

GEOQUÍMICA DOS DIQUES MÁFICOS DA CHAPADA DIAMANTINA (PORÇÃO SETENTRIONAL), BAHIA, BRASIL

Angela Beatriz de Menezes Leal¹; Denise Canabrava Brito²; Vicente Antonio Vitório Girardi³

1. Pós Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, UFBA, Salvador (BA), Brasil. E-mail: angelab@ufba.br
2. Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Belo Horizonte (MG), Brasil. E-mail: dbrito@bh.cprm.gov.br
3. Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Instituto de Geociências, USP, São Paulo (SP), Brasil. Email: girardi@usp.br

RESUMO

O enxame de diques máficos da Chapada Diamantina situa-se na porção setentrional do Craton do São Francisco (CSF), no Estado da Bahia e são intrusivos em rochas do Supergrupo Espinhaço e do Embasamento Arqueano. Os diques máficos possuem direção preferencial NE-SW, ocasionalmente N-S e NW-SE e espessuras variando de poucos centímetros a dezenas de metros e extensões variáveis. Foram subdivididos em três conjuntos: Diques Básicos (DB), Diques Metabásicos 1 (DMB1) e Diques Metabásicos 2 (DMB2). Os DB corresponde ao conjunto mais preservado do processo metamórfico e apresentam mineralogia e texturas primárias. O conjunto DMB1 é considerado uma fase de transição entre os DB e os DMB2 e, o DMB2 apresenta abundância em minerais de alteração e raras texturas ígneas reliquias. Os diques máficos são de natureza toleítica. Em geral os grupos possuem comportamento geoquímico bastante similar. Os padrões de distribuição dos Elementos Terras Raras (ETR), normalizados para condrito, apresentam padrão levemente enriquecido em ETRI (leve) em relação aos ETRp (pesados) e aproximam-se do campo intermediário entre E-MORB e OIB. Os Elementos Incompatíveis (EI) dos DB são mais empobrecidos, porém guardam o mesmo comportamento dos DMB1 e DMB2 apresentando, de maneira geral, anomalias negativas Nd e Sm e positivas de Sr, Eu, Ti e Nb. Todos os conjuntos apresentam enriquecimento de Rb, Ba, Nb e ETR leves, sem entretanto haver mobilização dos elementos químicos nas rochas máficas da Chapada Diamantina, sugerindo que estes comportamentos devem estar associado a características de fonte mantélica e/ou presença de fenômenos secundários (e.g. contaminação crustal).

Palavras Chaves: diques máficos, Chapada Diamantina, geoquímica, petrologia

ABSTRACT

The swarm of mafic dykes the Chapada Diamantina is located in the northern portion of the São Francisco Craton, central-west portion of the Bahia State and is intrusive in the metasedimentary rocks of the Espinhaço Supergroup and in rocks of the Archean basement. The mafic dykes are predominantly oriented NE-SW, occasionally N-S and NW-SE and widths vary from a few centimeters to tens of meters and extension variable. They were divided into three groups: Basic Dykes (DB), Metabasic Dykes 1 (DMB1) and Metabasic Dykes 2 (DMB2). DB corresponds to the group of rocks more preserved, with minerals and textures preserved. DMB1 is considered a transition between DB and DMB2, this last group presents abundant mineral of the alteration with rare igneous textures. The different groups are tholeiitic basalts. In general the mafic dykes have geochemistry behavior very similar. Condrite-normalized rare earth element (REE) patterns show slightly enriched in light REE to the heavy REE to the different groups. Therefore, the DMB2 is more enriched in relation to the DB and DMB1. The pattern of REE is closer to the values between E-MORB (Enriched-Mid-Ocean Ridge Basalt) and OIB (Ocean Island Basalt). Patterns of incompatible elements normalized to primitive mantle show behavior very similar to DB, DMB1 and DMB2 groups. DB group is more depleted in relation to the DMB1 and DMB2. The groups have Nd and Sm

negative anomalies and Sr, Eu, Ti and Nb positive. All groups show enrichment of Rb, Ba, Nb and ETR light, however there is no mobilization of chemical elements in the mafic rocks of the Chapada Diamantina, suggesting that these behaviors should be associated with source characteristics and/or presence of secondary phenomena (e.g. crustal contamination).

Keywords: mafic dykes, Chapada Diamantina, geochemistry, petrology

INTRODUÇÃO

O estudo de diques máficos e sua associação vulcânica têm sido freqüentemente discutidos nos últimos vinte anos por vários pesquisadores, através de estudos sistemáticos envolvendo os magmatismos Precambriano e Fanerozóico (e.g Halls, 1982; Halls & Fahrig, 1987; Sial *et al*, 1987; Bellieni *et al.*, 1991; Bastos Leal, 1992; Menezes, 1992; Menezes Leal, 1997; Pinesi, 1997; Côrrea da Costa, 2003; Pereira, 2007; Brito, 2008).

