

GEOCRONOLOGIA DA GRANITOGÊNESE DA PROVÍNCIA AMAZÔNIA CENTRAL BRASILEIRA: UMA REVISÃO

MOACIR JOSÉ BUENANO MACAMBIRA*, JEAN-MICHEL LAFON**, ROBERTO DALL'AGNOL***, HILTON COSTI**** e XAFI DA SILVA JORGE JOÃO*****

ABSTRACT GEOCHRONOLOGY OF GRANITIC ROCKS FROM BRAZILIAN CENTRAL AMAZONIAN PROVINCE: A REVIEW. A review of the Rb-Sr data of granitic rocks from the Brazilian Central Amazonian Province is presented. Three major periods of magmatic activity were defined, ranging from Archaean to Proterozoic times: 1. Archaean granitoids (> 2.500 Ma) of tonalitic, trondhjemitic and granodioritic compositions, generally metamorphosed and associated to granite-greenstone sequences; 2. Granitoids of Transamazonian age (c.a. 2.000 Ma) possibly related to the Transamazonian event; and 3. Middle Proterozoic anorogenic granitoids (1.600 Ma - 1.750 Ma). Archaean and Transamazonian granitoids show isotopic characteristics of the mantle or of a low time crusted residence material. The initial strontium ratios of the Middle Proterozoic anorogenic granitoids are higher than the typical mantle ones and range from 0,7068 to more than 0,715. Detailed Rb-Sr isotopic studies for the latter rocks show in a same body an increase of the initial isotopic ratios and a decrease of the corresponding age from the less to the more evolved facies. Comparison with recent U-Pb zircon ages from the same or similar bodies led us to think that the observed spreading and lower values of the Rb-Sr age of these granitoids could be explained by effect of late magmatic alteration processes, differences in the magmatic source or by crustal contamination phenomena during the crystallization.

Keywords: Geochronology, Amazonia, granitoids.

RESUMO Neste trabalho, apresenta-se uma revisão dos dados Rb-Sr disponíveis sobre os granitóides da Província Amazônica Central. Tenta-se levantar critérios de correlação e controle da granitogênese da Província Amazônica Central no tempo geológico a fim de melhor entender os processos de formação e a evolução dos granitóides dessa região. Foram distinguidos três grandes grupos de granitóides, distribuídos do Arqueano ao Proterozóico Médio: 1. granitóides arqueanos (> 2.500 Ma) de composições tonalíticas, trondhjêmicas e granodioríticas, em geral metamorfisados e aparentemente associados aos terrenos do tipo granito *greenstone belt*; 2. granitóides de idade transamazônica (cerca de 2.000 Ma), cujos dados químicos sugerem, provavelmente, um reflexo no cráton arqueano, do Ciclo Transamazônico; 3. granitóides anorogênicos do Proterozóico Médio (1.600 Ma - 1.750 Ma), comparativamente mais abundantes e melhor estudados, são divididos em 2 grupos: 3.1. granitos similares ao tipo A e 3.2. granitos com magnetita, análogos ao tipo I Caledoniano. Os granitóides arqueanos e os de idade transamazônica mostram razões isotópicas iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, características do manto ou de material de curta residência crustal, enquanto os granitóides do Proterozóico Médio apresentam razões tipicamente crustais. Estudos isotópicos detalhados em corpos individualizados mostram uma redução no valor da idade e um aumento da razão inicial no sentido das fácies mais evoluídas. A comparação dos dados Rb-Sr com aqueles obtidos pelo método U-Pb em zircões leva a pensar que as variações e os mais baixos valores observados para as idades Rb-Sr não são sempre ligados diretamente à idade verdadeira de cristalização, e sim relacionados à maior sensibilidade do método Rb-Sr às transformações tardias e pós-magmáticas, às diferenças nas fontes magmáticas e/ou a fenômenos de contaminação crustal.

Palavras-chaves: Geocronologia, Amazônia, granitóides.

INTRODUÇÃO A região Amazônica encerra um vasto e variado conjunto de rochas granitóides com idades que se estendem desde o Arqueano até o Proterozóico Médio. O entendimento dessas rochas, bem como das demais que ocorrem no Cráton Amazônico, tem sido retardado não só pelas dificuldades de acesso à região, como também pela intensa alteração intempérica a que elas foram submetidas. Contudo, um avanço significativo no conhecimento geológico tem se processado nas duas últimas décadas, impulsionado, sobretudo, pelas descobertas de importantes jazidas minerais. Paralelamente à acumulação de diversas informações geológicas, várias propostas de classificação, sistematização e modelos evolutivos têm sido apresentadas para as unidades litológicas regionais. No entanto, como os dados disponíveis são poucos em relação à vastidão da área, são frequentes as generalizações,

ausência de comprovações e pontos conflitantes nas diversas propostas apresentadas.

Em relação à geocronologia absoluta, os dados existentes são também reduzidos. Contudo, permitem visualizar a distribuição temporal e geográfica dos grandes eventos formadores de rochas que atuaram na região. Em contrapartida, esses dados não têm permitido um avanço muito significativo na compreensão da evolução desse setor da crosta em termos de geoquímica isotópica. Essa limitação deve-se ao fato de a maioria dos dados isotópicos ter sido obtida por meio de isócronas ditas "de referência", construídas a partir de amostras de diversos corpos, por vezes em relações genéticas incertas, levando a dúvidas e imprecisões nos resultados e, conseqüentemente, nas respectivas interpretações.

Nos últimos anos, um número crescente de informações de

* Laboratório de Geologia Isotópica, Centro de Geociências, Caixa Postal 1611, Universidade Federal do Pará, CEP 66059, Belém, PA, Brasil, e Laboratoire de Géochimie Isotopique, URA 13-71, Université de Montpellier II, France

** Laboratório de Geologia Isotópica, Centro de Geociências, Caixa Postal 1611, Universidade Federal do Pará, CEP 66059, Belém, PA, Brasil

*** Departamento de Geoquímica e Petrologia, Centro de Geociências, Caixa Postal 1611, Universidade Federal do Pará, CEP 66059, Belém, PA, Brasil

**** Parapanema S/A, Rua Serzedelo Correia, 944, CEP 66000, Belém, PA, Brasil

***** Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Avenida Dr. Freitas, 3645, CEP 66000, Belém, PA, Brasil

geocronologia e geoquímica isotópica de granitóides relativamente bem conhecidos da Província Amazônica Central vem sendo acumulado, Embora esses dados tenham sido obtidos essencialmente pelo método Rb-Sr, os casos aqui analisados parecem significativos por não apresentarem *a priori* fatores complicadores para a metodologia utilizada. Este trabalho procura, devido às limitações citadas, sintetizar os dados existentes, destacando aqueles mais confiáveis em termos metodológicos e traçar um esboço da geoquímica isotópica do Sr para os granitóides da Província Amazônica Central brasileira.

GRANITOGÊNESE DA PROVÍNCIA AMAZÔNIA CENTRAL Várias propostas têm sido apresentadas para a compartimentação da região. Amazônica em domínios geotectônicos (por exemplo, Cordani *et al.* 1979, Amaral 1984, Santos 1984, Santos & Loguércio 1984, Lima 1984). Apesar de conflitantes em alguns pontos, os modelos propostos em geral aceitam a existência de um núcleo de idade predominantemente arqueana, não radicalmente afetado por eventos posteriores. Esse núcleo, denominado Província Amazônica Central (Cordani & Brito Neves 1982, Teixeira *et al.* 1989) em sua parte brasileira, será usado como referência geotectônica neste trabalho. O fato dessa província ser tida como estável desde o Arqueano reduz os riscos de interpretações dúbias dos dados geocronológicos, especialmente aqueles obtidos pelo método Rb-Sr.

Dal'Agnol *et al.* (1987) sintetizaram os principais aspectos da granitogênese na Província Amazônica Central. Segundo esses autores, podem ser distinguidos três grandes grupos de granitóides, distribuídos do Arqueano ao Proterozóico Médio: 1. granitóides arqueanos (> 2.500 Ma); 2. granitóides de idade transamazônica (cerca de 2.000 Ma); e 3. granitóides anorogênicos do Proterozóico Médio (1.800 Ma - 1.400 Ma). Os últimos foram, até o momento, comparativamente melhor estudados. A figura 1 mostra as principais unidades estratigráficas da região Amazônica, destacando os granitóides discutidos no presente artigo.

Os granitóides arqueanos conhecidos estão melhor representados na porção oriental da Província Amazônia Central, sobretudo no interflúvio dos Rios Xingu e Araguaia; possuem geralmente composições tonalíticas, trondhjêmicas e granodioríticas, correspondendo às séries cálcio-alcálicas, tonalítico-trondhjêmicas ou granodioríticas no sentido de Bowden *et al.* (1984), conforme deduções de Dall'Agnol *et al.* (1987). Os granitóides estão presentes quase sempre em terrenos do tipo granito-*greenstone* e muitos deles se encontram metamorfisados e comportando eventuais estruturas miloníticas.

