

ZIRCÃO – UMA FERRAMENTA IMPORTANTE NA CARACTERIZAÇÃO PETROGENÉTICA DE GRANITÓIDES NO BLOCO GAVIÃO, BAHIA

Marilda Santos Pinto*

Jean-Jacques Peucat**

RESUMO — *O estudo da morfologia do zircão fornece informações importantes sobre a geoquímica e a petrogênese de rochas granitóides além de ajudar a compreender melhor os resultados obtidos nas datações geocronológicas efetuadas neste mineral. A aplicação dessa metodologia, auxiliou a discriminação dos domínios geológicos no Bloco Gavião principalmente daqueles resultantes da fusão crustal.*

PALAVRAS-CHAVE: *Zircão; Granitóides; Bloco Gavião.*

ABSTRACT— *The morphological study of zircons gives important information about the geochemistry and petrogenesis of granitoids. It also allows a better understanding of geochronological measures performed with this mineral. This method applied to the Gavião Block helped to determine its geologic domains, mainly those derived from crustal melting.*

KEY WORDS: *Zircon; Granitoids; Gavião Block.*

INTRODUÇÃO

A tipologia do zircão tem sido empregada na petrologia desde o século passado. Recentemente, os trabalhos de PUPIN & TURCO (1972) e PUPIN (1980) têm mostrado a nítida correlação existente entre este mineral, as características físico-químicas e as fontes do magmatismo granítico.

* Prof. Titular, Área de Geociências, Dep. de Ciências Exatas (UEFS). Doutora em Ciências da Terra - Université de Rennes- França. E-mail: marilda@uefs.br, mspinto@cpunet.com.br

** Pesquisador do CNRS - Géosciences-Rennes, Université de Rennes I, França. Doutor em Geocronologia - França. E-mail: peucat@univ-rennes.fr

O Bloco Gavião é um dos blocos continentais arqueanos que constitui o embasamento do Craton do São Francisco, no Estado da Bahia. Ele registra uma história crustal de 3,4 Ga (MARTIN *et al.*, 1991; NUTMAN & CORDANI, 1993) a 2,0 Ga (SANTOS PINTO, 1996). O estudo da morfologia dos zircões das rochas granitóides foi uma ferramenta potente no entendimento e caracterização dos ambientes de cristalização, sendo bastante elucidativa, principalmente na distinção dos granitos originados por reciclagem crustal. Os resultados obtidos estão em acordo com aqueles fornecidos pela geoquímica de elementos maiores e pela isotópica.

ZIRCÃO

O zircão ($ZrSiO_4$) é um mineral acessório muito freqüente em todos os tipos de rochas. Nas rochas magmáticas, eles são automorfos e subdiomórficos. As cores variam de laranja, rosa, marrom ou, às vezes, marrom escuro, devido à metamitização. A sua granulometria varia de alguns micrometros a centímetros. A presença de núcleos com idades mais antigas do que aquelas encontradas nos bordos do grão indica a participação do mineral em eventos de reciclagem crustal. Estes núcleos representam relíquias de cristais de zircões mais antigos que, depois de terem sofrido uma erosão e/ou fusão parcial, recristalizaram guardando um núcleo representativo do protólito antigo.

TÉCNICAS DE SEPARAÇÃO

Para o zircão poder ser utilizado nos estudos de tipologia e geocronológicos, ele deve ser retirado da rocha e concentrado. Para tanto, várias etapas de preparação são necessárias. Neste trabalho, elas foram definidas conforme o volume de rocha britada disponível.

Amostras de 100 a 500 g

a-Redução granulométrica feita com o martelo

b-Peneiramento a 250 μ m

- Para pequenas quantidades, a fração mais densa foi recuperada após passagem no líquido denso de iodeto de metileno ($d=3.32$).

