

# Resultados Paleomagnéticos e Geocronológicos Preliminares do Enxame de Diques Máficos do Uruguai

M. S. d'AGRELLA FILHO\*/IAG/USP, P. R. RENNE/INST. OF HUMAN ORIGINS, IGOR RUORY GIL PACCA/IAG/USP, WILSON TEIXEIRA/IAG/USP

## ABSTRACT

Paleomagnetic and geochronological results of mafic dykes from Uruguay are presented.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and Rb/Sr apparent ages suggest that this mafic dyke swarm intruded the Uruguayan shield at about 1.74 Ga ago. This time corresponds to an important phase of continental rifting after the Uruguayan Transamazonian cratonization (2.0 Ga), and may be related with the evolution of the adjacent Nico Perez terrane at that time. The geochronological data suggest a Sr isotopic remobilization and a partial Ar diffusion in the mineral systems of these dykes between the time interval 1.4-1.0 Ga and also at about 0.56 Ga.

Paleomagnetic analysis on these dykes showed a multicomponent behavior during AF and thermal treatments. Several groups of directions were identified, and the most representative one corresponds to northwest-northeast or south-southeast directions with low inclinations which may be interpreted as correlated to the 1.74 Ga. The other groups of directions were tentatively associated with the younger Proterozoic Rb/Sr and K/Ar radiometric ages identified on the dykes.

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo estudo integrado, envolvendo especialmente paleomagnetismo e geocronologia, de enxame de diques maficos do Craton do Rio de La Plata, no Oeste do Uruguai. Serão apresentados resultados geocronológicos (datações Rb/Sr, K-Ar e  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ) e paleomagnéticos preliminares obtidos e as interpretações tectônicas preliminares decorrentes

## ASPÉCTOS GEOLÓGICOS

Os diques do Uruguai (fig. 1), pertencentes a um enxame de diques subparalelos, com direções variando entre N60E e N80E, afloram numa área de 220 km de extensão por 100 km de largura, nas proximidades de Florida e Nueva Helvecia. Os diques apresentam-se, geralmente, bem expostos, e cortam rochas gnáissicas, migmatíticas e granitóides do Proterozóico Inferior (cerca de 2.0 Ga com base em datações Rb/Sr, Umpierre and Halpern, 1971).

A leste do enxame de diques, limitada por uma importante descontinuidade N-S, aflora o terreno Nico Perez que inclui granulitos, granitóides, rochas supra-crustais, cataclasitos e milonitos bem desenvolvidos (Campal et al., 1991). O terreno Nico Perez define um domínio central de transição entre uma crosta do Proterozóico Inferior a oeste (Craton Rio de La Plata) e uma crosta mais nova a leste, a qual esteve sujeita a episódios tectonotermais do Proterozóico Superior, como demonstrado pelas datações Rb/Sr e K/Ar (e.g. Umpierre and Halpern, 1971, Bossi, 1983). Outros enxames de diques têm

sido reconhecidos no domínio de evolução Brasiliana, nas proximidades das cidades de Melo e Nico Perez.

Em geral, os diques correspondem a microgabros. Alguns deles incluem fácies micropegmáticas que são preferencialmente encontradas próximo ao contato dos diques com a rocha encaixante. Mineralogicamente, os diques são compostos de labradorita, augita, pigeonita e magnetita. Biotita e hornblenda são minerais secundários e ortopiroxênios são raros. Os diques apresentam texturas subofíticas, intersetal e equigranular (e.g. Bossi et al., 1989, 1990) e não evidenciam efeitos de metamorfismo superimposto.

Os diques são essencialmente planares, indicando o caráter rígido da crosta na época de colocação dos diques. Apresentam comprimentos de 1 a 20 km e espessuras variando de 1 a 50 m. O lado leste do enxame é truncado por uma falha dextral N-S, a qual causou flexões regionais (ruptura, curvatura) nos diques ao longo da zona da falha (Bossi et al., 1989).

## AMOSTRAGEM E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A amostragem geocronológica foi efetuada em alguns dos diques mais espessos expostos em pedreiras. Diques com baixo conteúdo de  $\text{TiO}_2$  e micropegmátitos foram selecionados para os estudos radiométricos Rb/Sr e  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Também, duas amostras da rocha encaixante no contato (concentrados de biotita) com os diques foram selecionadas para as datações K-Ar. Uma delas (concentrado de anfíbólios) foi também selecionada para a metodologia  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . As datações  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  foram efetuadas no Institute of Human Origins em Berkeley (USA). As datações Rb/Sr e K/Ar foram efetuadas no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP.

