

Pico do Cabugi, RN

Registro do mais jovem magmatismo continental do Brasil

SIGEP 39

Valderez Pinto Ferreira¹
Alcides Nóbrega Sial¹

O Pico do Cabugi, 7 km a oeste de Lages, Rio Grande do Norte, NE Brasil, é um dos muitos *necks* da província basáltica alcalina Terciária do Rio Grande do Norte, registrando o mais jovem (19,7 Ma) magmatismo continental do Brasil. Consiste de ankaratritos, basanitos e olivina-basaltos com afinidades basaníticas ou toleíticas, sendo composto principalmente de olivina, titanoaugita, minerais de óxido de ferro, plagioclásio, apatita e vidro ocasional. Nódulos de espinélio lherzolito, ainda que pequenos, são inclusões comuns, sendo compostos de olivina, ortopiroxênio, cromo-diopsídio e espinélio. Os basaltos são moderadamente a fortemente subsaturados em sílica, SiO₂ variando de 39% a 45%, com quase todas as amostras sendo nefelina-normativas, e exibindo concentrações altas de alguns elementos incompatíveis, como Ti, K, Sr, e Ba. Dois nódulos mostram razões iniciais Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ de 0,70575 e 0,7042, mais altas que aquelas dos basaltos hospedeiros, interpretadas como uma fonte única para os magmas basálticos ou fontes mais homogêneas que a porção do manto litosférico acima que proveu a suite de nódulos. Estes resultados revelam uma heterogeneidade isotópica e um enriquecimento em Sr⁸⁷ no manto do nordeste do Brasil. Valores de rocha total de δ O¹⁸ para basaltos desta suite estão entre +6,7 e 7,7‰_{SMOW}, e os valores para piroxênios dos nódulos variam de +6,5 a +7,2‰_{SMOW}, atestando que esses valores são primários. O posicionamento desta suite basáltica Terciária está relacionado ou a um reajuste interno dentro da placa Sul-americana, durante seu deslocamento para oeste, ou a um alívio de pressão de zonas arqueadas formadas no Mesozóico Superior durante a abertura do Oceano Atlântico sul.

The Cabugi Peak, State of Rio Grande do Norte - The record of the youngest continental magmatism of Brazil

The Cabugi Peak, 7 km west of Lages, State of Rio Grande do Norte, NE Brazil, is one of the many necks in the Tertiary alkalic basaltic province of Rio Grande do Norte. It records the youngest (19.7 Ma) continental magmatism in Brazil. It consists of ankaratrites, basanites and olivine-basalts with basanitic or tholeiitic affinities, mainly composed of olivine, titanogaugite, iron oxide minerals, plagioclase, apatite and occasional glass. Spinel lherzolite nodules, although small, are common inclusions, composed of olivine, orthopyroxene, chrome diopside and spinel. The basalts are moderately to strongly silica undersaturated, SiO₂ contents varying from 39% to 45%, with almost all samples being nepheline-normative, and exhibit high concentrations of some incompatible elements such as Ti, K, Sr, and Ba. Two nodules show initial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr values of 0.70575 and 0.7042, higher than those for the host basalts, interpreted as a single source for the basaltic magmas or sources more homogeneous than the portion of the lithospheric mantle above it that provided the nodule suite. These results reveal isotopic heterogeneity and

⁸⁷Sr-enrichment in the mantle of the northeastern Brazil. Whole rock δ ¹⁸O values for basalts of this suite vary from +6.7 to +7.9‰_{SMOW}, and values for pyroxenes from nodules vary from +6.5 to +7.2‰_{SMOW}, confirming that these are primary oxygen isotope values. The emplacement of this Tertiary basaltic suite is related either to internal readjustments within the South American plate during its westward displacement, or to the Tertiary pressure release of arched zones formed in the Upper Mesozoic during the opening of the South Atlantic ocean.

INTRODUÇÃO

A suite vulcânica Terciária do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, é composta de ankaratritos, basanitos e olivina basaltos com afinidades basaníticas ou toleiticas. Essas rochas ocorrem como *plugs*, *necks*, diques e derrames que cortam um embasamento Proterozóico ou rochas sedimentares Cretácicas, em um alinhamento N-S que se estende por cerca de 120 km com uma largura média de 25 km (Sial, 1976).