Embora se suspeite da existência de amplas regiões afetadas pelo Ciclo Transamazônico no interior da Província Amazônia Central, os granitóides do segundo grupo não têm sido muito estudados no Brasil. Há exemplos de granitóides transamazônicos na Venezuela (Gaudette *et al.* 1978), no domínio do que se estima ser a continuação da referida província (Cordani & Brito Neves 1982). Da mesma forma, granitóides transamazônicos são reconhecidos na Guiana, Suriname e Guiana Francesa, porém, nestes casos, nos domínios da Província Maroni-Itacaiúnas (Gibbs & Barren 1983, De Veeter 1984, Gruau *et al.* 1985). No Brasil, o Adamelito Água Branca e similares, com idades em torno de 1.950 Ma, parecem ser os mais representativos desse período. Os dados químicos existentes sugerem que esses granitóides estejam relacionados a um magmatismo cálcio-alcálico e, provavelmente, associado ao Ciclo Transamazônico que teria sido mais intenso na porção norte do Escudo das Guianas.

Os granitóides do terceiro grupo têm ampla distribuição em toda a província e são uma de suas feições geológicas mais marcantes. Os mesmos foram divididos em dois sub-grupos: a. granitos predominantemente alcalinos, similares aos granitos do tipo A, por vezes com variedades rapakivíticas, gerados,

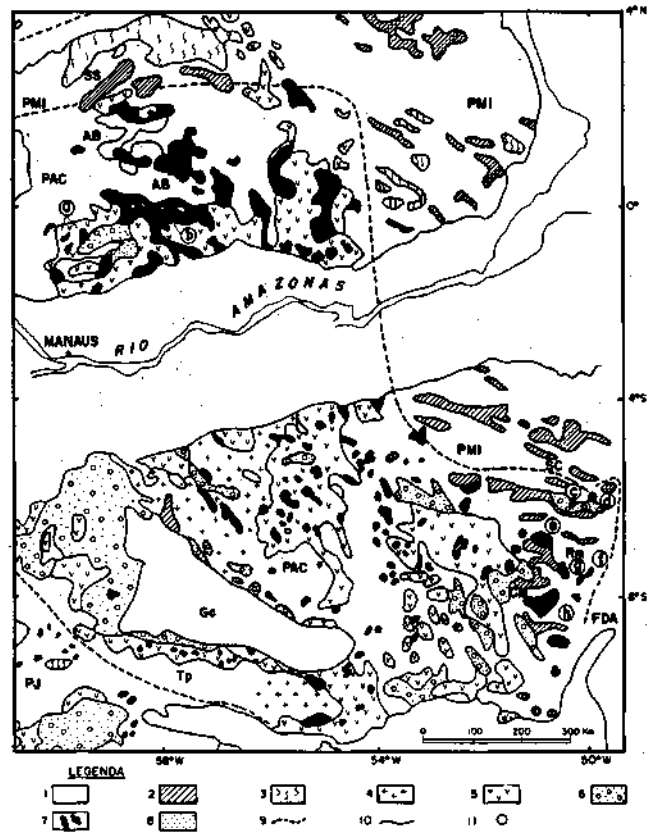


Figura 1 - Mapa geológico simplificado da porção oriental do Cráton Amazônico (segundo Schobbenhaus *et al.* 1981, Gibbs & Barron 1983, Hasui & Almeida 1985, modificado). 1. Embasamento indiferenciado; 2. Seqüências metavulcânicas e metassedimentares; 3. Terrenos metamórficos de alto grau; 4. Granitóides de Idade Transamazônica; 5. Vulcanismo Uatumã e similares; 6. Cobertura sedimentar pré-cambriana; 7. Granitóides anorogênicos; 8. Rochas vulcânicas e plutônicas básicas; 9. Limites entre províncias tectônicas (Cordani & Brito Neves 1982); 10. Limites de ocorrência de rochas pré-cambrianas; 11. Granitos anorogênicos discutidos no texto: a. Granito Pitinga, b. Granito Serra do Acari, c. Granito Cigano, d. Granito Serra dos Carajás, e. Granito Seringa, f. Granito Jamon, g. Granito Musa, h. Granito Redenção; PAC = Província Amazônica Central; PMI = Província Maroni Itacaiúnas; PJ = Província Jurueña; FDA = Faixa de Dobramentos Araguaia; AB = Adamelito Água Branca; SS = Granito South Savanna; Ge = Gráben do Cachimbo, Tp = Suíte Teles Pires; SC = Serra dos Carajás; Rm = Região de Rio Maria

provavelmente, por anatexia crustal de rochas granulíticas; b.

granitos da série com magnetite, possuindo algumas analogias químicas com granitos do tipo I caledoniano, derivados possivelmente da anatexia de rochas metaigneas de terrenos granito-greenstone (Dall'Agnol *et al.* 1987) ou da interação de magmas gerados no manto com a crosta (Gastai 1987). Os granitos do primeiro grupo são freqüentemente mineralizados em estanho.

TÉCNICAS EXPERIMENTAIS As amostras analisadas no Laboratório de Geologia Isotópica (LGI) da Universidade Federal do Pará (UFPA) foram coletadas em maciços individualizados, nos quais tem-se evidências petrológicas que asseguram ou indicam fortemente a cogeneticidade das mesmas. A constante de desintegração do ^{87}Rb utilizada para o cálculo da idade é de $1,42 \times 10^{11}$ anos $^{-1}$ (Steiger & Jäger 1977). Os dados provenientes de outras fontes foram recalculados, quando necessário, com essa mesma constante.

Os teores de rubídio e estrôncio, bem como a composição isotópica do estrôncio, foram obtidos por diluição isotópica (traçador misto ^{87}Rb - ^{84}Sr) por intermédio do espectrômetro de massa VGISOMASS 54E com monocóletor.

Os teores preliminares de Rb e Sr foram obtidos por fluorescência de raios X. Os erros experimentais médios das razões medidas são respectivamente de 0,5% para a razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ e inferior a 0,01% para a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Os cálculos de regressão tiveram como base a teoria de York (1966 a 1969) e o algoritmo modificado de Williamson (1968).

SÍNTESE DOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS EM GRANITÓIDES DA PROVÍNCIA AMAZÔNIA CENTRAL

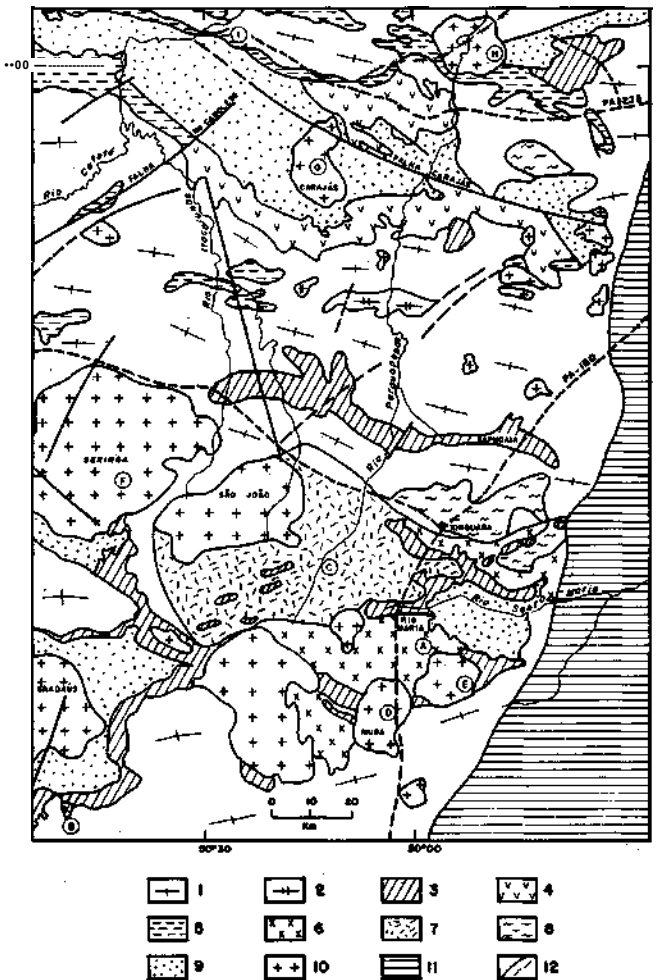
Granitóides Arqueanos Gnaisses graníticos (s.l.) ocorrem com freqüência na parte meridional da Província Amazônica Central. Esses gnaisses são metamorfisados na fácies xisto-verde a anfíbolito e se enquadram no Complexo Xingu, juntamente com outros litotipos mal caracterizados. Quase todas as datações disponíveis para essas rochas provêm de dados K-Ar e Rb-Sr (de "referência"), sugerindo idades que variam em torno de 2,7 Ga e de 2,0 Ga (Cordani *et al.* 1984). Uma exceção é a idade de $2.851 \text{ Ma} \pm 4 \text{ Ma}$ (U-Pb em zircões) fornecida por Machado *ai.* (1988) para um metadiorito intrusivo em gnaisses do Complexo Xingu, proveniente da região da Serra dos Carajás.