- Para quantidades grandes, a fração foi recuperada após passagem no Densitest (aparelho constituído de um prato submetido a balanços e a uma ventilação ascendente que faz uma separação mineral por densidade de uma fração isogranulométrica)

Amostras de 6 a 10 Kg

a-Passagem no moinho de disco

b-Peneiramento a 250mm

c-Recuperação da parte mais densa pela passagem na mesa de agitação de Mosley

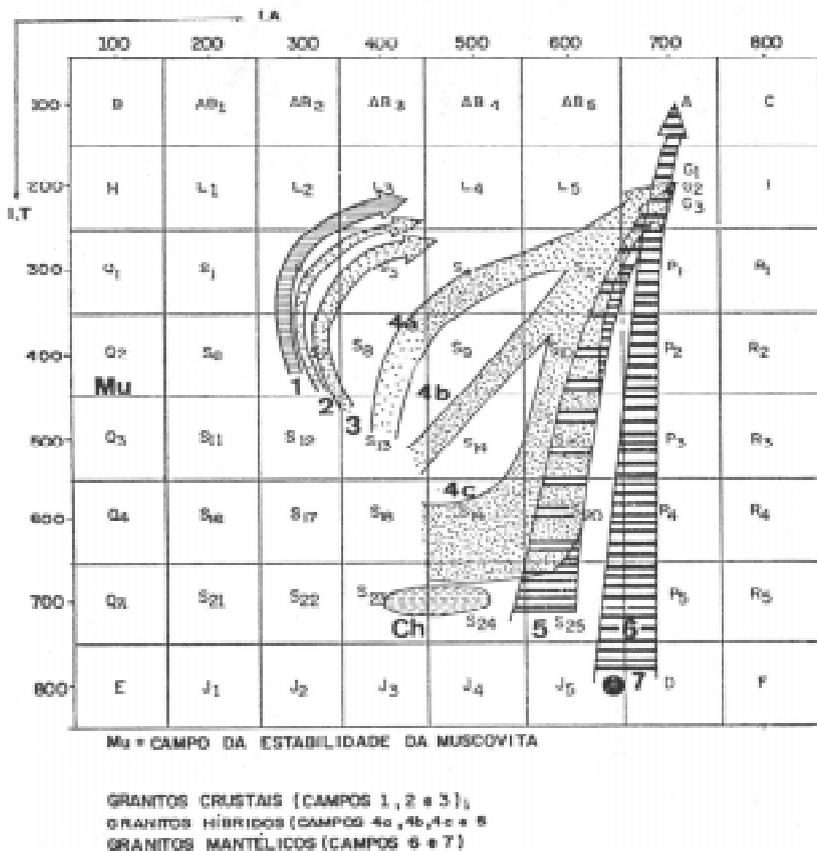
d-Passagem no separador magnético Frantz em correntes de 0,4A, 0,6A, 1A e 1,7A.

As etapas de separação mineralógica foram realizadas nos laboratórios de preparação de amostras e de separação de minerais do Instituto de Geociências-UFBA e de Geosciences Rennes – França.

TIPOLOGIA

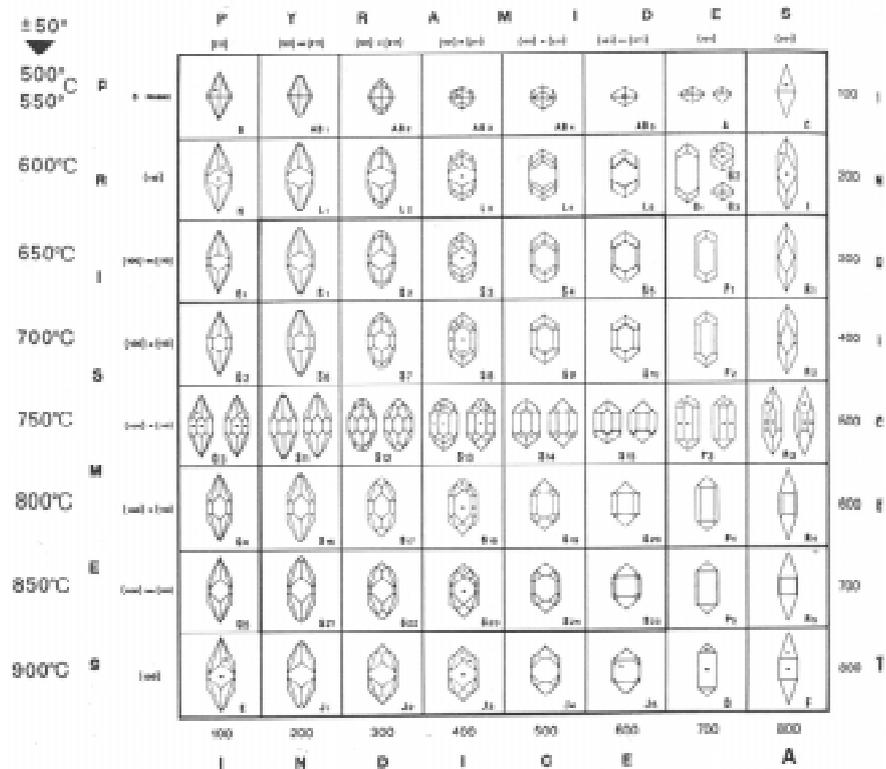
A classificação tipológica do zircão é baseada nas combinações possíveis entre os prismas {100} e {110} e as pirâmides {211} e {101} considerando as suas dimensões relativas. PUPIN & TURCO (1972) apresentaram a distribuição de populações de zircões pertencendo a diferentes séries de granitóides no diagrama I.A-I.T. (Figura 1).