Para as análises paleomagnéticas, foram coletados 64 blocos de rocha orientados e 21 testemunhos cilíndricos orientados pertencentes a 19 diques localizados nas proximidades de Florida, San José de Mayo e Nueva Helvecia. As amostras, depois de devidamente preparadas, foram submetidas aos tratamentos comumente empregados no paleomagnetismo (e.g. D'Agrella-Filho, 1992).

## RESULTADOS PRELIMINARES

### GEOCRONOLOGIA

Determinações  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  foram realizadas para minerais de 4 diques. Um exemplo do espectro de idades aparentes obtido para a biotita de um destes diques (U-202) é mostrado na fig. 2. Uma idade integrada de  $1709 \pm 14$  Ma foi obtida para este dique. Um patamar definido entre os steps D e M, nesta figura, forneceu uma idade de  $1728 \pm 3$  Ma. A hornblenda deste mesmo dique forneceu idades platô de  $1706 \pm 6$  Ma e  $1712 \pm 5$  Ma. Idades semelhantes foram obtidas em biotitas e muscovitas de outros dois diques: idade de  $1705 \pm 3$  Ma (muscovita) para o

sítio U-205 e idade em torno de 1700Ma para o sítio U-203 (biotita).

A datação  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  em biotita de um dos 4 diques datados (sítio U-206) forneceu idade integrada de  $1900 \pm 17\text{Ma}$ . O diagrama de idades aparentes obtido para este mineral, indica também uma perda parcial de argônio em torno de 1700Ma.

Determinações Rb/Sr foram realizadas em frações minerais (concentrados variavelmente magnéticos e rocha total) de diques e micropegmatitos. A análise do dique U-201 mostrou que as quatro frações com diferentes suscetibilidades magnéticas fornecem uma idade isocrônica de  $1779 \pm 87\text{Ma}$  ( $\text{R.I.} = 0,7045 \pm 0,0352$ ), a qual é compatível com as determinações  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  apresentadas acima. Entretanto, várias outras determinações Rb/Sr definem diagramas com idades aparentes entre 1,4 e 1,0Ga (Tabela 1), sugerindo a ocorrência de um evento térmico de baixa intensidade, durante o Proterozóico Médio, o qual provocou a re-homogeneização isotópica do sistema Rb/Sr. Este é o caso do diagrama isocrônico mostrado na fig. 3, obtido para quatro concentrados do dique do sítio U-202B, e que forneceu uma errócrona de  $1235 \pm 88\text{Ma}$  ( $\text{R.I.} = 0,7094 \pm 0,0517$ ). Este evento térmico é também sugerido nos steps iniciais (temperaturas mais baixas) de algumas determinações  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , como mostrado no exemplo da fig. 2. Em adição, várias idades aparentes K-Ar obtidas originalmente para diques da área estudada revelaram idades aparentes (plagioclásio e rocha total) entre 1,4 e 1,2Ga (Gomes Rivas, 1988).

Finalmente, uma errócrona definida por três concentrados do dique U-205B, forneceu uma idade de  $560 \pm 81\text{Ma}$  ( $\text{R.I.} = 0,7131 \pm 0,0139$ ), sugerindo o rejuvenescimento isotópico do sistema Rb/Sr deste dique, contemporaneamente à evolução do ciclo Brasiliano, ocorrida nos domínios marginais ao Craton Rio de La Plata.

## PALEOMAGNETISMO

Os espécimes preparados para a análise paleomagnética, foram submetidos a etapas (geralmente, 5mT) sucessivas de tratamento por campos alternados, até o campo máximo de 170mT, ou a etapas sucessivas de tratamento térmico, até atingir temperaturas máximas de 670°C-680°C. De modo geral, os espécimes analisados apresentaram um comportamento complexo diante dos tratamentos de laboratório. Para muitos deles, duas ou mais componentes de magnetização foram isoladas através do método de separação de componentes desenvolvido por Kirshvink (1980).