O Pico do Cabugi (conhecido também como Serrote da Itaretama, que significa “região de muitas pedras” em Tupi) é um dos muitos *necks* desta suite, sendo aquele no qual uma forma em cone bem desenvolvida está melhor preservada na região (Sial, 1976) (Figura 1). O Pico se eleva a cerca de 500m acima do nível na planície, sendo um dos pontos mais elevados do Rio Grande do Norte. Ele registra o mais novo (19,7 Ma, Cordani, 1970) magmatismo continental no Brasil.

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E GEOLÓGICA

A suite basáltica alcalina Terciária ocorre principalmente concentrada no Rio Grande do Norte, mas há algumas ocorrências na Paraíba e uma em Pernambuco. O Pico do Cabugi localiza-se a 7 km a oeste da cidade de Lajes, no vale dos rios Assu e Piranhas, cerca de 120 km de Natal, capital do Rio

Grande do Norte; o centro de seu pico tendo coordenadas 36°19'24"W e 05°42'17"S. O acesso ao Pico pode ser feito a partir de Natal pela rodovia BR 304, totalmente asfaltada (Figura 2). O Pico é facilmente visto da estrada uma vez que se eleva bem acima do nível regional, com suas rochas negras formando um cone típico, bem desenvolvido. Faz parte das elevações que constituem o divisor de águas entre as bacias dos rios Ceará-Mirim e Salgado, afluente do rio Assu, pela sua margem direita. O Pico está localizado no sertão, estando seu talus coberto por uma vegetação rala, de baixo porte, típica de clima quente e seco. Os basaltos alcalinos do Pico Cabugi cortam gnaisses Paleoproterozóicos do Complexo Caicó.

GEOLOGIA

Histórico

Uma das primeiras citações sobre a existência do Pico do Cabugi foi feita por Moraes (1920), que reconheceu o pico como um vulcão extinto. Rolff (1965) descreveu o Pico como um *neck*, e fez referência a outros *necks* similares na região. As primeiras referências sobre nódulos peridotíticos, que são relativamente abundantes no pico do Cabugi foram feitas por Leonardos & Araújo (1968) que descreveram a petrografia dos mesmos. Estudos geocronológicos em alguns dos *plugs* e *necks* desta suite alcalina foram feitos por Ebert & Brochini (1968), Cordani (1970) e Ebert

Figura 1: Vista panorâmica do Pico do Cabugi, visto da estrada Lajes-Angico, com suas rochas basálticas se elevando a cerca de 500 metros acima do nível regional. O talus do Pico é coberto por uma vegetação rala, arbustiva, típica de climas semi-áridos, quentes e secos como o do sertão nordestino.

Figure 1: Panoramic view of the Cabugi Peak, as seen from the road Lajes-Angicos, its basaltic rocks standing out around 500 m above the surrounding regional level. The talus of the Peak is covered by vegetation typical of dry and hot climate.



& Rodrigues (1973). Estudos petrográficos detalhados e petrológicos envolvendo geoquímica, inclusive química mineral, foram feitos mais tarde por diversos autores, incluindo Comin-Chiaramonti *et al.* (1986), Princivale *et al.* (1989) e Sial *et al.* (1991). O trabalho mais completo, no entanto, ainda é o de Sial (1974), que discute não apenas a origem a partir de um magma lherzolítico desses magmas basálticos alcalinos, mas também o significado tectônico do magmatismo Terciário e Paleozóico na região.

Petrografia

Nesta província Terciária, derrames e diques são na maioria olivina basaltos, enquanto que os *plugs* e *necks* são principalmente basanitos. Nos olivina basaltos sem olivina dos *plugs* e *necks*, incluindo o Pico do Cabugi, as principais fases minerais são olivina, titanogaugita, minerais óxido de ferro, plagioclásio, apatita e vidro. Olivina ocorre como grãos subédricos, tendo sofrido parcialmente reações com o líquido (Sial, 1976), sendo interpretada como sendo xenocristais, uma vez que exibem deformação, *kink bands* e extinção ondulante. Plagioclásio ocorre como palhetas compridas que incluem augita. Titanogaugita ocorre como fenocristais e também na matriz, os grãos maiores mostrando zonação em setor e estruturas em espinha-de-arenque. Nessas rochas, a cristalização começou com olivina, seguida em sequência por plagioclásio, piroxênio e óxidos de ferro, e algum vidro, nessa ordem.