Fig. 1 - Classificação tipológica do zircão (PUPIN & TURCO, 1972c).



O índice **A** está ligado ao quimismo do meio enquanto **T** indica a temperatura de cristalização. Os zircões do tipo S, com 25 subtipos, são os mais comuns. Os tipos L, G, P, J e D são tidos como muito abundantes. Todavia, os tipos C, I, R, e F com pirâmide {301} são considerados como puramente teóricos. Os prismas {100} são indicadores de altas temperaturas de cristalização enquanto que os prismas {110} indicam baixa temperatura. As pirâmides {211} se desenvolvem em ambientes fortemente aluminosos enquanto que as {101} são típicas de meios hiperalcalinos. Com base neste quadro, PUPIN (1980) propôs uma classificação genética para os granitóides. (Figura 2).

Fig. 2 – Quadro de tendência evolutiva tipológica (PUPIN, 1980).



Esse estudo, em geral, é realizado somente pela análise de diversos grãos montados em lâmina delgada e observados em microscópio petrográfico o que permite, principalmente, a identificação da estrutura interna dos grãos. Neste trabalho, no entanto, os zircões também foram examinados com o microscópio eletrônico de varredura visando uma identificação mais apurada das faces. As informações do ambiente de cristalização, obtidas com o auxílio da caracterização geométrica, facilitam a interpretação dos dados geocronológicos em monozircão.

USO NA GEOCRONOLOGIA

O zircão é utilizado na investigação geocronológica, pois ele tem a propriedade de conservar a informação isotópica U-Pb, mesmo se afetado pelo intemperismo, pelo metamorfismo ou mesmo pela anatexia. Mas, uma forte concentração em urânio pode danificar a estrutura cristalina do mineral, fenômeno que caracteriza a metamitização, e, então, o sistema isotópico poderá ser aberto principalmente pelo metamorfismo.

Vários métodos de datação utilizam o zircão. Eles podem ser classificados em:

1-Sem tratamento químico:

- Método de evaporação do chumbo em monozircão
- Microsonda iônica de alta resolução (SHRIMP)

2-Com tratamento químico:

- Método de dissolução com separação química de elementos
- Método de dissolução sem separação química de elementos