O batólito granodiorítico Rio Maria, que ocorre na extremidade sudeste da Província Amazônica Central (Fig. 2), é representativo dos granitóides arqueanos. Este corpo é intrusivo nas seqüências de greenstone da Serra das Andorinhas, e foi estudado em detalhes por Medeiros (1987) e Medeiros & Dal'Agnoll (1988) que o caracterizaram como pertencentes à série cálcio-alcálica. Montalvão *et al.* (1984) obtiveram para amostras do referido granodiorito e de granitóides da Fazenda Mate Geral (80 km a SW da cidade de Rio Maria) uma idade de $2.660 \text{ Ma} \pm 40 \text{ Ma}$, com razão isotópica inicial de $0,70288 \pm 0,004$. Posteriormente, Gastai *et al.* (1987) analisaram amostras provenientes unicamente do corpo granodiorítico de Rio Maria e obtiveram uma idade de $2564 \text{ Ma} \pm 63 \text{ Ma}$, com uma razão isotópica inicial de $0,70288 \pm 0,00092$ ($1 < \tau$) e MSWD de 2,45.

Rochas de composição tonalítico-trondhjemitica (Trondhjemitite Mogno, Huhn *et al.* 1988), ocorrentes poucos quilômetros ao norte do Granodiorito Rio Maria, não forneceram uma boa isócrona Rb-Sr ($2.614 \text{ Ma} \pm 120 \text{ Ma}$ com razão isotópica inicial de $0,7025 \pm 0,0005$ (lo-) e MSWD de 96,9, segundo Macambira *et al.* (1988). Esses valores comprovam a contemporaneidade do Trondhjemitite Mogno com o Granodiorito Rio Maria, confirmada por Montalvão *et al.* (1988). Esses autores apresentaram dados geocronológicos Rb-Sr de trondhjemitos dessa mesma área, que teriam uma idade de $2.680 \text{ Ma} \pm 60 \text{ Ma}$ e razão isotópica inicial de $0,7017 \pm 0,0002$.

O Granodiorito Cumaru ocorre na região da Serra dos Gradaús (SE do Pará) (Fig. 2), e é constituído de pelo menos três, de forma mais ou menos circulares, que intrudem em seqüências tipo greenstone belt. Esses granitóides são cortados por zonas de cisalhamento, nas quais se encontram as mineralizações de ouro da região (Macambira *et al.* 1986).

Figura 2 — Mapa Geológico detalhado da Província Mineral



de Carajás (SE do Estado do Pará), (Segundo DOCEGEO (1988), modificado e simplificado). 1. Complexo Xingu indiferenciado; 2. Complexo Pium; 3. Seqüências tipo greenstone belt (Supergrupo Andorinhas); 4. Formações Metavulcânicas e metassedimentares (Grupo Grão Pará); 5. Formações Metavulcânicas e metassedimentares (Grupo Salobo-Pojuca); 6. Granodiorito tipo Rio Maria; 7. Trondhjemitite Mogno e Tonalito Parazônia; 8. Meta Granitóides tipo Estrela e Xinguara; 9. Grupo Rio Fresco; 10. Granitos anorogênicos do Proterozóico Médio; 11. Faixa de Dobramentos Araguaia: A. Granodiorito Rio Maria, B. Associação Trondhjemitica-Tonalítica (Trondhjemitite Mogno e Tonalito Parazônia), C. Granodiorito Cumaru, D. Granito Musa, E. Granito Jamon, F. Granito Seringa, G. Granito Serra dos Carajás, H. Granito Cigano

Figure 2 - Detailed geological map of the metallogenetic Province of Carajás (modified and simplified from DOCEGEO 1989). 1. Undifferentiated Xingu Complex; 2. Pium Complex; 3. Greenstone belt sequences (Andorinhas supergroup); 4. Metasedimentary and metavolcanic series (Grão Pará group); 5. Metasedimentary and metavolcanic series (Salobo-Pojuca group); 6. Rio Maria granodiorite; 7. Mogno Trondhjemitite and Parazônia tonalite; 8. Estrela and Xinguara metagranitoids; 9. Rio Fresco group; 10. Middle Proterozoic anorogenic granites; 11. Araguaia fold belt; A. Rio Maria Granodiorite, B. Trondhjemitites and tonalites, C. Cumaru Granodiorites, D. Musa Granite, E. Jamon Granite, G. Serra dos Carajás Granite, H. Cigano Granite

Dados geocronológicos obtidos no LGI pelo método Rb-Sr em rocha total forneceram uma idade de $2.543 \text{ Ma} \pm 53 \text{ Ma}$, com razão isotópica inicial de $0,70311 \pm 0,00034$ (Ia) e MSWD de 1,87 (Lafon & Macambira 1990). Esses dados, juntamente com as semelhanças petrográficas existentes entre o Granodiorito Cumaru e o Granodiorito Rio Maria, levam a acreditar que os dois possam estar associados ao mesmo evento magmático.

Granitóides de idade transamazônica (Pré-Vulcanismo Uatumã) Na Província Amazônica Central, uma das suítes de idade transamazônica melhor conhecida e representativa dos granitóides pré-vulcanismo Uatumã (Santos 1982) é o Adamelito Água Branca. O mesmo ocorre no NW do Estado do Pará, no norte do Estado do Amazonas e no SE do Território de Roraima. A relação geotectônica do adamelito com o Ciclo Transamazônico não está bem esclarecida e pode representar um reflexo desse ciclo na Província Amazônica Central (Dal'Agnoletti *et al.* 1987). O Adamelito Água Branca tem ampla distribuição na porção centro-sul do Escudo das Guianas (Santos 1984, Jorge João *et al.* 1985a), ao passo que os Granodioritos Jamanxim e Parauari, tidos como contemporâneos ao adamelito (Santos 1982), ocupam vastas áreas da bacia dos Rios Tapajós e Jamanxim, na porção centro-norte do Escudo Brasil Central. Mais ao sul, ainda dentro dessa unidade geotectônica, na região dos Rios Juruena e Teles Pires, também existem granitóides similares aos anteriormente mencionados (Santos & Loguércio 1984). Esse magmatismo tem grande expressão na parte central da província em discussão onde, em muitas áreas, não são muito bem definidas as unidades correspondentes ao embasamento regional.

Após Santos & Reis Neto (1982), que obtiveram uma idade Rb-Sr de 1.951 Ma com razão isotópica inicial de $0,703$ a partir de uma isócrona de "referência", Jorge João *et al.* (1985a) apresentaram uma isócrona Rb-Sr com idade de $1.910 \text{ Ma} \pm 47 \text{ Ma}$ e uma razão isotópica inicial de $0,7023 \pm 0,0006$ (2a) e MSWD de 1,26 para Adamelito Água Branca. Na área investigada, o adamelito acha-se em contato com o Riolito Lagoa e a Suíte Metamórfica Guianense, considerados, respectivamente, como posterior e anterior àquele.

Granitóides do Proterozóico Médio Os granitóides do Proterozóico Médio distribuem-se em toda a Província Amazônica Central. Constituem o grupo melhor estudado dos três conjuntos de granitóides, particularmente devido às mineralizações que lhes são associadas. Parte desse grupo de granitóides tem sido relacionado aos Vulcanismos Uatumã (Santos 1982), embora o caráter co-magmático entre as diversas suítes graníticas e vulcânicas não tenha sido ainda claramente demonstrado. Como referido anteriormente, foram individualizados dois subgrupos dentre os granitóides em epígrafe, cujas descrições seguem abaixo.

Granitóides similares aos do Tipo A As fácies mais frequentes são biotita sienogranitos com variações para monzogranitos e álcali-feldspato granitos. São comuns variedades com hornblenda ou com texturas semelhantes àquelas de granitos rapakivi, correspondendo aos tipos menos evoluídos petrologicamente. Também foram descritos sienitos e quartzo sienitos associados a esse conjunto. Fácies peralcalinas com arfvedsonita, riebeckita e aegirina são relativamente escassas. Nos termos mais diferenciados, fenômenos tardi a pós-magmáticos são intensos. Os seguintes maciços graníticos desse subgrupo destacam-se com os melhor estudados:

1. Granito Central da Serra dos Carajás. Encontra-se na Serra dos Carajás. Esse maciço é intrusivo nos sedimentos da Formação Rio Fresco. Suas características petrográficas e alguns aspectos de seu quimismo foram discutidos por Dall'Agnoletti (1980) e Dall'Agnoletti *et al.* (1984). A fácies predominante é constituída de um anfibólio-biotita granito com textura gros-

sa. Uma idade de $1.700 \text{ Ma} \pm 45 \text{ Ma}$, obtida por intermédio de uma isócrona de "referência" Rb-Sr, com razão isotópica inicial de $0,7104 \pm 0,0028$, reunindo amostras de vários granitos, entre eles o da Serra dos Carajás, foi proposta por Tassinari *et al.* (1982). Uma idade mal definida de $1.599 \text{ Ma} \pm 104 \text{ Ma}$, com razão isotópica inicial de $0,7158 \pm 0,0054$ (2σ) e MSWD de 11,94, foi obtida a partir de oito amostras no LGI da UFFa (dados inéditos). Wirth *et al.* (1986), por outro lado, obtiveram uma idade de $1.820 \text{ Ma} \pm 49 \text{ Ma}$ pelo método U-Pb em zircões, para a colocação desse maciço.