A região sudoeste da Chapada Diamantina, localizada na porção centro-sul do Estado da Bahia é caracterizada pela presença de corpos máficos intrusivos. Esses corpos estão associados, em sua maioria discordantemente aos litotipos pertencentes ao embasamento cratônico e às unidades geológicas que compõem o Supergrupo Espinhaço e, menos freqüentemente, sob a forma de soleiras, nesta última unidade geológica. No presente trabalho são discutidos os dados geoquímicos e petrológicos dos corpos máficos que ocorrem na porção sudoeste da Chapada Diamantina.

CONTEXTO GEOLÓGICO DOS DIQUES MÁFICOS

A área estudada localiza-se na porção setentrional do Cráton do São Francisco e está inserida no domínio estrutural da Chapada Diamantina, região centro-sul do Estado da Bahia. O contexto geológico regional é constituído por rochas pertencentes ao embasamento cristalino, aos complexos meta-vulcanossedimentares do Supergrupo Espinhaço (Grupos Borda Leste, Serra Geral, Paraguaçu e Chapada Diamantina), aos meta-sedimentos do Supergrupo São Francisco (Grupo Una) e por coberturas cenozóicas.

Os diques máficos ocorrem intrudindo as rochas pertencentes ao embasamento cristalino e/ou as rochas meta-vulcanossedimentares do Supergrupo Espinhaço. São corpos que exibem coloração preta a verde acizentada, granulação fina a média, são isotrópicos e maciços, apresentando-se, em raros casos, tipos mais diferenciados localizados principalmente nas porções mais centrais dos corpos. Possuem espessuras que variam de poucos centímetros a dezenas de metros, com predomínio em torno de 2 a 5 metros e extensões bastante variáveis de até 10 km. Apresentam-se orientados preferencialmente na

direção NE/SW, ocasionalmente nas direções N-S e NW/SE e, estão relacionados a antigas fraturas das rochas encaixantes.

Estudos geocronológicos revelaram idades através do método K-Ar entre 1.200 e 500 Ma (Brito Neves *et al.* 1979,1980). Babinski *et al.* (1999) dataram uma rocha básica intrusiva nos arenitos da Formação Mangabeira, pertencente ao Grupo Paraguaçu fornecendo idade de 1.514 ± 22 Ma, pelo método U-Pb. Guimarães *et al.* (2005), no Projeto Ibitiara–Rio de Contas, dataram as rochas máficas da localidade de Lagoa do Dionísio em $1.496 \pm 3,2$ Ma, pelo método U-Pb.

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS E GEOQUÍMICAS

Através da caracterização petrográfica, três grupos de rochas distintos foram diferenciados: Diques Básicos (DB), Diques Metabásicos 1 (DMB1) e Diques Metabásicos 2 (DMB2). As rochas estudadas possuem composição mineralógica e textural muito similares. Plagioclásio e piroxênio são os minerais essenciais, seguido de minerais opacos, hornblenda, biotita, titanita, quartzo e zircão.

Os Diques Básicos (DB) correspondem as rochas mais preservadas da deformação e metamorfismo e estão associadas às unidades pertencentes aos Grupos Paraguaçu (em sua maioria), Chapada Diamantina, Borda Leste e embasamento cristalino. Os Diques Metabásicos 1 (DMB1) ocorrem restritos aos Grupos Paraguaçu, Chapada Diamantina e ao embasamento cristalino e são medianamente transformados e os Diques Metabásicos 2 (DMB2) ocorrem associados às rochas do Grupo Paraguaçu e do embasamento cristalino e corresponde ao grupo onde o processo metamórfico é mais pronunciado.

De uma maneira geral, os conjuntos de diques estudados apresentam uma nítida variação com a diminuição de mg# [$MgO/(MgO + FeOt)$]. Observa-se que os DB possuem teores de mg# mais elevados em relação aos DMB1 e DMB2. Com o avanço da cristalização, há um aumento nos teores de SiO_2 para os diferentes conjuntos, sendo que os DMB1 e DMB2 possuem teores mais elevados em relação aos DB. O Al_2O_3 e CaO possuem comportamentos muito semelhantes, mostrando diminuição de seus teores com o avanço da cristalização. O comportamento dos elementos Al_2O_3 e CaO reflete a importância do plagioclásio e do clinopiroxênio no processo evolutivo indicando um fracionamento do tipo gabro. Em relação ao Na_2O observa-se um discreto aumento à medida que avança a cristalização. O K_2O possui comportamento similar ao Na_2O . Os teores de FeOt aumentam consideravelmente à medida em que avança a cristalização, sugerindo um forte controle do fracionamento do plagioclásio e clinopiroxênio e baixa fugacidade do oxigênio.

