. 2, 589-602.
OLIVEIRA, E.P. de; LIMA, M.I.C. de; CARMO; U.F. do; WERNICK, E. 1982. The Archean granulite terrain from east, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, **12**(1-3):356-368.
PEARCE, J.A. 1983. Role of the sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: HAWKESWORTH, C.J. & NORRY, W. J. eds. *Continental basalts and mantle xenoliths.* Londres, Shiva U.K. p. 230-250.
PEARCE, J.A. & CANN, J.R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using elements analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, **19**:290-300.
PECERILLO, A. & TAYLOR, S.R. 1976. Geochemistry of Eocene calco-alkaline volcanicc rocks from the Kastomonu Area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **58**:63-81.
PLIMER, I.R. 1983. *The geology of tin and tungsten deposits.* Course Handbook, Institute of Mieralogy and Petrology Mining University, Leaben, Osterreich.
SEIXAS, S.R.M.; MARINHO, M.M.; MORAES, F.O.; AWDZIES, J.; SAMPAIO, A.R.; PEDROSA, C.S.; SANTOS, D.A.; PEDREIRA, S.G.V.V. 1975. *Projeto Bahia II.* Relatório Final. Geologia da Bacia do Rio de Contas. Texto e Mapas. Convênio DNPM/CPRM, Salvador, v. III.
SHAW, D.M. 1968. A review of K-Rb fractionation trends by covariance analysis. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **32**:573-601.
SIGHINOLFI, G.P. 1970. Investigation into the deep levels of the continental crust: petrology and chemistry of the granulite facies terrains of Bahia (Brazil). *Atti. Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem.*, Italia, série A, **77**:327-341.
SIGHINOLFI, G.P. 1971. Investigation into deep crustal levels: fractionating effects and geochemical trends related to high-grade metamorphism. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **35**:1005-1021.
SIGHINOLFI, G.P. & SAKAI, T. 1977. Uranium and thorium in archean granulite facies terrains of Bahia (Brazil). Geoch. J., **11**:33-39.
SIGHINOLFI, G.P.; FIGUERÊDO, M.C.H.; FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I.; OLIVEIRA, M.A.F. de 1981. Geochemistry and petrology of the Jequié Granulitic Complex (Brazil): an archean basement complex. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **78**:263-271.
SUBRAMANIAN, A.P. 1967. *Charnockites and granulites of southern India.* Policopie de Meddeleiser fra Dansk Geologisk Forening, Bd. 17 Hefta 4.
TARNEY, Y.J. & WINDLEY, B.F. 1977. Chemistry, thermal gradients and evolution of the lower continental crust. *J. Geol. Soc. London*, **134**:153-172.
TAUSON, L.V. 1983. Geochemistry and netallogeny of the latitc series. *Inter. Geol. Rev.*, **2**:125-135.
WADA, K. 1981. Contrasted petrological relations between tholeiitic and calc-alkalic series from Funagata Volcano, northeast Japan. *Petrol. Econ. Geol.*, **76**:215-232.
WANG KAIYI; IAN YUEHUA; YANG RUIYING; CHEN YIFEI. 1985. REE geochemistry of early precambrian charnockites and tonalitic-granodioritic gneisses of the Qianan Region, Eastern Heibei, North China. *Prec. Res.*, **27**:63-84.
WEAVER, B.L.; TARNEY, J.; WINDLEY, B.F.; SUGAVANAM, E.B.; VENKATARAO, V. 1978. Madras granulitas: Geochemistry, Londres, p. 177-204.

MANUSCRITO 525
Recebido em 26 de fevereiro de 1988
Revisão recebida em 03 de junho de 1988
Revisão aceita em 08 de junho de 1988

NOTÍCIAS

O ACORDO RBG-CONGRESSOS É REAVALIADO

Apesar da antecipada divulgação aos sócios do acordo firmado entre a Revista Brasileira de Geociências e os Congressos de 1988 para que os artigos aceitos para publicação pela RBG e inscritos naqueles eventos fossem apresentados oralmente, vários deles deixaram de ser incluídos no programa. Isso causou uma série de problemas, que levaram a um reestudo do acordo, buscando minimizar os reflexos negativos do fato e introduzir medidas para evitar que isso se repita no futuro.

O PROBLEMA

A circular que descreveu o acordo RBG-Congressos orientara os autores interessados no sistema a enviarem seus manuscritos à RBG independentemente de prazos. A inscrição nos congressos, obrigatória, seria acompanhada da necessária informação de que o trabalho final estaria em avaliação pela RBG. Não houve controle dessa manifestação, e mais tarde os resumos que não tiveram trabalhos finais recebidos pela comissão foram considerados "incompletos" pela Coordenação Temática e deixados de lado. Tornou-se inviável recuperar os dados de quais autores desejavam participar do acordo.

Houve problemas para tratar de casos isolados, diante do número elevado de resumos recebidos e mesmo o cruzamento com as listas fornecidas pela Revista em junho e julho foi incompleto. Mesmo assim, a Coordenação Temática inseriu 12 trabalhos na programação, por meio de uma errata.

Outros trabalhos foram mais tarde programados pelos coordenadores de mesas em lacunas de trabalhos não apresentados. Isso possibilitou reparar em parte os transtornos, mesmo que esta saída possa ter sido meramente paliativa.

O MÉRITO

Reconhecendo que a iniciativa é salutar e altamente benéfica para a SBG dinamizar seus eventos e melhorar a penetração das comunicações no meio técnico, os organizadores dos Congressos e a Editoria da RBG julgam ser preciso melhorar a sistemática para eventos futuros, pois a medida possibilita:

1. evitar a duplicação de matérias;
2. avaliar mais rigorosamente as comunicações e melhorar sua qualidade;
3. simplificar a editoração dos Anais.

A LIÇÃO PARA O FUTURO

Para que outros acordos similares possam ser no futuro coroados de pleno êxito, será indispensável tomar alguns cuidados operacionais que a experiência ensinou:

1. A inscrição de trabalhos para os eventos da SBG deverá seguir os esquemas tradicionais, os prazos e demais condições estabelecidos; para a RBG não há prazos prefixados;
2. Os autores que desejarem inscrever trabalhos na RBG e apresentá-los num dos eventos promovidos pela SBG devem obrigatoriamente informar os organizadores dessa intenção.
3. Findo o prazo de recebimento, por parte de um determinado evento, de trabalhos completos, a comissão organizadora irá consultar a RBG acerca dos trabalhos aceitos até aquela data, fornecendo uma lista completa de títulos e nomes de autores.
4. À RBG caberá informar no menor prazo possível quais seriam, daqueles trabalhos inscritos, os já aprovados. Poderia ser igualmente informado sobre a existência de trabalhos em fase adiantada de avaliação.
5. A programação somente poderia ser elaborada a partir desse cruzamento de dados.