2. Granito Pojuca. Ocorre a norte do Granito Central. Esse maciço é intrusivo na seqüência Salobo-Pojuca. Machado *et al.* (1988) apresentaram uma idade de $1.874 \text{ Ma} \pm 2 \text{ Ma}$ pelo método U-Pb em zircões obtidos a partir de amostras de sondagens. Esse corpo não apresenta ainda um estudo petrográfico detalhado, mas é similar em textura e mineralogia ao Granito Central da Serra dos Carajás e a outros granitos anorogênicos da região.

3. Granito Serra do Acari. Ocorre em vastas áreas do NW do Estado do Pará, principalmente na região do Rio Mapuera. De acordo com Jorge João & Macambira (1984), são granitóides do tipo álcali-feldspato granito a biotita, granitos alaskíticos e adamelitos subordinados, todos intrusivos no Riolito Lagoa e enquadrados na Suíte Rio Mapuera. Jorge João *et al.* (1985b) discutiram os aspectos petrográficos e petrológicos referentes a esse granito e apresentaram uma datação Rb-Sr que forneceu uma idade de $1.750 \text{ Ma} \pm 30 \text{ Ma}$ com uma razão isotópica inicial de $0,7150 \pm 0,0005$ (2a).

4. Granitos Madeira e Água Boa. Os granitos estaníferos da região do Rio Pitinga (NE do Estado do Amazonas) apresentam os mais importantes depósitos de cassiterita da Província Amazônica Central. Esses corpos são intrusivos nas vulcânicas Iricoumé e na Formação Urupi (coberturas plataformais). Suas petrografias e os aspectos principais de suas composições químicas foram discutidos por Horbe *et al.* (1985) e Daoud & Antonietto Jr. (1985). Macambira *et al.* (1987) analisaram dez amostras das diversas variedades dos dois corpos e obtiveram uma idade de $1.689 \text{ Ma} \pm 38 \text{ Ma}$ com uma razão isotópica inicial de $0,7068 \pm 0,009$ (2a) e MSWD de 2,2. Separadamente, as amostras de cada corpo forneceram, respectivamente, idades de $1.691 \text{ Ma} \pm 64 \text{ Ma}$ com razão isotópica inicial de $0,7062 \pm 0,0134$ (2a) (Granito Madeira) e $1.679 \text{ Ma} \pm 60 \text{ Ma}$ com razão isotópica inicial de $0,7113 \pm 0,002$ (2a) (Granito Água Boa).

5. Granito Seringa. Aflora na região Leste da Província Amazônica Central; é um corpo com mais de 2.000 km^2 de superfície. Estudos petrográficos estão em desenvolvimento pela CPRM-Belém. Uma primeira tentativa de datação pelo método K-Ar foi efetuada por Silva *et al.* (1974), que propuseram a idade de 1.810 Ma para esse corpo. Incluindo dados desse maciço em uma isócrona Rb-Sr de "referência" para os granitos pós-tectônicos da Província Mineral de Carajás, Tassinari *et al.* (1982) propuseram uma idade entre 1.700 Ma e 1.800 Ma . Uma tentativa de datação no LGI, a partir de amostras coletadas por geólogos da CPRM-Belém, junto com as amostras apresentadas por Gomes *et al.* (1975), permitiu a obtenção de uma idade de $1.730 \text{ Ma} \pm 58 \text{ Ma}$ com uma razão isotópica inicial de $0,7081 \pm 0,0016$ (2a) e MSWD de 8,8 (Lafon *et al.* 1988).

6. Suíte Teles Pires. Corresponde a um grupo de corpos graníticos e sieníticos circulares ou ovalados de dimensões variáveis, cujas principais características geológicas e petrográficas foram discutidas por Silva *et al.* (1980). Ocorre ao longo das bacias dos Rios Juruena e Teles Pires, no extremo sul da Província Amazônica Central. Não se dispõe de datações desses granitos isoladamente. Contudo, Tassinari *et al.* (1978) apresentaram uma isócrona de "referência" envolvendo vários maciços da Suíte Teles Pires, que forneceu uma idade Rb-Sr de $1.602 \text{ Ma} \pm 30 \text{ Ma}$, com razão isotópica inicial $0,707 \pm 0,001$ MSWD de 1,04 (2a).

7. Granito Cigano. Ocorre a leste da Serra dos Carajás. De acordo com Gonçalves *et al.* (1988), esse maciço é intrusivo em gnaisses do Complexo Xingu, no Grupo Pojuca e nas coberturas plataformais da Formação Rio Fresco, é de composição predominantemente monzogranítica. Mais informações petrográficas podem ser obtidas no referido artigo. Os mesmos autores apresentaram uma isócrona Rb-Sr, a partir de amostras das fácies monzograníticas, que indicou uma idade de $1.731 \text{ Ma} \pm 28 \text{ Ma}$, com uma razão isotópica inicial de $0,70697 \pm 0,00081$ (2a) e MSWD de 2,6. As fácies mais evoluídas que as monzograníticas não mostraram alinhamento no gráfico isocrônico, porém sugerem menor "idade" e razão inicial mais elevada que as obtidas para as fácies monzograníticas. Resultados preliminares de duas análises de zircões feitas pelo método U-Pb foram apresentados por Machado *et al.* (1988) mostrando uma idade de 1.885 Ma para o Granito Cigano.

Os Granites Antônio Vicente, Velho Guilherme, Mocambo e Porquinho, entre outros, também têm sido associados aos granitoides similares aos do tipo A, mas, até o momento, não se dispõem de informações geocronológicas confiáveis sobre os mesmos.

Granitoides similares aos do Tipo I Caledoniano O segundo tipo de granitos anorogênicos da Província Amazônia Central corresponde aos granitos com magnetita com algumas características análogas aos granitos do tipo I. Eles foram reconhecidos apenas na porção oriental da Província Amazônia Central e têm uma distribuição restrita em relação ao primeiro grupo de granitos. Como exemplo, citam-se:

1. Granito Musa. Situa-se no SE do Estado do Pará, a cerca de 100 km a sul da Serra dos Carajás. Juntamente com o Granito Jamon, esse corpo é intrusivo no Granodiorito Rio Maria, em seqüências do tipo *greenstone* e em gnaisses do Complexo Xingu; suas características petrográficas e geoquímicas, bem como a sua evolução petrológica foram abordadas em detalhe por Gastai (1987). Gastai *et al.* (1987), com base em 11 amostras das diversas variedades desse granito, obtiveram uma idade de $1.692 \text{ Ma} \pm 22 \text{ Ma}$, com uma razão isotópica inicial de $0,70777 \pm 0,00046$ (2a) e MSWD de 1,89. Analisando cada fácies individualmente, esses mesmos autores sugerem um aumento da razão isotópica inicial com o tempo para as três fácies que compõem o maciço. Observaram, ainda, que há uma tendência das fácies mais evoluídas apresentarem maior dispersão dos pontos no diagrama isocrônico. Por sua vez, Machado *et al.* (1988) obtiveram uma idade de $1.883 \pm 57-2 \text{ Ma}$ pelo método U-Pb, aplicado em zircão e titanita para o maciço em foco. Esses autores sugeriram também a possível presença de zircões herdados do Complexo Xingu (com idade provável de $3,2 \text{ Ga} \pm 0,2 \text{ Ga}$) no Granito Musa.

2. Granito Jamon. Situado praticamente no contato NE do Granito Musa, é o exemplo mais representativo desse grupo de granitoides. Nesse granito, as diversas fácies são de composição monzogranítica e foram descritas em detalhes, em termos petrográficos e petrológicos por Dall'Agnol (1980, 1982). As maiores diferenças do Granito Jamon em relação aos granitos do primeiro grupo são: maior homogeneidade composicional, composições químicas menos evoluídas, variações graduais entre as diferentes fácies, transformações tardias pós-magmáticas pouco expressivas e uma susceptibilidade magnética muito elevada (Dall'Agnol *et al.* 1988). Esse corpo foi datado pelo método Rb-Sr por Dall'Agnol *et al.* (1984), que obtiveram uma idade de $1.601 \text{ Ma} \pm 42 \text{ Ma}$, com uma razão isotópica inicial de $0,71112 \pm 0,0034$ (2a) e MSWD de 0,63. Vlack & Cordani (1986) retrabalharam esses dados e sugeriram um maior enriquecimento em Sr radiogênico nos microgranitos porfíricos em relação às outras fácies do Granito Jamon.

3. Granito Redenção. Ocorre 60 km ao sul do maciço Jamon,

próximo a cidade de Redenção, e tem composição monzogranítica (Montalvão *et al.* 1982). Embora pouco estudado em termos petrológicos, este corpo apresenta algumas analogias com o Granito Jamon. Tassinari *et al.* (1984) apresentaram uma idade Rb-Sr de $1350 \text{ Ma} \pm 80 \text{ Ma}$ e uma razão isotópica inicial de $0,7458 \pm 0,0064$ para este corpo. Embora não seja do Proterozóico Médio, ele será considerado como pertencente a esse grupo devido a suas analogias.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES A tabela 1 apresenta os dados geocronológicos e isotópicos dos granitoides da Província Amazônia Central brasileira discutidos neste trabalho.