O comportamento dos elementos traços, em função do mg#, apresenta para os diferentes conjuntos, uma diminuição do Ni com a diferenciação magmática. As terras raras

leves (La e Ce), apesar de apresentar leve dispersão de pontos para todos os conjuntos, comportam-se de forma semelhante ao Zr, Y, Nd e Ba, demonstrando um aumento moderado de seus teores com a diminuição dos teores de mg#. Em relação ao Nb, Rb e ao Sc, os diferentes conjuntos mostram aumento de seus teores com a evolução do fracionamento magmático. Para o Sr observa-se a diminuição de seus valores à medida que se processa a diferenciação magmática.

De modo geral os padrões de distribuição dos ETR são muito semelhantes entre os DB, DMB1 e DMB2 apresentando ETR_l (leves) médio a fortemente enriquecidos em relação aos ETR_i (intermediários), não ocorrendo variações no enriquecimento de ETR_i em relação aos ETR_p (pesados). Os padrões para os diferentes conjuntos são aproximadamente paralelos entre si. Comparando o padrão dos ETR dos diques máficos estudados com o do MORB (Mid-Ocean Ridge Basalt; Sun & McDonough, 1989) tipos E-(enriched) MORB, N-(normal) MORB e OIB (Ocean Island Basalt), observa-se que todos os conjuntos (DB, DMB1 e DMB2) possuem valores entre os padrões E-MORB e OIB, e possuem valores enriquecidos em relação ao Manto Primitivo.

Nos diagramas multielementares das rochas máficas da Chapada Diamantina normalizadas para o manto primitivo (McDonough & Sun, 1995) observa-se que os padrões de distribuição dos elementos químicos apresentam uma geometria muito próxima para os diferentes conjuntos de rochas (DB, DMB1 e DMB2). Os padrões dos elementos incompatíveis dos DB são mais empobrecidos em relação aos DMB1 e DMB2, porém guardam o mesmo comportamento apresentando, de maneira geral, anomalias negativas Nd e Sm e positivas de Sr, Eu e Nb. Quando comparado com padrões e concentrações do MORB dos tipos E-MORB e N-MORB e OIB (McDonough & Sun, 1995), observa-se que os diferentes conjuntos possuem valores entre E-MORB (e.g. Zr/La, Zr/Ce e Ce/Zr) e OIB (e.g. Zr/Sr, Zr/Nb). Para os elementos mais incompatíveis (Sr, Zr, Sm e Eu) e para os elementos Rb, Ba, K, Nb apresentam razões mais elevadas em relação ao E-MORB. Observa-se também que os conjuntos DMB1 e DMB2 possuem valores mais próximos do E-MORB e os DB aos OIB.

CONCLUSÕES

As características petrográficas e geoquímicas apresentadas neste trabalho para os litotipos meta-básicos da Chapada Diamantina sugerem três grupos distintos de rochas: DB (diques básicos), DMB1 (diques meta-básicos 1) e DMB2 (diques meta-básicos 2), os quais são intrusivos no embasamento Arqueano e nas rochas meta-vulcanosedimentares do Supergrupo Espinhaço. As rochas pertencentes ao grupo dos DB são as mais preservadas e possuem comportamento geoquímico mais consistentes com *trends* ígneos. As rochas

dos grupos dos diques meta-básicos apresentam-se mais alteradas petrograficamente com níveis de transformações mineralógicas mais avançadas e, à medida em que as características metamórficas vão se acentuando são representadas pelos DMB1, seguido pelos DMB2, sem entretanto, ocorrer mudanças nas características texturais originais (texturas ofítica, sub-ofítica e intergranular).

Apesar de significativa transformação mineralógica apresentada, principalmente nos DMB2, foi possível caracterizar o quimismo primário dessas rochas. Os diques máficos estudados apresentam características típicas de toleítos continentais diferenciados de um magma "primitivo", que apresentam *trend* de diferenciação rico em ferro. O comportamento geoquímico dos diques máficos da porção sudoeste da Chapada Diamantina revelam que esses corpos possuem afinidade toleítica com características de magmatismo do tipo E-MORB. Observa-se diminuição dos conteúdos dos ETR em direção às fácies mais evoluídas (DB para o DMB2). Ocorre um leve enriquecimento dos elementos incompatíveis e ETR leves, sem entretanto haver mobilização dos elementos químicos, sugerindo que estes comportamentos devem estar associado a características de fonte mantélica e/ou presença de fenômenos secundários (e.g. contaminação crustal).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PRODOC/SEPLANTEC, pelo apoio financeiro, à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio na execução das análises químicas (Processo nº. 97/00640-5), à CBPM pelo apoio logístico, ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos e aos geólogos Léo Teixeira e Benjamin Bley.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABINSKI, M.; PEDREIRA, A.; NEVES, B. B. B.; SCHMUS, W. R. V. 1999. Contribuição à geocronologia da Chapada Diamantina. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 7, 1999, Lençóis, Bahia. Anais. p. 118-120.