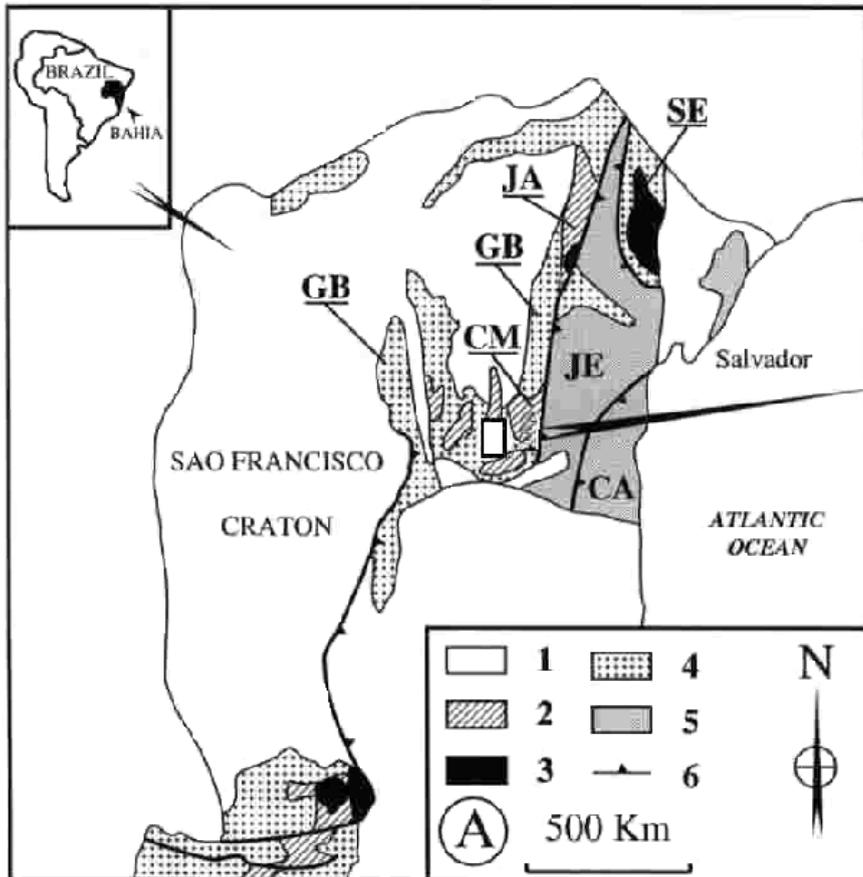
As idades em zircão dos granitóides estudados foram obtidas, segundo o método de evaporação do chumbo em monozircão (KOBBER, 1986, 1987), no laboratório de Geoquímica Isotópica de Geosciences Rennes, França. Na ausência de análises U-Pb pontuais no mineral, obtidas por SHRIMP, ele é apropriado para estudar os terrenos complexos, como no caso do Bloco Gavião, pois ele permite a observação das variações de idade num único grão, onde idades falsas, ou misturadas, podem ser obtidas usando o método convencional U-Pb (SÖDERLUND, 1996; PEUCAT *et al.*, 1996). Além disso, como as amostras não precisam de tratamento químico prévio, os resultados são obtidos rapidamente. O método baseia-se na mobilidade do chumbo (Pb^{+4}) contido no zircão, conforme a sua energia de ativação, pelo aumento de temperatura. Esse chumbo, resultante da desintegração radioativa do urânio, substitui o Zr^{+4} e o Hf^{+4} (elemento sempre presente na estrutura cristalina dos zircões) em diferentes níveis da rede cristalina do mineral. Ele é fracamente retido nas zonas de fraturas, nos defeitos cristalinos e nas

partes metamíticas que evoluíram em sistema aberto. Entretanto, é muito mais difícil retirá-lo das partes cristalinas perfeitas. O chumbo comum na forma Pb^{+2} encontra-se nas inclusões, nas fraturas ou adsorvido na superfície do cristal. Deste modo, um primeiro patamar de baixa temperatura ($2,6A \gg 1480^{\circ}C$), caracterizado por razões $^{207}Pb/^{206}Pb$ instáveis, sem significação geocronológica, libera o chumbo de retenção fraca ou uma mistura desse com o chumbo comum. Já nos patamares de alta temperatura ($2,8$ e $3,2A \gg 1520$ e $1600^{\circ}C$, respectivamente), a constância das razões isotópicas $^{207}Pb/^{206}Pb$ indica que o chumbo que está sendo liberado deve ter evoluído em sistema fechado. A média das razões isotópicas e dos seus desvios padrões permanece incerta com o método de evaporação, pois as idades $^{207}Pb/^{206}Pb$ são estritamente idades mínimas. Quando uma grande variação de idades é obtida, depois de repetidas análises de zircões complexos (muitas gerações num único grão), o valor mais antigo é interpretado como a idade mínima da primeira geração. O valor mais jovem pode ser: (1) idade máxima para os zircões neo-formados quando o chumbo radiogênico de ambas gerações de zircões é misturado (2) relacionado a alguma perda de chumbo radiogênico e sem significado geológico.