A análise do diagrama $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ versus tempo geológico (Fig. 3), na qual estão lançadas as razões isotópicas iniciais dos diversos granitoides discutidos neste trabalho, permite tecer algumas conclusões e considerações.

Embora em número reduzido, os granitoides arqueanos (granodioritos Rio Maria e Cumaru, Trodhjemitó Mogno) demonstram a existência de um importante evento magmático entre 2.680 e 2.560 Ma. As razões isotópicas iniciais definem um campo situado dentro da zona estabelecida para rochas originadas a partir da base da crosta e/ou do manto superior. Essas razões definem, igualmente, uma reta com razão Rb/Sr de aproximadamente 0,25 (Fig. 3), que representaria a evolução do sistema Rb-Sr para os granitoides arqueanos da região da extremidade SE da Província Amazônia Central. Os dados de Montalvão *et al.* (1984) não se alinharam nessa reta, possivelmente porque esses autores associaram em uma mesma isócrona amostras do Granodiorito Rio Maria como amostra de uma outra área (Fazenda Mata Geral) não claramente co-genéticas entre si - essas últimas, por terem menores razões Rb/Sr, foram decisivas para a definição da razão isotópica inicial obtida.

O único exemplo de granitoides de idade transamazônica, o Adamelito Água Branca, também apresenta razão inicial compatível com materiais provenientes do manto ou base da crosta, porém ele é temporalmente distinto do grupo anterior.

Por outro lado, as razões isotópicas iniciais dos granitos do Proterozóico Médio definem um campo bem distinto dos dois anteriores, que é, por sua vez, característico de materiais com importante contribuição crustal. As razões iniciais desses granitos possuem valores que variam de 0,7068 a 0,7150, com idades Rb-Sr entre 1.750 e 1.600 Ma. Uma exceção marcante é o Granito Redenção, com idade de 1.350 Ma e com razão inicial de 0,7458.

Os valores e as variações observadas nas razões isotópicas iniciais dos granitoides do Proterozóico Médio são comparáveis com aqueles encontradas em granitoides de outras províncias anorogênicas, tanto nas fanerozóicas (Van Breemen *et al.* 1975, Bonin *et al.* 1978), como nas pré-cambrianas (Björklund *et al.* 1978, Collerson 1982).

Excetuando-se o Granito Redenção, as idades dos granitos em discussão sugerem um intervalo de cerca de 150 Ma para as atividades magmáticas dessa granitogênese. Considerando-se como confiável a idade e a razão isotópica inicial obtidas para o Granito Redenção, torna-se difícil associá-lo ao mesmo episódio magmático que gerou os outros granitoides do Proterozóico Médio.

Embora sejam poucos os exemplos de aplicação do método U-Pb, (Wirth *et al.* 1986, Machado *et al.* 1988), dois pontos importantes podem ser destacados a partir da comparação dos dados U-Pb e Rb-Sr:

1. As idades obtidas pelo método U-Pb em zircões são sistematicamente maiores que aquelas obtidas pelo método Rb-Sr em rocha total, mesmo no caso de resultados obtidos num mesmo corpo (Granitos Central, Cigano e Musa). Nesses três casos, essa diferença é bastante significativa já que se tem entre as duas metodologias uma variação de idades entre 154 e 220 Ma.

2. Enquanto a faixa de idades definida com o método Rb-Sr,

Tabela 1 — Principais dados geocronológicos disponíveis para os granitóides de Província Amazônia Central Brasileira
 Table 1 - Compilation of the available geochronological data for the granitoids of the Brazilian Central Amazonian Province discussed in the text

Corpo	Tipo Litológico	Método	Idade	($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) ₀	Referência
Granodiorito Rio Maria e Fazenda Mata Geral	granodiorito	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 7	2.660 Ma ± 40 Ma	0,7009 ± 0,0004	Montalvão <i>et al.</i> (1984)
Granodiorito Rio Maria	granodiorito	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 6	2.564 Ma ± 63 Ma	0,70288 ± 0,00092	Gastal <i>et al.</i> (1987)
Associação Tonalito - Trondhjemítica	tonalito - trondhjemito	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 6	2.614 Ma ± 120 Ma	0,7025 ± 0,0005	Macambira <i>et al.</i> (1988)
Trondhjemito Mogno	trondhjemito	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 11	2.680 Ma ± 60 Ma	0,7017 ± 0,0002	Montalvão <i>et al.</i> (1988)
Granodiorito Cumaru	granodiorito	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 6	2.543 Ma ± 53 Ma	0,70311 ± 0,00034	Lafon & Macambira (1990)
Adamelito Água Branca	adamelito	Rb-Sr em R.T. isócrona de "referência" Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 6	1.951 Ma 1.910 Ma ± 47 Ma	0,703 0,7023 ± 0,0006	Santos & Reis Neto (1982) Jorge João <i>et al.</i> (1985a)
Granito Central de Carajás	anfíbólio biotita granito	Rb-Sr em R.T.	1.599 Ma ± 52 Ma	0,7158 ± 0,0027	L.G.I. (dados inéditos)
		Rb-Sr em R.T. isócrona de "referência"	1.700 Ma ± 45 Ma	0,7014 ± 0,0028	Tassinari <i>et al.</i> (1982)
	granito	U-Pb zircões nº de pontos: 4	1.820 Ma ± 49 Ma	(Intercepto sup.)	Wirth <i>et al.</i> (1986)
Granito Pojuca	granito	U-Pb zircões nº de pontos: 3	1.874 Ma ± 2 Ma	(Intercepto sup.)	Machado <i>et al.</i> (1988)
Granito da Serra do Acari	álcati-feldspato granito alaskfítico	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 6	1.750 Ma ± 30 Ma	0,7150 ± 0,0005	Jorge João <i>et al.</i> (1985b)
Granito Pitinga (Madeira e Água Boa)	granito rapakivfítico e a biotita	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 10	1.689 Ma ± 38 Ma	0,7068 ± 0,0090	Macambira <i>et al.</i> (1987)
Granito da Serra da Seringa	monzogranito	Rb-Sr em R.T. isócrona de "referência"	1.700 Ma ± Ma		Tassinari <i>et al.</i> (1982)
		Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 8	1.730 Ma ± 58 Ma	0,7081 ± 0,0016	Lafon <i>et al.</i> (1988)
Suite Teles Pires	granito	Rb-Sr em R.T. isócrona de "referência"	1.602 Ma ± 30 Ma	0,707 Ma ± 0,001	Tassinari <i>et al.</i> (1978)
Granito Musa	monzogranito sienogranito	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 11	1.692 Ma ± 22 Ma	0,70777 ± 0,00046	Gastal <i>et al.</i> (1987)
		U-Pb zircão nº de pontos: 3	1.883 Ma + 5/-2 Ma	(Intercepto sup.)	Machado <i>et al.</i> (1988)
		U-Pb zircão nº de pontos: 2	3.200 Ma ± 200 Ma	(Intercepto sup.)	Machado <i>et al.</i> (1988)
Granito Jamon	monzogranito	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 10	1.601 Ma ± 42 Ma	0,7112 ± 0,0034	Dall'Agnol <i>et al.</i> (1984)
Granito Cigano	monzogranito	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 6	1.731 Ma ± 28 Ma	0,70697 ± 0,00081	Gonzalez <i>et al.</i> (1988)
		U-Pb zircão nº de pontos: 2	1.885 Ma	(Intercepto sup.)	Machado <i>et al.</i> (1988)
Granito Redenção	monzogranito	Rb-Sr em R.T. nº de pontos: 5	1.350 Ma ± 80 Ma	0,7458 ± 0,0064	Tassinari <i>et al.</i> (1984)

para os granitóides do Proterozóico Médio, é de 150 Ma, as idades obtidas pelo método U-Pb em zircões definem um intervalo de tempo bem mais reduzido (Cerca de 65 Ma). Esse valor deve ser admitido como o intervalo máximo de tempo para a granitogênese de Proterozóico Médio. Com efeito, as idades obtidas por Machado *et al.* (1988), para diferentes granitos da Província Amazônica Central, ficam no intervalo de 1874 Ma - 1885 Ma (negligenciando-se desvios experimentais). Os zircões analisados por esses autores foram tratados segundo o método de abrasão (Krough 1982), o que permite uma intersecção superior no diagrama Concórdia mais precisa para os pontos experimentais, tendo como consequência uma melhor definição da idade de cristalização. A idade de 1.820 Ma \pm 49 Ma, apresentada para o Granito Central, foi obtida com populações de zircões metamitizados e/ou intemperizados, separados a partir de saprólitos (Wirth *et al.* 1986). O alto grau de intemperismo das amostras coletadas, a metamitização dos zircões e o grau de discordância dos pontos experimentais em relação à Concórdia (entre 57% e 76%) apontam em favor de uma perda recente de chumbo radiogênico, que pode ter causado um "rejuvenescimento" da idade obtida no intercepto superior.

