

GEOQUÍMICA ISOTÓPICA (Sr e Nd) E GEOCRONOLOGIA Rb/Sr - $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ DE DIQUES MÁFICOS DE GOIÁS

Costa, P.C.¹; Girardi, V.A.V.² & Teixeira, W.²

¹Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências (USP). pccorrea@usp.br

²Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP)

ABSTRACT

Mafic dyke swarms intrude Archean terrains of the Goiás Massif. Major and trace element geochemistry reveals that the Goiás dykes have tholeiitic affinities. These dykes show important differences in chemical composition, and can be distinguished by their contrasting low and high TiO_2 contents. Low TiO_2 dykes are characterized by lower contents of P_2O_5 , Fe_2O_3 , Zr , Y , La e Ce relative to those of high TiO_2 . Rb/Sr isotopic data for whole-rocks from diabase dyke yield a isochron of 2362 ± 48 Ma (1s) and initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ of $0,70083 \pm 0,00012$ (MSWD = 0,35). The dykes have Ar-Ar plateau age of 2449 ± 13 Ma on amphibole. Geochemical and isotopic data rules out the importance of fractional crystallization, crustal contamination and variable degrees of melting of an homogeneous source as mechanisms to explain the origin of the low and high TiO_2 groups. It is inferred that they derived from an Archean heterogeneous mantle source.

INTRODUÇÃO

Na região centro-oeste do Estado de Goiás, ocorrem um dos mais expressivos enxames de diques máficos pré-cambrianos do Brasil. Estes diques afloram nos terrenos granito-gnáissicos do Maciço de Goiás em duas direções principais de intrusões (NE e NW). Os diques têm espessuras que variam de poucos metros (10 - 15m), e podem atingir até 100 metros, estendendo-se, muitas vezes por dezenas de quilômetros de comprimento. Trabalhos prévios acerca destes diques foram efetuados por Girardi *et al.* (1992) e Corrêa da Costa *et al.* (2002, 2003) entre outros, que caracterizaram estes diques em função dos aspectos petrográficos e geoquímicos.

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA

Este magmatismo máfico foi classificado em função de seus aspectos petrográficos em três grupos de diques (Corrêa da Costa *et al.*, 2002): 1 - Diabásios; 2 - Metabasitos e 3 - Anfibolitos.

Os diabásios exibem texturas ofíticas a subofíticas e intercrescimentos granofíricos. São constituídos essencialmente por plagioclásio, orto e clinopiroxênio e anfibólio em pouca quantidade. Os metabasitos têm texturas subofíticas a ofíticas e são constituídos por plagioclásio, orto e clinopiroxênio, anfibólio e quartzo. Os anfibolitos apresentam texturas granonematoblásticas e são constituídos essencialmente por hornblenda, plagioclásio e quartzo. Como minerais acessórios têm-se biotita, apatita, zoizita, zircão e opacos, que são comuns aos três tipos de diques.

Em alguns diques mais espessos (~100 metros) nota-se clara variação textural, variando de ofítica a subofítica no centro a granonematoblástica nas bordas. Tal fato, aliado à semelhança geoquímica entre os diversos litotipos, levou-nos a considerá-los como de mesma idade de cristalização.

GEOQUÍMICA DE ROCHA TOTAL

Em linhas gerais, os litotipos máficos (diabásios, metabásicos e anfibolitos) possuem afinidades toleíticas e composição basáltica. Apenas os diabásios apresentam uma ligeira variação composicional para andesitos basálticos.

Estes diques mostram diferenças importantes nas suas composições químicas e foram divididos com base nos seus conteúdos de TiO_2 em: 1 – diques de alto TiO_2 (para teores de $\text{TiO}_2 > 1,5\%$) e; 2 – diques de baixo TiO_2 (para teores de $\text{TiO}_2 < 1,5\%$).