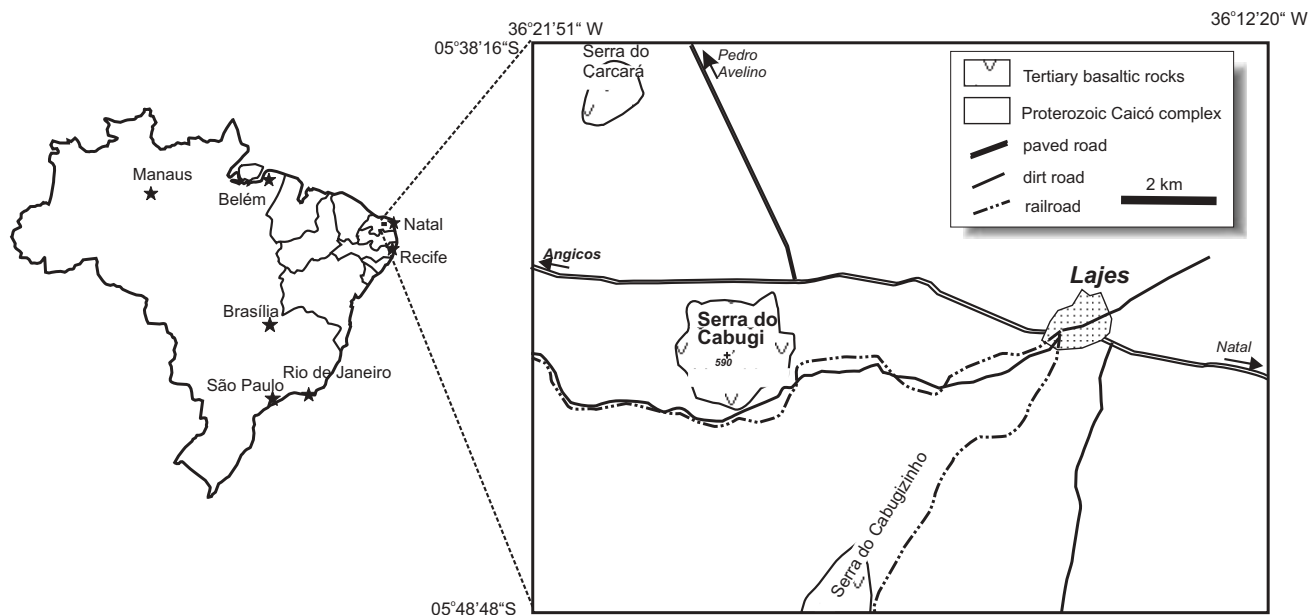
Nódulos peridotíticos são inclusões comuns nesta suite Terciária, ainda que sejam em média pequenos (o tamanho médio de grão é 3mm). Os nódulos ultramáficos são principalmente espinélio-lherzolitos, mas ocorre também harzbugito no *plug* de Serra Aguda, próximo ao Pico de Cabugi (Sial *et al.*, 1991). Os nódulos lherzolíticos apresentam as mesmas fases minerais (olivina, ortopiroxênio, cromo-diopsídio e espinélio), mas mostram uma variação modal muito grande dentro e entre *plugs* diferentes, o que sugere uma distribuição de fases não homogênea ou acamadada no peridotito fonte desses magmas (Sial *et al.*, 1991).

A maioria dos xenólitos peridotíticos é equigranular, sendo os grãos maiores geralmente de olivina ou ortopiroxênio. Este último é anédrico, algumas vezes mostrando deformação. Margens de reação presentes em torno de ortopiroxênio com grãos pequenos de olivina e vidro foram interpretadas por Sial (1974) como resultantes da interação com o magma basáltico hospedeiro.

Cromio-diopsídio é menos abundante que olivina e ortopiroxênio, sendo normalmente menor e intersticial em relação aos outros minerais. Cromio-espinélio varia em nódulos diferentes em abundância (1 a 7%), tamanho, composição química, textura e grau de alteração. É anédrico, marrom ou menos frequentemente verde, com margens escuras formadas por reação com o magma. Muitas vezes forma intercrescimento gráfico com ortopiroxênio ou olivina,

Figura 2: Localização do Pico do Cabugi, 7 km a oeste de Lajes, Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil.

Figure 2: Location of the Cabugi Peak, 7 km west of Lajes, State of Rio Grande do Norte, northeastern Brazil.



formando neste caso fenocristais grandes. Xenocristais de espinélio são encontrados nos basaltos hospedeiros, mostrando margens escuras de reação e algumas vezes, substituição por magnetita (Sial, 1974).