Vários grupos de direções foram identificados, sendo que o mais representativo corresponde à direções noroeste-nordeste ou sul-sudeste com inclinações baixas. Exemplos desta direção são apresentados na fig. 4. Em alguns casos, duas direções não muito distintas foram isoladas, como no caso da amostra apresentada na fig. 4a.

Curvas termomagnéticas foram obtidas para algumas amostras dos diques analisados. A maior parte delas sugere a presença de titanomagnetita com baixo conteúdo de Ti, como sendo o principal portador magnético presente na rocha. Entretanto, em alguns casos, as curvas termomagnéticas sugerem também a presença de maghemita, provavelmente, produto de oxidação das titanomagnetitas presentes nas rochas.

## CONCLUSÕES PRELIMINARES

1. As datações  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , K/Ar e Rb/Sr realizadas para as amostras coletadas, sugerem que o enxame de diques em estudo intridiu o Escudo Precambriano Uruguai, há aproximadamente 1,74Ga atrás. Esta idade é similar a idade Rb/Sr (c. 1,76Ga) de granítoides situado no terreno Nico Perez, adjacente à área em que os diques afloram (Campal et al., 1991). A razão inicial relativamente baixa obtida para os granítoides, sugere uma evolução juvenil para o terreno Nico Perez, embora ainda haja poucos dados isotópicos disponíveis para estas rochas. Tal fato sugere que o terreno Nico Perez poderia estar associado com o evento de rifling, o qual teria originado o enxame de diques há cerca de 1,74Ga atrás, após a estabilização tectônica da crosta continental do Proterozóico Inferior do oeste Uruguai (cerca de 2,0Ga).

2. Os dados geocronológicos definiram a imposição tardia de processos tectonotermais sobre os diques no período 1,4-1,0Ga e 0,56Ga, os quais causaram a remobilização isotópica de Sr e difusão parcial de Ar nos sistemas minerais destes diques. Este comportamento nos dados isotópicos sugere uma baixa intensidade térmica para estes processos.

3. Este quadro geológico complexo sinalizado para a área estudada, através da geocronologia, parece ter sido a causa do comportamento de multicomponentes apresentado pelos diques, diante dos tratamentos por campos alternados e térmico. Os vários grupos de direções obtidos foram tentativamente associados às idades radiométricas determinadas para os diques sendo que o grupo mais representativo de direções (NW-NE ou S-SE) pode ser de origem primária, relacionado à época de intrusão dos diques, há 1,74Ga. Seus respectivos polos paleomagnéticos serão comparados com outros de mesma idade obtidos para África e América do Sul.

Agradecemos à J. Bossi e N. Campal pela acessoria no trabalho de campo. Este trabalho teve o suporte financeiro da FAPESP, CNPq e FINEP.

## BIBLIOGRAFIA

Bossi, J., 1983. Breve reseña sobre el conocimiento geológico del Escudo Predevoniano en Uruguay (Sud América); *Zbl. Geol. Palaont.* 1(3/4): 417-429, Stuttgart, Alemania.

Bossi, J., Campal, N., and Pifleyro, D., and Gomes Rivas, C., 1989. First integrated photogeological map of the Precambrian dyke swarm of Uruguay: some geological inferences. *Bol. IG-USP, Série Cient.* 20: 57-60.

Bossi, J., Campal, N., Vivetta, L., Demarchi, G., Girardi, V.A.V., Mazzucchelli, M., Piccirillo, E.M., Rivalenti, G., Sinigoi, S., Teixeira, W., and Fragoso Cesar, A.R.S., 1990. Aspécitos petrogenéticos e geocronológicos do enxame de diques básicos do Uruguai. II workshop "Diques maficos do Brasil"IGCP-257 "Precambrian Mafic Dyke Swarms" TUGS-UNESCO. *Bol. Esp.*: 6-13.

Campal, N., Chulepim, H., and Bossi, J., 1991. International symposium on mafic dykes - Post meeting excursion: Part II - Uruguayan Precambrian mafic dyke swarm. Facultad de Agronomia, Univ. de la Repùblica, Montevideo, uruguay: 34pp.

D'Agrella-Filho, 1992. Paleomagnetismo de enxames de diques Proterozóicos e rochas do embasamento do Craton do São Francisco. tese de Doutorado, Dep. de Geofísica, IAG-USP: 201pp.

Gomez Rifas, C., 1988. La edad de los microgabros negros del Proterozoico Medio del Uruguay. Actas I Reunión de Geol. del Uruguay, salto: 106-107.