A diferença observada entre os dados U-Pb em zircões e Rb-Sr em rochas totais é elevada demais para ser interpretada como uma consequência de resfriamento lento ou de contrastes nas temperaturas de fechamento dos sistemas U-Pb e Rb-Sr, mesmo admitindo-se que a região se manteve aquecida durante um tempo considerável. De outro modo, interpretando-se as idades obtidas em zircões pelo método U-Pb como indicativas da época de cristalização dos zircões e, consequentemente, daquela de colocação dos corpos, o significado das idades obtidas pelo método Rb-Sr deve ser novamente reavaliado. Os dados disponíveis não permitem afirmar que as variações de idades obtidas entre os diferentes corpos pelo método Rb-Sr ou mesmo entre as várias fácies de um mesmo corpo reflitam efetivamente diferenças reais de idade entre eles. É possível que outros fenômenos, ainda não inteiramente compreendidos, estejam afetando o comportamento do sistema Rb-Sr, determinando essas variações de idades. Uma das alternativas, proposta para um caso análogo (Welin *et al.* 1983), foi atribuir tais variações aos efeitos das transformações tardi ou pós-magmáticas. Embora não se descarte tal hipótese, não há evidências petrográficas conclusivas nos granitos melhor estudados, como é o caso do Granito Musa (Gastai *et al.* 1987), de um controle desse gênero. Além disso, necessita-se de dados U-Pb e Rb-Sr adicionais para possibilitar uma comparação mais aprofundada sobre o significado das idades obtidas a partir desse dois métodos, quando aplicados às mesmas rochas.

Os estudos mais detalhados de granitos, envolvendo a individualização das fácies dos maciços para o estudo geocronológico e isotópico, mostraram algumas peculiaridades, tais como:

1. As fácies mais evoluídas tendem a apresentar menores idades e maiores razões isotópicas iniciais do Sr;
2. As fácies mais precoces têm um melhor alinhamento no diagrama isocronônico, enquanto as mais evoluídas mostram maior dispersão.

Esses pontos são mais ou menos claros nos exemplos dos Granitos Musa, Jamon, Cigano e, quando considerados separadamente, nos corpos dos granitos do Pitinga (Madeira e Água Boa). O estabelecimento da ordem de colocação das diversas fácies desses granitos frequentemente se baseia em evidências de campo, envolvendo critérios de intrusão e xenólitos. Embora significando a ordem real de intrusão das diversas fácies, apenas com essas evidências não é possível precisar o comportamento do sistema Rb-Sr no controle dos dados geocronológicos e isotópicos obtidos. Contudo, é provável a influência dos eventos tardi a pós-magmáticos na remobilização dos elementos alcalinos, gerando a maior dispersão no gráfico

isocronônico das fácies mais evoluídas. Parece bem caracterizado, que essa variação química e isotópica seja importante no plano de um único corpo e deve ser levada em conta em qualquer pesquisa geocronológica, sobretudo quando o método Rb-Sr for utilizado. Isso explicaria, por sua vez, a dificuldade em se conseguir bons alinhamentos isocronônicos, especialmente quando se tomam indistintamente amostras de diferentes corpos ou de diferentes fácies de um mesmo corpo.

Uma comparação entre os campos definidos para os diversos grupos de granitóides da Província Amazônica Central (vide Fig. 3) mostra claramente valores mais elevados das ra-

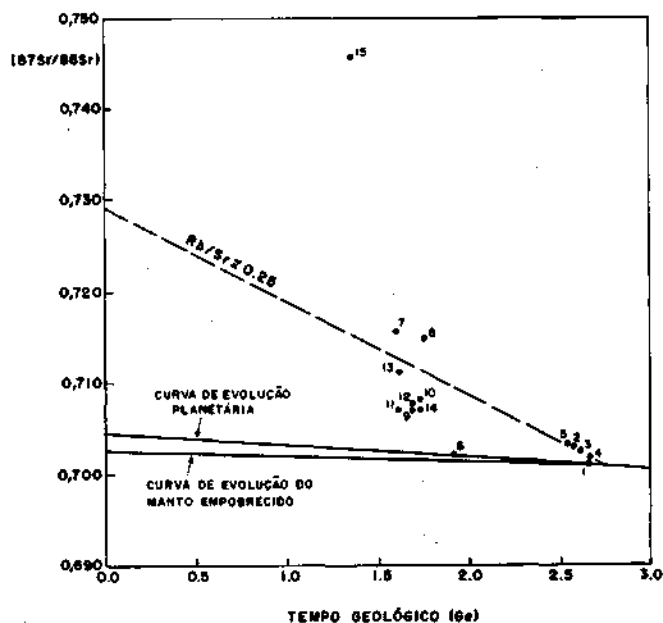


Figura 3 - Diagrama de evolução das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no tempo geológico para os granitóides da Província Amazônica Central Brasileira. Curva de evolução planetária e curva de evolução do manto empobrecido para as razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (segundo Polvé 1983). 1. Granodiorito Rio Maria e Fazenda Mata Geral (Montalvão *et al.* 1984); 2. Granodiorito Rio Maria (Gastai *et al.* 1957); 3. Associação Trondhjemítica-Tonalítica da Região de Rio Maria (Macambira *et al.* 1988); 4. Trondhjemito Mogno (Montalvão *et al.* 1988); 5. Granodiorito Cumaru (Lafon & Macambira 1990); 6. Adamelito Agua Branca (Jorge João *et al.* 1985a); 7. Granito da Serra dos Carajás (L.G.J., dados inéditos); 8. Granito da Serra do Acari (Jorge João *et al.* 1985b); 9. Granito Pitinga (Macambira *et al.* 1957); 10. Granito da Serra da Seringa (Lafon *et al.* 1955); 11. Granito Teles Pires (Tassinari *et al.* 1975); 12. Granito Musa (Gastai *et al.* 1957); 13. Granito Jamon (Dall'Agnol *et al.* 1954); 14. Granito Cigano (González *et al.* 1955); e 15. Granito Redenção (Tassinari *et al.* 1954). A linha Rb/Sr - 0,25 representa a evolução do sistema Rb-Sr dos granitóides arjueanos do SE da Província Amazônica Central. Figure 3 - $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})$ versus time evolution diagram for the granitoids of the Brazilian Central Amazonian Province. Planetary evolution curve and depleted mantle curve for $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios (from Polvé 1983). 1. Rio Maria and Fazenda Mata Geral Granodiorite (Montalvão *et al.* 1984); 2. Rio Maria Granodiorite (Gastai *et al.* 1987); 3. Trondhjemitic and tonalitic association (Macambira *et al.* 1988); 4. Mogno trondhjemite (Montalvão *et al.* 1988); 5. Cumaru Granodiorite (Lafon & Macambira 1990); 6. Agua Branca Adamellite (Jorge João *et al.* 1985a); 7. Serra dos Carajás Granite (L.G.I., unpublished data); 8. Serra do Acari Granite (Jorge João *et al.* 1985b); 9. Pitinga Granite (Macambira *et al.* 1987); 10. Serra da Seringa Granite (Lafon *et al.* 1988); 11. Teles Pires Granite (Tassinari *et al.* 1978); 12. Musa Granite (Gastai *et al.* 1987); 13. Jamon Granite (Dall'Agnol *et al.* 1984); 14. Cigano Granite (González *et al.* 1988); 15. Redenção Granite (Tassinari *et al.* 1984). The Rb/Sr * 0,25 line shows the evolution of the Rb-Sr system of the Archaean granitoids from the Southeastern part of the Central Amazonian Province

ções isotópicas iniciais do Sr para os granitos do Proterozóico Médio, o que aponta no sentido de uma maior contribuição crustal nos materiais que deram origem a esse grupo. Em termos de elementos maiores, é sugestiva a existência de um *trend* partindo de granitóides mais sódicos no Arqueano para mais potássicos no Proterozóico Médio, conforme já destacado por Dal'Agnol *et al.* (1987) e ilustrado por Medeiros *et al.* (1987) pelo gráfico de Bowden *et al.* (1984). A possibilidade de que exista um processo de reciclagem do material crustal envolvendo os granitóides do Arqueano como geradores dos granitos do Proterozóico Médio foi aventada por Gastai *et al.* (1987), levando em conta os teores de Rb e Sr e a razão inicial do Granodiorito Rio Maria. Essa hipótese precisa ser melhor verificada a partir da acumulação de um maior número de dados sobre esses granitóides. De fato, a linha de evolução do sistema Rb-Sr para os granitóides arqueanos da região da Serra das Andorinhas não a apoia, pois as razões iniciais dos granitos do Proterozóico Médio dessa região situam-se abaixo dela na figura 3. Outras rochas devem ser testadas como possíveis fontes de tais magmas graníticos, a exemplo dos gnaiesses enquadrados no Complexo Xingu e das seqüências vulcano-sedimentares da região. A comparação dos dados Rb-Sr (Gastai *et al.* 1987) e U-Pb (Machado *et al.* 1988), no caso do Granito Musa; ilustra essa possibilidade. Com efeito, a existência de zircões herdados no Granito Musa com idade provável em torno de 3.200 Ma e o fato de a faixa de evolução das razões isotópicas do Sr em função do tempo para o Granodiorito Rio Maria não ser compatível com as razões isotópicas iniciais das fácies menos evoluídas do Granito Musa implica na participação de uma fonte mais antiga e com características isotópicas mais próximas daquelas do manto.