História de cristalização

De acordo com Sial (1976) houve pouco enriquecimento em ferro durante o fracionamento do magma basáltico, o qual cristalizou sob uma fugacidade alta de oxigênio (em torno de -10), como indicado pela química mineral de magnetita e ilmenita. A cristalização iniciou com olivina magnesianas, que foi seguida por magnetita, a qual passou por um intervalo longo de cristalização.

A química dos minerais óxido de ferro juntamente com a partição de Ni entre olivina e piroxênio, ou entre uma dessas duas fases e a matriz, indica temperatura de cristalização em torno de 1100°C, a qual é interpretada como a temperatura sob a qual a matriz se formou (Sial, 1974). As temperaturas para os nódulos peridotíticos são em torno de 900°C, muito mais baixas que a temperatura encontrada para o líquido basáltico quando este alcançou a superfície (Sial, 1976). Isto poderia ser explicado se é assumido que os nódulos representam resíduos refratários de rochas mantélicas, trazidas à superfície em desequilíbrio com o líquido basáltico.

Toda a suite Terciária foi assumida por Sial (1976) como sendo relacionada a uma câmara magmática única, a uma profundidade ≥ 64 km, como determinada pelo conteúdo em alumina de ortopiroxênio dos nódulos, usando o reticulado petrogenético proposto por McGregor (1974). Sial (*op cit.*) sugeriu que o primeiro líquido produzido na câmara magmática, derivado da fusão parcial de um espinélio-lherzolito sob uma pressão de pelo menos 20 kbar, tinha uma composição basáltica alcalina, a qual tornou-se picrítica com o aumento da fusão, originando o resto dos basaltos desta suite.

Química de elementos maiores e menores

Os basaltos são moderadamente a fortemente subsaturados em sílica, com os teores de SiO₂ nos *plugs* e *necks* variando de 39% a 45%, com quase todas as amostras apresentando nefelina normativa (Sial *et al.*, 1981). K₂O e Na₂O são mais altos nas amostras com mais baixo teor em sílica. Normalmente os basaltos nos derrames e diques são mais ricos em sílica, alumina e mais baixos em K₂O e Na₂O que nos *plugs* e *necks* (Sial, 1978).

Os olivina basaltos e basaltos alcalinos apresentam uma concentração muito alta em alguns elementos incompatíveis, tais como Ti, K, Sr (até 6000 ppm) e Ba (1000-1300 ppm) (Sial, 1978). Diagramas de variação de elementos incompatíveis normalizados em relação ao condrito para os basaltos apresentam inclinação negativa e mostram enriquecimento em La e Ce, e anomalia negativa em K, com o total de elementos terras raras nos xenólitos do Pico do Cabugi variando de 16 ppm a 23 ppm (Sial *et al.*, 1991). Os padrões de elementos terras raras normalizados em relação ao condrito são enriquecidos em elementos terras raras leves, com forte inclinação negativa comum em basaltos alcalinos (Sial *et al.*, *op cit.*).

O conteúdo de SiO₂ nos nódulos peridotíticos varia de 43,6% a 46%. Alumina e potassa têm uma variação maior, de 0,7% a 3,3% para o primeiro e de 0,07% a 0,13% no último, os quais são valores normais para peridotitos (Sial *et al.*, 1991; Comin-Chiaramonti *et al.*, 1986). Os nódulos do Pico do Cabugi são mais enriquecidos em Ba (até 90 vezes), K e elementos terras raras leves (em torno de 10 vezes) que as composições do manto primitivo. Os padrões de elementos terras raras normalizados em relação ao condrito são enriquecidos em elementos terras raras leves, com La até cerca de 30 vezes a abundância no condrito (Sial *et al.*, 1991).

Química isotópica

Idades aparentes K-Ar de *plugs* e derrames basálticos desta suite variam de 13 a 42 Ma (Sial *et al.*, 1991). O agrupamento dos dados sugere que o vulcanismo basáltico terminou a cerca de 13 Ma atrás, e que talvez começou a cerca de 40 m.a. atrás, porém o mais provável é que tenha começado a 30 Ma atrás (Sial *et al.*, 1991). A razão inicial Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ em quatro amostras de basalto está entre 0,7039 e 0,7044 (Sial *et al.*, 1981), com um valor médio, calculado por ponderação de cada dado inversamente de acordo com o tamanho de seu erro associado, de 0,7042 ± 0,0012 (2s) (Sial *et al.*, 1991).