De modo geral, os diques de alto TiO_2 ocorrem predominantemente na porção sul da área investigada, entre as cidades de Goiás e Morro Agudo de Goiás, com exceção de um dique (amostra CR110). Enquanto, que os diques de baixo TiO_2 ocorrem tanto na porção norte (proximidades de Crixás) como na porção sul, mas com ligeira predominância pela porção norte. Nos diques de baixo TiO_2 o índice de diferenciação mg# varia de 0,49 a 0,31. No grupo de alto TiO_2 esse valor varia de 0,33 a 0,18. Em ambos os casos com a diminuição de mg# ocorre um aumento de Fe_2O_3 , P_2O_5 , K_2O , Na_2O , Zr , Y , La , Nb , Ba , Zn e Ce , e diminuição de Al_2O_3 , CaO , Cr e Ni . O Sr é praticamente constante. Tal comportamento é compatível com o fracionamento tipo gabro.

Os diques de alto e baixo TiO_2 diferem no conteúdo de elementos incompatíveis principalmente dos grupos LILE (K, Rb e Ba) e elementos terras raras leves (La e Ce). Tais elementos são sempre mais abundantes no grupo de alto TiO_2 . Esse comportamento é claramente evidenciado através das relações Ce/Yb (alto TiO_2 entre 5,63 a 24,63; baixo TiO_2 3,12 a 10,80) e também de outras, tais como Zr/Y (alto TiO_2 entre 3,44 a 6,55; baixo TiO_2 0,83 a 5,33) e Ti/Y (alto TiO_2 entre 186,85 a 581,1; baixo TiO_2 124,92 a 350,46). Os diques de baixo TiO_2 têm padrão geoquímico semelhante ao E-MORB.

GEOCRONOLOGIA E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA

O acervo geocronológico dos diques máficos pré-cambrianos do Maciço de Goiás é ainda muito reduzido, sendo constituído apenas por algumas datações K-Ar (*e.g.* Tomazzoli & Nilson, 1999).

Análises pelos métodos Rb-Sr em rocha total e Ar-Ar em minerais (anfíbólios) disponíveis até o momento mostram que os terrenos granito-gnaissicos do Maciço de Goiás, foram seccionados por uma geração de diques máficos de, aproximadamente, 2400 Ma.

Dados isotópicos Rb/Sr para três amostras dos diques de diabásio forneceram uma isócrona, com idade de 2362 ± 48 Ma (18), e uma razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ inicial de $0,70083 \pm 0,00012$ e MSWD (*mean square of weighted deviates*) igual a 0,35 (Figura 1).

A idade de colocação destes diques foi também definida pela análise Ar-Ar em grão de anfibólio de um dique de diabásio. O anfibólio deste dique apresentou espectro de extração de argônio homogêneo com idade de patamar de 2449 ± 13 Ma muito semelhante à idade integrada de 2444 ± 16 Ma (Figura 2). A qualidade da idade obtida é reforçada pela baixa razão Ca/K.

A partir das idades obtidas, foram calculadas as razões iniciais de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Sr_i) e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ (Nd_i), e valores de $\epsilon(\text{Sr})$ e $\epsilon(\text{Nd})$ de cada amostra analisada na época de formação destas rochas (2.400 Ma; Figura 3). Tal diagrama mostra que grande parte das amostras situa-se próxima à "Terra Global". As variações de $\epsilon(\text{Nd})$ são muito pequenas de + 0,49 a - 5,29, sendo maiores no $\epsilon(\text{Sr})$ entre - 15,99 e + 53,24.

A interrelação entre os vários grupos de diques foi analisada à luz dos dados geoquímicos e isotópicos. Quatro são os mecanismos teoricamente possíveis: cristalização fracionada, contaminação crustal, diferentes graus de fusão a partir de fonte homogênea, e fonte heterogênea. Os cálculos de balanços de massa, efetuados mostraram que magmas de alto TiO_2 e baixo TiO_2 não podem se relacionar através de cristalização