GEOLOGIA REGIONAL

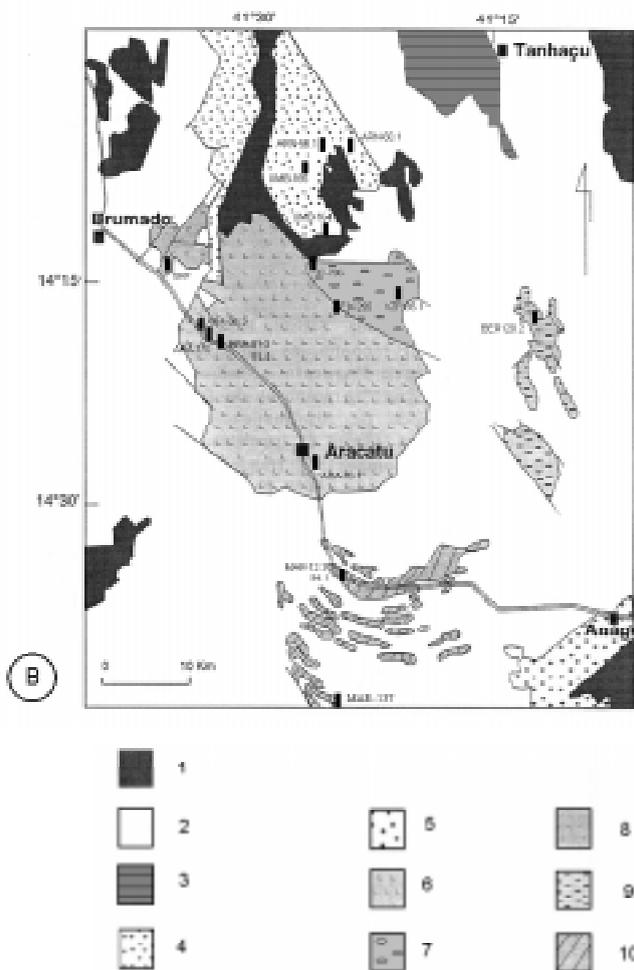
O embasamento do Craton do São Francisco é constituído de dois blocos crustais arqueanos (Blocos Jequié e Gavião) separados por um lineamento N-S do Proterozóico Inferior (Cinturões de Jacobina- Contendas Mirante) (CUNEY *et al.*, 1990; SABATÉ *et al.*, 1990) (Figura 3a).

Fig. 3 - A) – Mapa geológico simplificado do Cráton do São Francisco (LEDRU et al., 1994). 1- Formações Pós-Paleozóicas, 2- Cinturões vulcanossedimentares, 3- Greenstone belts, 4- Embasamento granito-gnaiss na fácies anfibolito, 5- Complexos granulíticos, 6- Falhas de acavalgamento transamazônicas. CA- Domínio Costeiro Atlântico, JE- Bloco Jequié, GB- Bloco Gavião, SE- Bloco Serrinha, CM- Contendas-Mirante e JÁ- Jacobina.



O Bloco Gavião aflora a oeste do lineamento. Ao norte, ele encontra-se sob as coberturas do Proterozóico Médio e Superior (Figura 3a). Na sua porção sul, entre as cidades de Brumado e Anagé, SANTOS PINTO (1996, 1998a e b) reconheceu os seguintes domínios geocronológicos compondo o seu embasamento:

Fig. 3 - B) – Mapa geológico da área de estudo (SABATÉ et al., 1988) com os pontos de amostragem para estudos tipológicos e geocronológicos utilizando o zircão. 1- Greenstone belt de Umburanas e formações vulcanossedimentares, 2- Complexo anfibolítico e metatexitico, 3- Coberturas do Proterozóico Superior, 4- Augen-gnaisses de Lagoa do Morro, 5- Umburanas (granito peraluminoso), 6- Aracatu (gnaisses cinzas TTG e granito), 7- Serra do Eixo (gnaisses graníticos e gnaisses alcalinos), 8- Serra da Franga (granito), 9- Bernada (gnaisses cinza TTG), 10- Mariana (gnaisses graníticos e granito)



- 1) Gnaisses do Arqueano Inferior:
 - gnaisses cinzas dos maciços Bernada e de Aracatu
 - gnaisses graníticos de Mariana e Serra do Eixo tipo 1
 - 2) Gnaisses do Arqueano Superior: gnaisses graníticos de Serra do Eixo tipo 2.
 - 3) Granitos do Proterozóico Inferior: Maciços de Umburanas, Mariana e Serra da Franga.
- A maioria dessas rochas sofreram importante migmatização. Além disso, foi detectada a influência do Proterozóico Médio e da orogênese Brasileira.

EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DA TIPOLOGIA DO ZIRCÃO NO BLOCO GAVIÃO

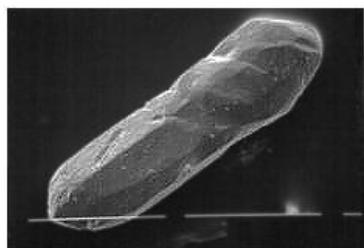
Dos domínios geocronológicos supracitados, os zircões dos gnaisses cinzas do Maciço de Aracatu e do granito de Umburanas foram escolhidos para compor este trabalho, pois os seus zircões mostram claramente uma diversidade de morfologia que é o reflexo dos processos petrogenéticos diferentes: os primeiros têm, provavelmente, uma origem juvenil a partir da fusão parcial de um toleíto arqueano transformado em anfibolito ou a partir de uma fonte mantélica enriquecida ou, mais provavelmente, com contaminação crustal, enquanto o outro é nitidamente o produto da reciclagem crustal (SANTOS PINTO, 1996). Os zircões do Maciço Mariana estão sendo apresentados pois têm uma feição morfológica que caracteriza os ambientes com alto potássio – as pirâmides (301) (PUPIN, 1980).

1- Maciço Aracatu

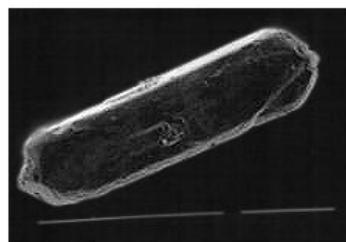
Os gnaisses cinzas Aracatu são TTG (trondjhemitos, tonalitos e granodioritos) constituídos de plagioclásio (An_{24-32}), quartzo, K feldspato, biotita, apatita, minerais opacos, esfeno, zircão e os minerais secundários epídoto, sericita e carbonato. Quimicamente, seguem o “trend” trondhjemítico (calcio-alcálico baixo potássio) com características semelhantes aos dos TTG arqueanos (MARTIN, 1994).

Os zircões dos gnaisses cinzas de Aracatu são alongados, automorfos, de cor rósea clara, com estruturas zonadas. Predominam os tipos S9, S13, S18 (Figura 4) que, segundo PUPIN (1980), são característicos das linhas cálcio-alcálicas (Figura 2). As idades obtidas variam entre 2.28 e 3.24 Ga que são, respectivamente, interpretadas como a idade máxima para o evento migmatítico e a idade mínima (3.240 ± 0.001 Ga) para o protólito magmático.

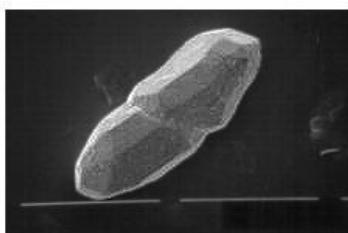
Fig. 4 – Zircões dos gnaisses cinza de Aracatu.



S9



S9



S13

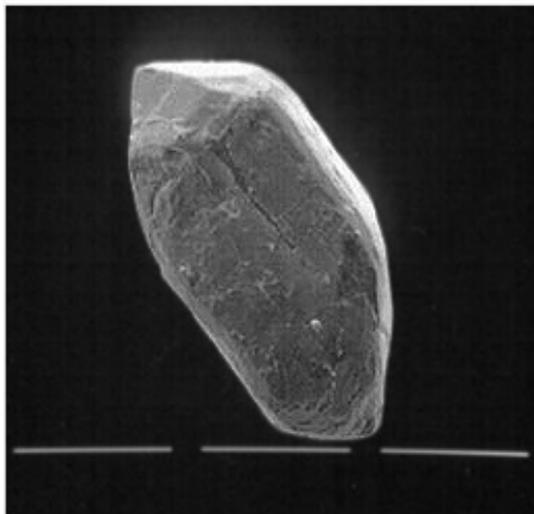
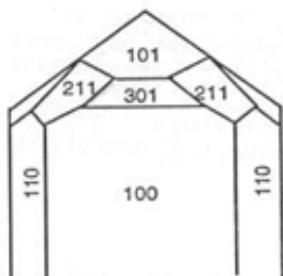
2- Maciço de Mariana

Os gnaisses graníticos de Mariana contém quartzo, K-feldspato, plagioclásio (An 24 - 36), biotita, minerais opacos, esfeno, apatita, zircão e epidoto secundário. Quimicamente, eles pertencem à série cálcio-alcálica rica em potássio.