Dois nódulos do Pico do Cabugi mostram uma razão inicial Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ entre 0,70575 e 0,7042. Essas razões iniciais de Sr mais altas que aquelas dos basaltos hospedeiros foram interpretadas por Sial *et al.* (1991) como uma fonte única para os magmas basálticos ou fontes mais homogêneas que a porção do manto litosférico acima que proveu a suite de nódulos. Estes resultados revelam uma heterogeneidade isotópica e um enriquecimento em Sr⁸⁷ no manto do nordeste do Brasil (Sial *et al.*, *op cit.*).

Valores de rocha total de δO^{18} para basaltos desta suite estão entre +6,7 e 7,7‰_{SMOW}, e os valores para piroxênios dos nódulos variam de +6,5 a +7,2‰_{SMOW}. Os resultados para piroxênios, ainda que ligeiramente mais altos que os valores considerados normais para o manto, atestam que esses valores são primários (Sial *et al.*, 1991).

O posicionamento desta suite basáltica Terciária está relacionado ou a um reajuste interno dentro da placa Sul-americana durante seu deslocamento para oeste, ou a um alívio de pressão de zonas arqueadas formadas no Mesozóico Superior durante a abertura do Oceano Atlântico sul (Sial, 1974).

DESCRIÇÃO DO SÍTIO

O Pico do Cabugi é uma das mais altas serras no estado do Rio Grande do Norte, com sua forma cônica elevando-se a cerca de 500m acima da planície. Como na maioria dos *necks* desta suite, o Pico do Cabugi apresenta um tálus solto até quase seu topo, formado por blocos angulares, mal selecionados, os quais resultaram, em sua maioria, do colapso de colunas primitivas. Assim mesmo, estruturas colunares horizontais com colunas pentagonais a quadráticas ainda podem ser observadas. Bombas basálticas com estrutura de crosta-de-pão de até 40 cm de diâmetro podem ser encontradas a meio caminho do topo do pico (Figura 3).

Segundo Sial (1974) as rochas basálticas deste Pico apresentam granulação mais grossa que os basaltos (principalmente basanita) em outros *plugs* e *necks* da província. São compostos de olivina que ocupa 10% a 20% do volume da rocha, titanogaugita, minerais óxido de ferro, plagioclásio, apatita e ocasionalmente vidro. Olivina ocorre como grãos euédricos a subédricos, tanto como fenocristais como na matriz, mostrando reação parcial com o magma. Titanogaugita ocorre na matriz e como fenocristais, neste caso mostrando zonação em setor e estrutura de arenque, e algumas vezes com inclusões de plagioclásio.

Xenocristais de olivina, ortopiroxênio, clinopiroxênio e espinélio são comuns, e assumidos como sendo desagregados dos nódulos lherzolíticos. Olivina anédrica mostra *kink bands*, extinção ondulante e deformação lamelar e, algumas vezes, zonação normal. Feldspato potássico e quartzo também ocorrem como xenocristais, mas são menos comuns. Muitos dos grãos de ortopiroxênio reagiram com o magma, e mostram um bordo de olivina granular.

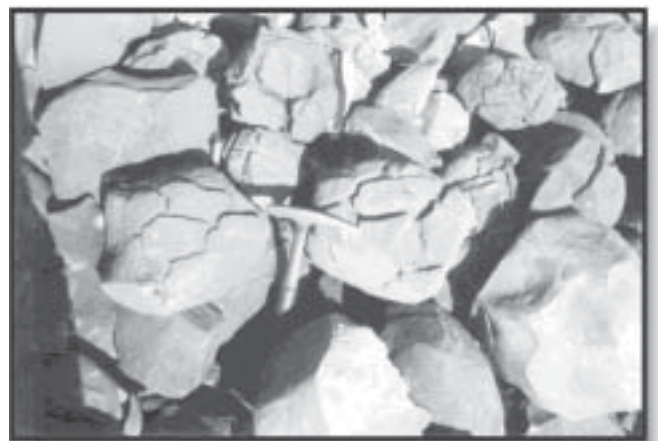
Clinopiroxênio mostra uma margem de material esponjoso de composição indeterminada.

Nódulos peridotíticos são abundantes neste olivina basalto sem nefelina, variando em tamanho de alguns poucos centímetros até cerca de 1 m, o que é menos comum. Estão localizados principalmente no lado nordeste do *neck*. A maioria dos nódulos é equigranular e tem composição de espinélio lherzolito, todos com as mesmas fases minerais (olivina, bronzita, cromo-diopsídio e espinélio), mas com uma variação modal muito acentuada. As fases mais abundantes são olivina e ortopiroxênio; cromo-diopsídio ocorrem como cristais menores e intersticial em relação às outras fases.