Kirshvink, J.L., 1980. The least-squares line and planes and the analysis of paleomagnetic data. Geophys. J. R. astr. Soc., 62: 699-718.

Umpierre, M., and Halpern, M., 1971. Edades Sr-Rb en rocas cristalinas del sur de R.O. Uruguay. Rev. Acad. Geol. Argentina, 26(2): 133-151.

**Tabela 1.** Resultados Rb/Sr isovrônicos obtidos para os diques e micropegmatitos (mcpg) do Uruguai.

Rocha	Campo (Nº)	Idade (Ma)	Razão Inicial
dique	U-201	1779±87	0,7045±0,0352
dique	U-202B	1235±88	0,7094±0,0517
mcpg	U-202A	1831±186	0,7038±0,0013
dique	U-205B	560±81	0,7131±0,0139
mcpg	U-205A	1366±18	0,7185±0,0010
dique	U-209B	964±100	0,7125±0,0014
dique +			
mcpg	U-216A	1116±90	0,7153±0,0569

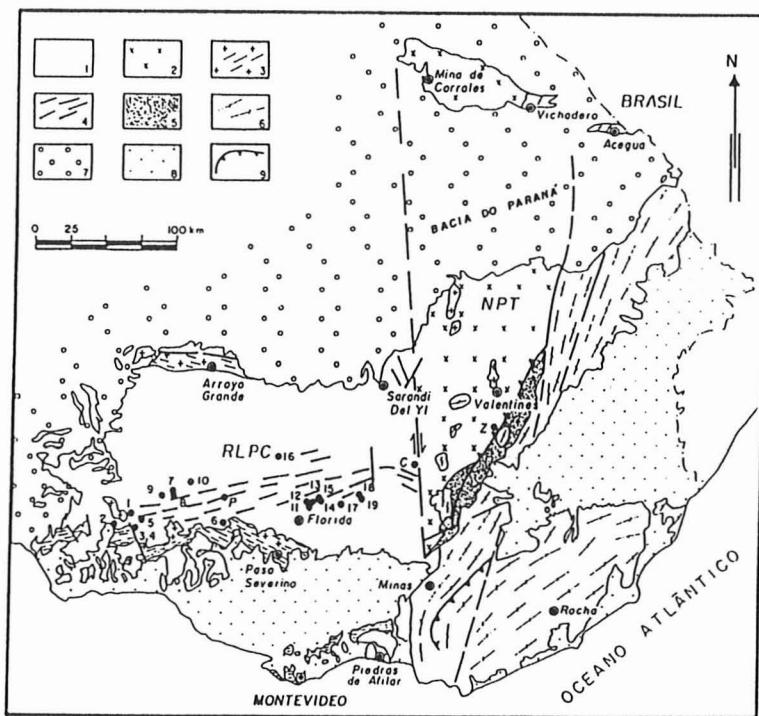


Figura 1 Mapa geológico da área investigada (adaptado de Campal et al., 1991). RLPC=Craton Rio de La Plata (1). NPT=Terreno Nico Perez de alto grau metamórfico (2). 3=Supracrustais de baixo grau e granitos intrusivos do Proterozóico Inferior. 4=Enxame de diques máficos. 5=Cinturão milonítico. 6=Cinturão do Proterozóico Superior. 7=Bacia do Paraná 8=Cobertura Fanerozóica. 9=Fallamentos e lineamentos principais (tracejado se inferido). Os círculos cheios representam os pontos de amostragem.