Os ambientes geotectônicos de formação de diversos grupos de granitóides da Província Amazônia Central, por sua vez, carecem também de uma melhor definição. No estágio atual de conhecimento, tem-se evidências de que os granitóides arqueanos aqui avaliados fazem parte de típicos terrenos *granito-greenstone*, estes últimos possivelmente formados em ambiente ensialico. O Adamelito Agua Branca, de características cálcio-alcalinas, pode estar associado a zonas de subducção ou a margens continentais ativas, relacionadas ao Ciclo Transamazônico. Por sua vez, os granitos do Proterozóico Médio possuem geralmente características coincidentes com as dos granitos intraplacas, sendo anorogênicos ou, menos provavelmente, pós-tectônicos. Tem-se dúvidas quanto à intensidade e a maneira como o evento Transamazônico possa ter afetado a Província Amazônia Central. Parece inquestionável, porém, que essa província já se encontrava inteiramente estabilizada quando se formaram os granitos anorogênicos, ou seja, no início do Proterozóico Médio (cerca de 1,8 Ga).

Agradecimentos A realização deste trabalho recebeu incentivo do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Os autores agradecem também à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), à Parapanema e à Universidade Federal do Pará (UFPA) pelo apoio e colaboração. Agradecimentos específicos ao professor Thomas Scheller e às laboratoristas Maria Vitória da Silva Roma e Rosilene Garcia pelo apoio técnico na obtenção dos resultados junto ao Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA. Enfim, os autores agradecem aos desenhistas Walfir Torres e Adalberto Lima, e a Jozuil Gurjão pela datilografia do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, G. 1984. Província Tapajós e Província Rio Branco. In: ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y. eds. *O Pré-Cambriano do Brasil*. S. Paulo, Blücher. p. 6-35.
- BLAXLAND, A.B.; VAN BREMEN O.; EMELEUS H.C.; ANDERSON J.G. 1978. Age and origin of the major syenite centers in the Gardar province of South Greenland: Rb-Sr studies. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 89:231-244.
- BONIN, B.; GRELOU-ORSINI, C.; VIALETTE, Y. 1978. Age, origin and evolution of the anorogenic complex of E visa (Corsica): a K-Li-Rb-Sr study. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 65:425-432.
- BOWDEN, P.; BATCHELOR, R.A.; CHAPPELL, B.W.; DIDIER, J.; LAMEYRE, J. 1984. Petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion. *Phil. Earth Planet. Int.*, 35:1-11.
- COLLERSON, K.D. 1982. Geochemistry and Rb-Sr geochronology of associated proterozoic peralkaline and subalkaline anorogenic granites from Labrador. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 81:126-147.
- CORDANI, U.G. & BRITO NEVES, B.B. 1982. The geological evolution of South America during the Archaean and Early Proterozoic. *Rev. Bras. Geoc.*, 12(1/3):78-88.
- CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.G.G.; KAWASHITA, K. 1984. A Serra dos Carajás como região limítrofe entre províncias tectônicas. *Ciências da Terra*, 9:6-11.
- CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. 1979. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. In: CONOR. GEOL. CHIL., 2. Arica, 1979. *Actas...* Arica. 4:137-148.
- DALL'AGNOL, R. 1980. *Etudés sur des granites du type "rondonian" en amazonie Orientate et lews transformations tardi-magmatiques. These troisième cycle*. Toulouse, Lab. Géol. PétroiyUniv. Paul Sabatier. 348p.
- DALL'AGNOL, R. 1982. Maciço Jamon: evolução petrológica de um granito da Amazônia Oriental. In: SIMP. GEOL. AM AZ., 1, Belém, 1982. *Anais...* Belém, SBG. v.2, p.139-161.
- DALL'AGNOL, R.; SCHUCKMANN, W.K.; BASEI, M.A.S.; SCHELLER, T. 1984. Novos dados geocronológicos e estudos de elementos traços de maciços graníticos anorogênicos da Amazônia Oriental, Estado do Pará (Brasil). In: SYMP. GEOL. AMAZ., 2, Manaus, 1984. *Anais...* Manaus, MME-DNPM, p. 59-74.
- DALL'AGNOL, R.; BETTENCOURT, J.S.; JORGE JOÃO, X.S.; MEDEIROS, H.; COSTI, H.T.; MACAMBIRA, M.J.B. 1987. Granitogenesis in the Northern Brazilian region: a review. *Rev. Bras. Geoc.*, 17(4):382-403.
- DALL'AGNOL, R.; SAUCK, W.A.; GONÇALEZ, M.G.B. 1988. Susceptibilidade magnética da Amazônia: Um estudo preliminar. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p.1164-1173.
- DAOUD, W.R. & ANTONIETTO Jr., A. 1985. Geologia do Granito Estanfiero Agua Boa-Pitinga (AM). In: SIMP. GEOL. AMAZ., 2, Belém, 1985. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p.17-33.
- DE VLETTER, D.R. 1984. Synthesis of the Precambrian of Suriname and review of some outstanding problems. In: De VLETTER, D.R. ed. *Contributions to the Geology of Suriname*. MMRE/SGGMS. p.11-30. (Medeling 27).
- DOCEGEO 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. In: CONGR. BRAS. GEOL., 35, *Provindo. Mineral de Carajás, Ktoestratigrafia e principais depósitos minerais*. Belém, 1988. Anexo aos *Anais...* Belém, SBG. p. 11-56.
- GASTAL, M.C.P. 1988. Magmatismo ácido-intermediário do Proterozóico Médio na Região de Rio Maria, SE do Pará: Discussão quanto a tipologia. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p.1147-1163.
- GASTAL, M.C.P.; MACAMBIRA, M.J.B.; MEDEIROS H.; DALL'AGNOL, R. 1987. Idades e geoquímica isotópica Rb-Sr do Granito Musa e do Granodiorito Rio Maria, Amazônia Central. *Geochimica Brasiliensis*, 1(2):247-259.
- GAUDETTE, H.E.; MENDOZA, V.; HURLEY, P.M.; FAIRBAIRN, H.W. 1978. Geology and age of the Parguaa rapakivi granite, Venezuela. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 89:1335-1340.
- GIBBS, A.K. & BARRON, C.N. 1983. The Guiana Shield reviewed. *Episodes*, 6(2):7-14.
- GOMES, C.B.; CORDANI, U.G.; BASEI, M.A.S. 1975. Radiometric ages from Serras dos Carajás área, Northern Brazil. *Geol. Soc. of Am. Bull.*, 86:939-942.
- GONÇALEZ, M.G.B.; DALL'AGNOL, R.; ANGELIM, E.P.V.; MACAMBIRA, M.J.B.; DELLA SENTA, N. 1988. Geologia do Maciço anorogênico Cigano, Vale do Rio Parauapebas - PA. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p.1132-1146.
- GRUAU, G.; MARTIN, H.; LEVEQUE, R.; CAPDEVILA, R.; MAROT, A. 1985. Rb-Sr and Sm-Nd geochronology of Lower Proterozoic granite-greenstone terrains in French Guiana, South America. *Precamb. Res.* 17:199-214.
- HASUI, Y. & DE ALMEIDA F.F.M. 1985. The Central Brazil shield reviewed. *Episodes*, 8:63-80.
- HORBE, M.A.; HORBE, A.C.; TEIXEIRA, J.T.; COSTI, H.T. 1985.