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

O Pico do Cabugi constitui o Parque Ecológico Cabugi, sendo uma área protegida para preservação ambiental. O acesso à serra, que está limitada por uma cerca de arame farpada, pode ser feito de carro até o sopé da mesma, seguindo-se ao topo através de uma trilha de terra. Sugere-se que seja proibido o acesso à serra, bem como a retirada de material (basaltos e principalmente dos nódulos) em qualquer quantidade. Há o perigo de que o material solto da serra venha a ser utilizado para exploração como material de construção (brita), o que viria a destruir a poucas estruturas colunares ainda não colapsadas e, eventualmente, a modificar a forma em cone original e tão típica do Pico. Placas sinalizadoras poderiam ser afixadas, contendo informações geológicas que deveriam incluir tipo de rocha e idade.

Figura 3: Bombas basálticas com estrutura de crosta-de-pão.
Figure 3: Basaltic bread-crust bombs.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comin-Chiaramonti, P.; Demarchi, G.; Girardi, V.A.V.; Principale, F.; Sinigoi, S. 1986. Evidence of mantle metasomatism and heterogeneity from peridotite inclusions of northeastern Brazil and Paraguay. *Earth and Planetary Science Letters*, **76**:203-217
- Cordani, U.G. 1970. Idade do vulcanismo no Oceano Atlântico Sul. *Boletim do IGA*, **1**:9-75.
- Ebert, H.; Rodrigues, M.F.B. 1973. *Basaltos do Nordeste e seu valor como indicador de idade de níveis morfológicos* (Nota preliminar)
- Ebert, H.; Brochini, M.F.B. 1968. Estudo stratigráfico e geocronológico do Escudo Cristalino Brasileiro. *Ciência e Cultura*, **20**:624-625.
- Leonardos, O.H.; Araújo, G.C. 1968. Preliminary study of peridotite nodules in basaltic rocks of the Cabugi Peak, Rio Grande do Norte, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **40** (suplemento): 137-140.
- McGregor, I.D. 1974. The system MgO-Al₂O₃-SiO₂: solubility of Al₂O₃ in enstatite, spinel and garnet peridotite compositions. *American Mineralogist*, **59**(1-2):110-119.
- Moraes, L.J. de. 1924. *Serras e Montanhas do Nordeste* - Ministério de Viação e Obras Públicas, Publ. 58, Série I.D. 123p.
- Principale, F.; Secco, L.; Demarchi, G. 1989. Crystal chemistry of a clinopyroxene series in ultramafic xenoliths from northeast Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **10**:131-135.
- Rolff, P. A.A. 1965, *O pico do Cabugi (Rio Grande do Norte)*. Notas preliminares e Estudos, MME/DNPM - Divisão de Geologia e Mineralogia, n. 126, 26p., Rio de Janeiro
- Sial, A.N. 1974. *Petrology and tectonic significance of the Post-Paleozoic basaltic rocks of northeast Brazil*. University of California, Davis, Ph.D. dissert., 405p.
- Sial, A.N. 1976. The Rio Grande do Norte alkali-olivine basalt association, northeast Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **6**:1-14.
- Sial, A.N. 1978. Major and trace chemistry of the Tertiary basaltic suite of Rio Grande do Norte and Paraíba, northeast Brazil. *Jornal de Mineralogia*, volume Djalma Guimarães, **7**:119-128.
- Sial, A.N.; Fodor, R.V.; Long, L.E. 1991. Peridotite xenoliths and Tertiary alkaline-basalts in northeastern Brazil. In: International Kimberlite Conference, 5th, Field Guide Book (Leonardos, O.H.; Meyer, H.O.A.; Gaspar, J.C.-eds.), CPRM, Brasília, 1991. *Special Publ.*, **3/91**:1-13.
- Sial, A.N.; Long, L.E.; Pessoa, D.A.R.; Kawashita, K. 1991. Potassium-argon ages and strontium isotope geochemistry of Mesozoic and Tertiary basaltic rocks, northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **53**(1):115-122.

¹ NEG-LABISE - Departamento de Geologia Universidade Federal de Pernambuco, C.P. 7852 Cidade Universitária, 50732-970, Recife, PE, Brasil
ans@npd.ufpe.br