Os zircões do gnaiss Mariana são marrons escuros, quase opacos, característica dos grãos metamíticos ricos em urânio o que impede a observação da estrutura interna. Eles são do tipo S24-25 com algumas faces 301 desenvolvidas (tipo U24)

(Figura 5) que são características de composições calcio-alcalinas a alcalinas (PUPIN, 1980), principalmente nos meios potássicos. Três grãos forneceram idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 2.7 e 3.26 Ga. A idade de 3.259 ± 0.005 Ga é considerada como a idade mínima do protólito sendo que as idades em torno de 2.7 Ga são relacionadas à perda de chumbo radiogênico dos zircões metamíticos. Dois dos grãos apresentaram idades antigas e homogêneas desde os patamares de baixa temperatura o que deixa vislumbrar a presença de uma estrutura interna simples, o que não pode ser observado em lâmina por causa da metamitização, e de um sistema isotópico estável.

Fig. 5 – Zircão tipo U24 ressaltando a presença fácies 301 no gnaisse granítico de Mariana.



3- Granito de Umburanas

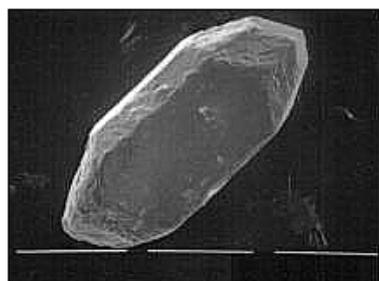
O Granito de Umburanas é composto de quartzo, plagioclásio (An_{25-28}), microclina, biotita, apatita, zircão e monazita e, como minerais secundários epidoto, muscovita e sericita. É um biotita granito, peraluminoso e com coríndon normativo (1 - 2.9%) com $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ molecular variando de 1.1% to 1.2%.

Os zircões do granito de Umburanas são marrons a cinza claros, automorfos e subidiomorfos, algumas vezes fraturados,

com zoneamento magmático. No entanto, a característica mais marcante é a abundância de núcleos bem desenvolvidos. Em lâmina delgada, foram observados grãos do tipo S1, S4, S6, S12 e, através da microscopia eletrônica, grãos S2, S3, S7, e S13 (Figura 6). Essa morfologia é típica dos grãos formados de magmas anatóticos, como mostrado na Figura 2. As idades obtidas por evaporação em monozircão variam de 2.57 à 3.13 Ga, mas a maioria é superior à 3.0 Ga. As idades mais antigas, a partir das informações derivadas do estudo tipológico dos zircões, são interpretadas como relativas aos núcleos antigos e as mais jovens, como o produto da mistura entre a crosta antiga e o estágio anatótico. Para caracterizar o segundo evento, dois grãos de monazita foram datados pelo método da evaporação (PEUCAT & KOUMELAN, 1997). A idade obtida foi de 2049 ± 6 Ma .

Os dados isotópicos confirmam a origem crustal desses granitos: e_{Nd} e os valores do Sr inicial à 2.05 G.a são de -14 e 0.730 - 0.752, respectivamente.

Fig. 6 – Zircões do granito Umburanas.