fracionada. Os valores de Sr_0 e sua relação com elementos indicativos de contaminação crustal, aliados aos valores isotópicos disponíveis das encaixantes descartaram a importância desse mecanismo. A grande diferença entre razões de incompatíveis entre os grupos toleíticos de alto e baixo TiO_2 tornaram impossível sua derivação através de fusão diferencial de fonte homogênea. Portanto, a origem desses diferentes magmas só pode ser atribuída à fonte mantélica heterogênea, e sua assinatura isotópica mostra-se muito semelhante aos diques da região de Uauá no Cráton São Francisco (*e.g.* Bellieni *et al.*, 1995).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLIENI, G.; PICCIRILLO, E.M.; PETRINI, R.; GIRARDI, V.A.V.; MENEZES LEAL, A.B.; TEIXEIRA, W.; BASTOS LEAL, L.R.; DE MIN, A.; COMIN CHIARAMONTI, P. e TANNER DE OLIVEIRA, M.A.F. 1995. Petrological and Sr-Nd evidence bearing on Early Proterozoic magmatic events of the subcontinental mantle: São Francisco Craton (Uauá, NE-Brasil). *Contrib. Mineral. Petrol.*, 122: 252-261.
- CORRÊA DA COSTA, P.C.; GIRARDI, V.A.V. & TEIXEIRA, W. 2002. Petrologia dos diques máficos da região de Crixás - Goiás, porção Centro-Oeste do Estado de Goiás. *Congresso Brasileiro de Geologia*, 41. Anais. João Pessoa, SBG: 418.
- CORRÊA DA COSTA, P.C. & GIRARDI, V.A.V. 2003. Enxames de Diques Máficos da Porção Centro-Oeste do Estado de Goiás. *Workshop Científico de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da USP*, 3. Anais. São Paulo: 5.
- GIRARDI, V.A.V.; MAZZUCHELLI, M.; MOLESINI, M.; FINATTI, M.C.; RIVALENTI, G. & CORREIA, C.T. 1992. Petrological and geochemical aspects of mafic dykes of Goiás State, Brazil. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 37. Anais. São Paulo: 490-495.
- TOMAZZOLI, E.R. & NILSON, A.A. 1999. Petrologia e geocronologia do enxame de diques Morro Agudo de Goiás. *Simpósio de Geologia do Centro-Oeste*, 7; *Simpósio de Geologia de Minas Gerais*, 10. Anais. Brasília: 93.

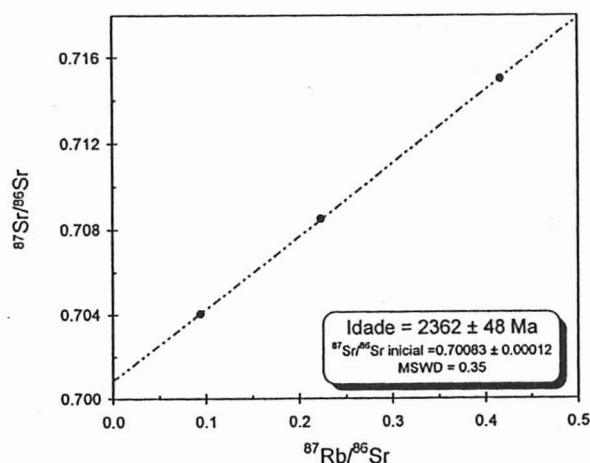


Figura 1. Diagrama isocrônico Rb-Sr representativo dos diques de diabásios.

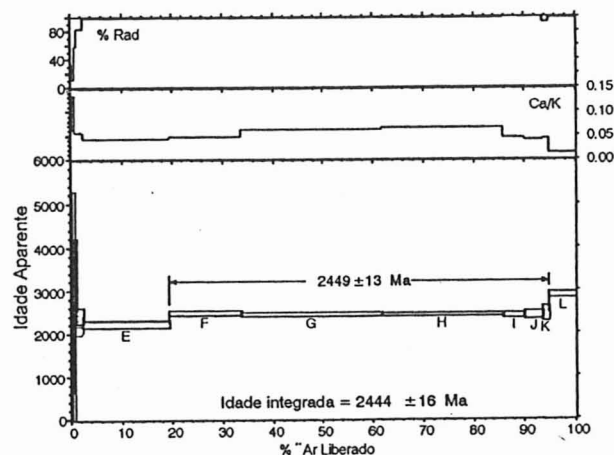


Figura 2. Espectro de extração de argônio em anfibólio (dique G007).