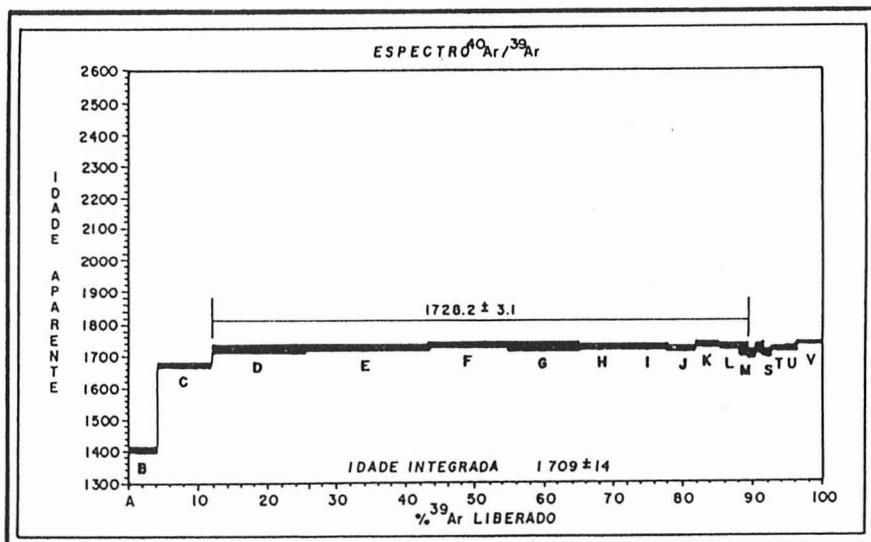


Figura 2. Diagrama de idades aparentes  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  obtido para a biotita do dique U-202.

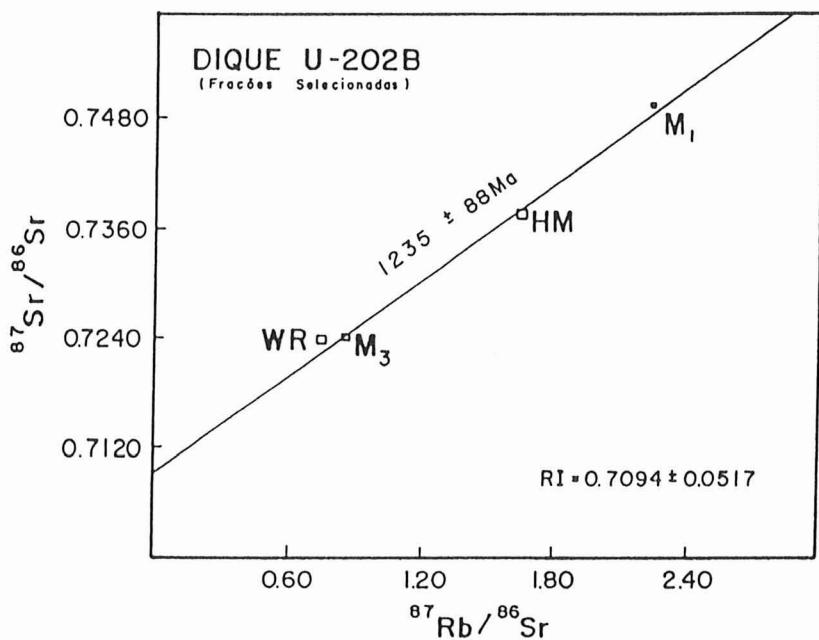


Figura 3. Diagrama isocrônico obtido para 4 concentrados minerais do dique U-202B.

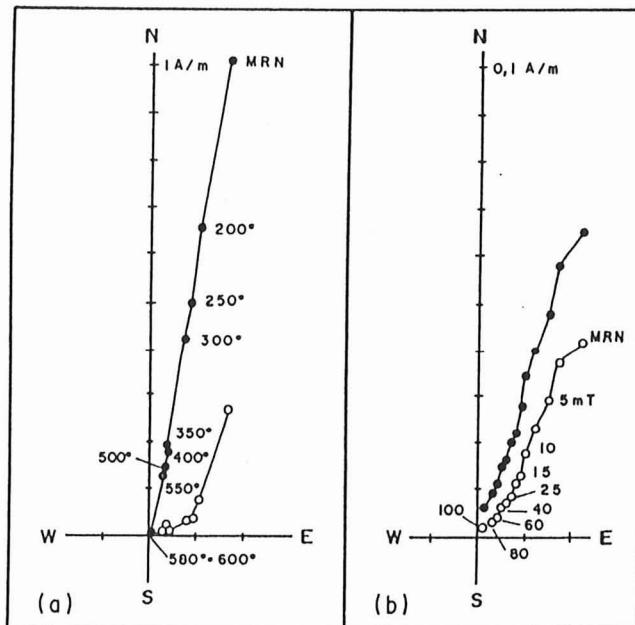


Figura 4. Diagramas de Zijderveld mostrando exemplos do comportamento magnético obtido para as amostras UG7-2A1 (sítio 207) (a) e UG5-3A1 (sítio 205). (b). Círculos cheios (vazios) representam projeções horizontais (verticais).