BASTOS LEAL, L.R. 1992. *Geocronologia Rb-Sr e K-Ar, evolução isotópica e implicações tectônicas dos enxames de diques máficos de Uauá e Vale do rio Curaçá, Bahia*. 1992. Dissertação (Mestrado) - IG/USP, 118p.

BELLIENI, G.; PETRINI, R.; PICCIRILLO, E.M.; BRITO, C.M.; TEIXEIRA, W.; COMINCHIARAMONTI, P.; MELFI, A.J.; DE MIN, A.; BASTOS LEAL, L.R. 1991. Early and late proterozoic dyke swarms from São Francisco Craton (Brazil): petrology, geochemistry and Sr-Nd isotopes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MAFIC DYKES, Extended Abstracts, p. 60-65.

BRITO, D.C. 2008. *Geologia, Petrografia e Litogeoquímica dos Diques Máficos que Ocorrem na Porção Sudoeste da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil*. Inst. de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Monografia de Graduação. 120p.

BRITO NEVES, B. B.; KAWASHITA, K.; DELHAL, J. 1979. Evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: Dados novos e integração. *Rev. Bras.Geoc.*1:71-85.

BRITO NEVES, B. B.; CORDANI, U. G.; TORQUATO, J.R. 1980. Evolução geocronológica do Pré-Cambriano do estado da Bahia. In: Geol. e Rec. Min. do Est. da Bahia, 3:1-101, Salvador – Bahia.

- CORRÊA DA COSTA, P.C. 2003. *Petrologia, Geoquímica e Geocronologias dos Diques Máficos da Região de Crixás-Goiás, Porção Centro-Oeste do Estado de Goiás*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 151p.
- GUIMARÃES, J.T.; MARTINS, A. A. M.; ANDRADE FILHO, E.L.; LOUREIRO, H.S.C.; ARCANJO J.B.A.; NEVES, J.P. das; ABRAM, M.B.; SILVA, M. da G.; MELO, R.C.; TEIXEIRA, L. & BENTO, R.V. 2005. *Projeto Ibitiara – Rio de Contas: Estado da Bahia*. Salvador: CPRM, 2005.157p., il. Inclui 3 mapas. Escala 1:200.000. Programa Recursos Minerais do Brasil.
- HALLS, H.C. 1982. The importance and potential of mafic dykes swarms in studies of geodynamic processes. *Geoscience Canada*, **9**: 145-154.
- HALLS, H.C. & FAHRIG, W.F. 1987. Mafic dyke swarms. *Geological Association Canada*, Special Paper **34**: 503p.
- McDONOUGH, W.F & SUN, S.-S. 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geol.* **120** (1995) 223-253.
- MENEZES, A.B. 1992. *O enxame de diques máficos de Uauá-Bahia: caracterização petrológica e geoquímica*. Dissertação (Mestrado) - IG/USP, 126p.
- MENEZES LEAL, A.B. 1997. *Contribuição a petrologia e geoquímica do magmatismo basáltico mesozóico do estado de Roraima*. Tese (Doutorado) - IG/USP, 136p.
- PEREIRA, L. M. 2007. *Geologia Petrografia e Geoquímica dos diques máficos da porção sudoeste do bloco Gavião, Bahia, Brasil*. Inst. de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Monografia de Graduação. 80p.
- PINESE, J.P. 1997. *Geoquímica, geologia isotópica e aspectos petrológicos dos diques máficos pré-cambrianos da região de Lavras (MG), porção sul do craton do São Francisco*. Tese (Doutorado) - IG/USP, 129p.
- SIAL, A.N.; OLIVEIRA, E.P.; CHOUDHURI, A. 1987. Mafic dyke swarms of Brazil. In: *Mafic dyke swarms*. Geol. Ass. of Canada. Special Paper, **34**, p. 467-483.
- SUN, S.-S. & MCDONOUGH, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders & M.J. Norry (Eds.) *Magmatism in the Ocean Basins*. *Geological Society*. London, pp. 313-345.