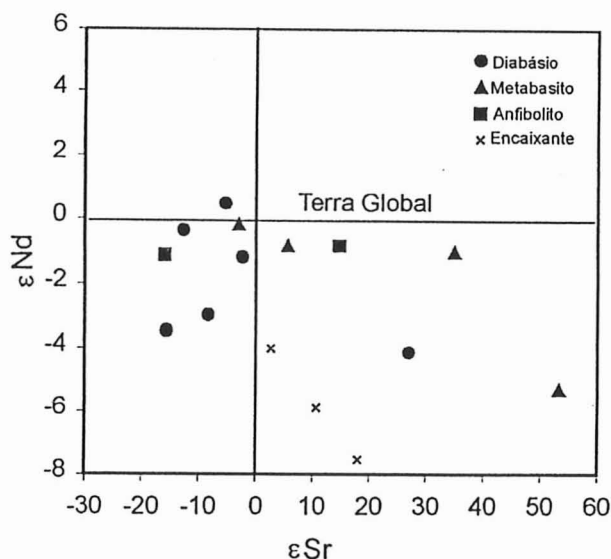


Figura 3. Diagrama ϵSr versus ϵNd dos diques máficos de Goiás (2.4 Ga).

TESTING POST-DEPOSITIONAL ALTERATION OF $\delta^{13}C$ VALUES IN MARBLE CALCITES: AN EVALUATION OF THE $\delta^{13}C$ USE IN HIGH RESOLUTION C-ISOTOPE STRATIGRAPHY

Silva, J.C¹., Sial, A.N. & Ferreira, V.P.

¹NEG-LABISE, Department of Geology, Federal University of Pernambuco. Recife-PE. juancst@ufpe.br

ABSTRACT

The C-isotope stratigraphy of the Meso-Neoproterozoic Sao Caetano Complex (SCC) marbles, in the state of Pernambuco, Northeastern Brazil, shows $\delta^{13}C$ values from -2.2 to 3.7‰_{PDB} (Figure 1). The SCC $\delta^{13}C$ secular variation curve is similar to those reported for unmetamorphosed sequences from Siberia and Canada, in which C-isotope post-depositional alteration is negligible (Figure 1). Nevertheless, some anomalous $\delta^{13}C$ depletions (~5‰_{PDB}) in both, the Mesoproterozoic and Neoproterozoic portions of the sequence, have been interpreted as the result of post-depositional alterations. In the Neoproterozoic part of the section, values normally vary between 3.7 and -2.2‰_{PDB}; however anomalous depletions from 0 to -2‰_{PDB} are also found. In the Mesoproterozoic part, $\delta^{13}C$ values generally vary between 2 and 4‰_{PDB}, but some $\delta^{13}C$ values as low as -2‰_{PDB} are present and considered as anomalous. After performing several petrographic and geochemical tests, it was found that, in some parts of the stratigraphic section, depletions in the $\delta^{13}C$ values correlate with high contents of graphite. A possible calcite-graphite C-isotope fractionation is proposed to explain such $\delta^{13}C$ depleted values. This fractionation should have resulted from the graphite released ¹²C-rich HCO₃ - CO₂ - calcite diffusion, with increasing metamorphism. C-isotope fractionation derived from calcite ¹³C-rich CO₂ - silicate phase diffusion is negligible.

SCRUTINIZING FOR POST-DEPOSITIONAL $\delta^{13}C$ ALTERATIONS

C-isotope measurement in carbonate materials of marine origin have been successfully used to determine changes in the C-isotope geochemistry of ancient oceans (Veizer and Hoefs, 1976). This technique has been extensively used, with great success, in almost unaltered Phanerozoic, inorganically and biogenically precipitated, limestone successions (Mitchell et al., 1996); as well as in Proterozoic successions; in which strong C-isotope post-depositional alterations have been identified (Jacobsen and Kaufman, 1999; Sial et al., 2000). Diagenesis and/or metamorphism have been considered as the principal processes altering the original carbonate

C-isotope composition. When submitted to either one of these processes, carbonate C-isotope alteration is favored by (1) presence of multiple mineral phases that hold carbon into their structure, (2) presence of intergranular or intercrystalline fluids with different C-isotope composition, (3) abundance of primary elements into the original carbonate and (3) extent of the water-rock interaction during precipitation, deposition and post-depositional processes (Brand and Veizer, 1980a,b; Veizer, 1983; Banner and Hanson, 1990; Kaufman et al., 1991). Carbonate samples with anomalous negative $\delta^{13}C$ encountered in the SCC marbles were scrutinized to determine whether they suffered post-depositional C-isotope alteration, or if, at the contrary, they and their C-isotope composition can be considered as a proxy for the original C-isotope composition of the ocean they deposited from.