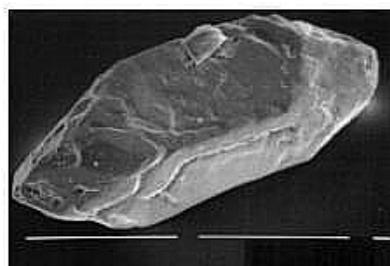
S7



S11-13



S3



S2

CONCLUSÃO

A tipologia do zircão aplicada às rochas do Bloco Gavião revelou parâmetros compatíveis com aqueles obtidos pela análise de elementos maiores, terras raras e isótopos. Ele foi de suma importância na compreensão dos dados geocronológicos obtidos por evaporação em monozircão. Assim, a tipologia do zircão firma-se como uma ferramenta importante, rápida e de baixo custo na pesquisa dos terrenos granitóides.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNEY, M.; SABATE, P.; VIDAL, P.; MARINHO, M.M.; CONCEIÇÃO, H. The 2Ga peraluminous magmatism of the Jacobina-Contndas-Mirante belt (Bahia, Brazil): major and trace element geochemistry and metallogenic potential. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v.44, p.123-141, 1990

KOBER, B. Whole-grain evaporation for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -age-investigations on single zircons using a double-filament thermal ion source. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v.93, p.482-490, 1986.

_____. Single-zircon evaporation combined with Pb+ emitter bedding for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -age investigations using thermal ion mass spectrometry, and implications to zirconology. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 96, p. 63-71, 1987.

MARTIN, H. The Archaean grey gneisses and the genesis of continental crust, In: CONDIE, K. C. (ed.), **Archaean Crustal Evolution**, Elsevier, p. 205-259, 1994.

MARTIN, H.; PEUCAT, J.J.; SABATE, P.; CUNHA, J.C. Un segment de croûte continentale d'âge archéen ancien (3,4 milliards d'années): le massif de Sete Voltas (Bahia, Brésil). **Cahiers de Recherche de l'Academie des Sciences de Paris**, v.313, p. 531-538, 1991

NUTMAN, A.P.; CORDANI, U.G. SHRIMP U-Pb geochronology of Archaean granitoids from Contendas-Mirante area of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil. **Precambrian Research**, v.63, p.179-188, 1993.

PEUCAT, J.J.; CAPDEVILA, R.; DRARENI, A; CHOUKROUNE, P.; FANNING, C.M.; BERNARD GRIFFITHS, J.; FOURCADE, S. Major and trace element geochemistry and isotope (Sr, Nd, Pb, O) systematics of na Archaean basement involved in a 2.0 Ga very high-temperature (1000°C) metamorphic event: In Ouzal Massif Hoggar, Algeria. **Journal of Metamorphic Geology**, v.14, p.667-692, 1996.

PEUCAT, J.J.; KOUAMELAN, A. TIMS evaporation Pb dating applied to monazite and baddeleyite. EUG9, **Terra Nova**, v. 9, p.41. 1997. Abstract Supplement 1

PUPIN, J. P. Zircon and granite petrology. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v.73, p.207-220, 1980.

PUPIN, J. P.; TURCO, G. Le zircon accessoire en géothermométrie. **Cahiers de Recherche de l' Academie des Sciences de Paris**, t. 278[D], p.2121-2124, 1972c.

SABATE, P.; MARINHO, M.M.; VIDAL, P.; CAEN-VACHETTE, M. The 2 Ga peraluminous magmatism of the Jacobina-Contendas-Mirante belts (Bahia, Brazil): geologic and isotopic constraints on the source. **Chemical Geology**, v.83, p.325-338, 1990.

SANTOS PINTO, M.A Le recyclage de la croûte continentale archéenne: exemple du Bloc du Gavião (Bahia - Brésil). **Mémoires de Geosciences Rennes**, v. 75, Geosciences Rennes, 193p, 1996.

SANTOS PINTO, M.; PEUCAT, J.J.; MARTIN, H.; SABATE, P. Recycling of the Archaean continental crust: the case study of the Gavião Block, Bahia, Brazil. **Journal of South America Earth Sciences**, v.11, n.5, p.487-498,1998

_____. Reciclagem da crosta continental arqueana: Exemplo Do Bloco Gavião, Bahia, Brasil. In: CONCEIÇÃO, H. *et al.* (eds.) **Contribuição ao estudo dos granitos e rochas correlatas**, Salvador: SBG-Núcleo Bahia-Sergipe, p. 4-19, 1998. Publ.Esp. 5.

SÖDERLUND, U. Conventional U-Pb dating versus single-grain evaporation dating of complex zircons from a pegmatite in the high-grade gneisses of southwestern Sweden. **Lithos**, v.38, p.93-105, 1996.