- Granito Madeira: petrologia, petroquímica e mineralizações. In: SIMP. GEOL. AMAZ., 2, Belém, 1985. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p.284-320.
- HUHN, S.R.B.; SANTOS, A.B.S.; AMARAL, A.F.; LEDSHAN, E.J.; GOUVEA, J.L.; MARTINS, L.P.B.; MONTALVÃO, R.M.G.; COSTA, V.G. 1988. Terreno "granito-greenstone" da Região de Rio Maria, Sul do Pará. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p.1438-1452.
- JORGE JOÃO, X.S. & MACAMBIRA, E.M.B. 1984. Granitóides intrusivos proterozóicos na folha Rio Mapuera, NW do Estado do Pará. In: CONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v.6, p.2838-2848.
- JORGE JOÃO, X.S.; SANTOS, C.A.; PROVOST, A. 1985a. Magmatismo Adamelítico Água Branca (Folha Rio Mapuera, NW do Estado do Pará). In: SIMP. GEOL. AMAZ., 2, Belém, 1985. *Anais...* Belém, SBG. v.2, p.93-109.
- JORGE JOÃO, X.S.; SANTOS, C.A.; PROVOST, A. 1985b. Granito Serra do Acari, geologia e implicação metalogenética (Folha Rio Mapuera, NW do Estado do Pará). In: SIMP. GEOL. AMAZ., 2, Belém, 1985. *Anais...* Belém, SBG. v.2, p.73-99.
- KROGH, T.F. 1982. Improved accuracy of U-Pb zircon ages by the creation of more concordant systems using an air abrasion technic. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 46:637-649.
- LAFON, J.M.; MACAMBIRA, M.J.B.; SCHELLER, T.; GARCIA, R. 1988. Estudo geocronológico Rb-Sr do maciço granítico da Serra da Seringa e do Granulito do Pium. P.A., Belém, Convênio FADESP/CPRM. 23 p. (Rel. Final).
- LAFON, J.M. & MACAMBIRA, J.B. 1990. Datation Rb-Sr de la granodiorite de Cumaru (Serra dos Gradaus, Para, Brésil). *Comptes Rendus de L'Academe des Science de Paris*. 310:1635-1641.
- LIMA, M.I.C. 1984. Províncias geológicas do Cráton Amazônico em território brasileiro. In: SYMP. AMAZ., 2, MANAUS, 1984. *Atas...* Manaus, DNP. p.9-23.
- MACAMBIRA, J.B.; KOTSCHOUBEY, B.; SANTOS, M.D.; MOURA, C.A.V.; RAMOS, J.F.F. 1986. Estratigrafia e mineralizações primárias de ouro da aba sul do sinclínio de Gradads-Sul do Pará. In: CONG. BRAS. GEOL., 34, Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, SBG. v.5, p.1956-1964.
- MACAMBIRA, M.J.B.; TEIXEIRA, J.T.; DAOUD, W.K.; COSTI, H.T. 1987. Geochemistry, mineralizations and age of tin-bearing granites from Pitinga, Northwestem Brazil. *Rev. Bras. Geoc.* 17(4):562-570.
- MACAMBIRA, M.J.B.; PEREIRA, E.D.; KAWASHITA, K.; MEDEIROS, H. 1988. Contribuição à história tectono-termal da região da Serra das Andorinhas (SE do Pará) com base em dados geocronológicos. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p.1468-1477.
- MACHADO, N.; LINDENMAYER, D.; LINDENMAYER, Z. 1988. Geocronologia U-Pb da Província Metalogenética de Carajás, Pará: resultados preliminares. In: CONG. LATINOAMER. GEOL., 7, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG/DNP. p.339-347.
- MEDÉIROS, H. 1987. *Petrologia da porção leste do batólito granodiorítico Rio Maria, sudeste do Pará*. Belém. 164 p. (Dissertação de Mestrado, Univ. Fed. Pará)
- MEDÉIROS, H.; GASTAL, M.C.P.; DALL'AGNOL, R.; SOUZA, Z.R. 1987. Geology of the Rio Maria area (eastern Amazonian region-Brazil): An example of Archaean granite-greenstone terrane intruded by anorogenic granites of Middle Proterozoic ages. In: FINAL MEETING OF PROJECT IGCP-204, Carajás, 1987. *Extended Abstracts...* Carajás, IUGS-UNESCO. p. 97-109.
- MEDÉIROS, H. & DALL'AGNOL, R. 1988. Petrologia da porção leste do batólito granodiorítico Rio Maria, sudeste do Pará. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p. 1488-1496.
- MONTALVÃO, R.M.G.; BEZERRA, P.E.L.; PRADO, P.; FERNANDES, C.S.C.; SILVA, G.H.; BRIN, R.J.P. 1982. Características petrográficas e geoquímicas do Granito Redenção e suas possibilidades metalogenéticas. In: CONG. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG. v.2, p.520-548.
- MONTALVÃO, R.M.G.; TASSINARI, C.G.G.; BEZERRA, P.E.L.; PRADO, P. 1984. Geocronologia dos granitóides e gnaisses das regiões de Rio Maria, Fazenda Mata Geral e Rio Itacaidnas, sul do Pará (Distrito Carajás - Cumaru). In: CONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v.6, p.2757-2766.
- MONTALVÃO, R.M.G.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; VASCONI, A.V. 1988. Caracterização geocronológica Rb-Sr dos terrenos granodioríticos e trochjêmíticos da região de Rio Maria - sul da Serra dos Carajás. In: CONG. BRAS. GEOL., 35, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p. 1478-1487.
- POL VÉ, M. 1983. *Lés isotopes du Nd et du Sr dans lés thenoKtes orogéniques: Contribution à la détermination de la structure et dela dynamique du manteau inférieur*. Paris. 361 p. (Tese de Doutorado, Univers. de Paris 6 et 7).
- SANTOS, J.O.S. 1982. Granites proterozóicos da Plataforma Amazônica, Brasil. In: CONG. LATINOAMER. GEOL., 5, Buenos Aires, 1982. *Acfw...* Buenos Aires, v.2, p.97-112.
- SANTOS, J.O.S. 1984. A parte setentrional do cráton Amazônico (Escudo das Guianas) e a Bacia Amazônica. In: SHOBBENHAUS C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (coords.) *Geologia do Brasil*. Brasília, MME-DNP. p.57-88
- SANTOS, J.O.S. & LOGUERCIO, S.O.C. 1984. A parte meridional do Cráton Amazônico (Escudo Brasil Central) e as Bacias do Alto Tapajós e Parecis-Alto Xingu. In: SHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (coords.) *Geologia do Brasil*. Brasília, MME-DNP. p.93-127.
- SANTOS, J.O.S. & REIS NETO, J.M. 1982. Algumas idades de rochas graníticas do cráton Amazônico. In: CONG. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1984. *Anais...* Salvador, SBG. v.1, p.339-348.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. 1981. *Mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente inchando depósitos minerais, escala 1:2500000*. Brasília, DNP.
- SILVA, G.G.; LEAL, J.W.L.; MONTALVÃO, R.M.G.; BEZERRA, P.E.L.; PIMENTA, O.N.S.; TASSINARI, C.G.G.; FERNANDES, C.A.C. 1980. Geologia. In: MME-PROJETO RADAMBRASIL, ed. *Folha SC.21-Juruena. Levantamento de Recursos Naturais*, v.20, p.21-116
- SILVA, G.G.; LIMA, M.I.C.; ANDRADE, A.R.F.; ISSLER, R.S.; GUIMARÃES, G. 1974. *Geologia das folhas SB-22 Araguaia e parte da SC-22 Tocantins*. In: PROJETO RADAMBRASIL, folha SB-22 Araguaia e SC-22 Tocantins. Rio de Janeiro, DNP, v.4, p.1-143.
- STEIGER, R.H. & JAGER, E. 1977. Subcommission geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 36:359-362.
- TASSINARI, C.G.G.; TEIXEIRA, W.; SIGA JR., O. 1978. Considerações crono-estratigráficas da regiões das chapadas do Cachimbo e Dardanelos. In: CONG. BRAS. GEOL., 30, Recife, 1978. *Anais...* Recife, SBG. v.1, p. 477-490.
- TASSINARI, C.G.G.; HIRATA, W.K.; KAWASHITA, K. 1982. Geological evolution of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 12(1/3):263-267.
- TASSINARI, C.G.G.; SIGA JR., O.; TEIXEIRA, W. 1984. Épocas metalogenéticas relacionadas à granitogênese do cráton Amazônico. In: CONG. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v.6, p.2963-2977.
- TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.G.G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. 1989. A review of the geochronology of the Amazonian Cráton: Tectonic Implications. *Precamb. Res.*, 42:213-227.
- VAN BREEMEN, O.; HUTCHINSON, J.; BOWDEN, P. 1975. Age and origin of the Nigerian Mesozoic Granites: A Rb-Sr isotopic Study. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 50:157-172.
- VLACK, S.R.F. & CORDANI, U.G. 1986. A sistemática Rb-Sr em rochas granitóides: considerações interpretativas, limitações e exemplos brasileiros. *Rev. Bras. Geoc.*, 16(1):38-53.
- WELIN, M.; VAASJOKI, M.; SUOMINEN, V. 1983. Age differences between Rb-Sr whole rock and U-Pb zircon ages of syn- and post-tectonic Svecofennian granitoids in Sottunga, SW Finland. *Lithos*, 16:297-305.
- WILLIAMSON, J.H. 1968. Least-squares fitting of a straight line. *Can. Jour. Phys.*, 46:1845-1847.
- WIRTH, K.R.; GIBBS, A.K.; OLSZEWSKI JR., W.J. 1986. U-Pb ages of zircons from the Grão-Pará group and Serra dos Carajás granite, Pará, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 16:195-200.
- YORK, D. 1966. Least-squares fitting of a straight line. *Can. Jour. Phys.*, 44:1079-1085.
- YORK, D. 1969. Least-squares fitting of a straight line with correlated errors. *Earth Plan. Sci. Lett.*, 5:320-324.

MANUSCRITO A636

Recebido em 12 de dezembro de 1989
 Revisão do autor em 24 de maio de 1990
 Revisão aceita em 30 de maio de 1990