

GEOCRONOLOGIA Pb-Pb e Rb-Sr DE GRANITÓIDES ARQUEANOS DA REGIÃO DE REDENÇÃO - SUL DO PARÁ

ALAYDE ALFAIA BARBOSA & JEAN-MICHEL LAFON

ABSTRACT Pb-Pb AND Rb-Sr GEOCHRONOLOGY OF ARCHEAN GRANITÓIDES IN REDENÇÃO REGION - SOUTHERN PARÁ New Rb-Sr and Pb-Pb geochronological results on whole rocks and minerals are presented for Archean granitoids from the Redenção region, south of the Carajás Metallogenic Province (southeastern Pará)

In the northern part of the region, a tonalitic gneiss provided conventional biotite ages of 1849 ± 48 Ma (1σ) and 2143 ± 50 Ma (1a) and a Pb-Pb whole rock age of 2872 ± 25 Ma (1σ). A monzogranitic body furnished conventional and isochronic Rb-Sr ages of 2055 ± 58 Ma (1a) and 2541 ± 83 Ma (1σ) respectively, and a Pb-Pb whole rock age of 2894 ± 19 Ma (1σ).

In the southern part of the region (south of the Serra of Inajá), an undeformed monzogranitic body provided conventional Rb-Sr biotite ages of 2041 ± 92 Ma (1σ) and 2175 ± 62 Ma (1σ). A Pb-Pb whole rock age of 2797 ± 28 Ma (1a) has been obtained for the same body.

The Pb-Pb ages point out to the existence of at least two magmatic events in the Redenção region dated at 2.89 - 2.87 Ga and at 2.80 Ga, in the northern and southern parts of the region, respectively. The ages of 2.89 and 2.87 Ga in the northern area suggest the existence of granitoids similar to those in the Rio Maria region, associated to the greenstone belts. On the other hand, no evidences of magmatic events of 2.97 Ga or older (3.0 Ga), as those documented in the Rio Maria region, have been recognized in the Redenção region.

The Rb-Sr ages are considered as a consequence of disturbance of the Rb-Sr system due to a Late Archean thermo-tectonic event and to a Paleoproterozoic thermal event, associated to anorogenic granitic intrusions, as it had been proposed in other regions of the Carajás Metallogenic Province.

Keywords: Geochronology, Archean granitoids, Redenção region, Eastern Amazonia.

RESUMO Novos dados geocronológicos Rb-Sr e Pb-Pb em rocha total e minerais foram obtidos para granitóides arqueanos da região de Redenção, localizada no sul da Província Mineral de Carajás. Na porção norte da região de Redenção, um ortogneisse tonalítico apresentou idades convencionais Rb-Sr em biotita de 1849 ± 48 Ma

(1a) e 2143 ± 50 Ma (1σ) e uma idade Pb-Pb em rocha total de 2872 ± 25 Ma (1σ). Um corpo monzogranítico forneceu idades Rb-Sr convencionais em biotita e isocronica de 2055 ± 58 Ma (1σ) e 2541 ± 83 Ma (1σ), respectivamente, bem como uma idade Pb-Pb em rocha total de 2894 ± 19 Ma (1σ). A sul da Serra do Inajá, um outro corpo monzogranítico forneceu idades Rb-Sr convencionais em biotita de 2041 ± 92 Ma (1a) e 2175 ± 62 Ma (1a), e Pb-Pb em rocha total de 2797 ± 28 Ma (1σ). Os resultados Pb-Pb evidenciam a ocorrência de pelo menos dois eventos magmáticos arqueanos distintos na região de Redenção com idades de 2,87 - 2,89 Ga, na porção norte, e 2,80 Ga, na porção sul. As idades de 2,87-2,89 Ga revelam a existência de granitóides com idades similares às daqueles encontrados mais a norte na região de Rio Maria em associação com os *greenstone belts*. Por outro lado, ao contrário do que ocorre na região de Rio Maria, idades de 2,97 Ga ou mais antigas não foram evidenciadas até o momento. As idades Rb-Sr, a exemplo do que ocorre em toda a Província Mineral de Carajás, refletem a reabertura do sistema Rb-Sr provocada pelo evento tectono-metamórfico do final do Arqueano e pelo evento térmico do Paleoproterozóico, associado a intrusão de granitos anorogênicos.

Palavras-chaves: geocronologia, granitóides, região de Redenção, Amazônia Oriental, Arqueano.

INTRODUÇÃO A Província Mineral de Carajás (PMC) destaca-se como a região que possui o maior acervo de dados geológicos e geocronológicos da Amazônia Oriental. No entanto, algumas áreas, como a região de Redenção, na porção mais meridional da PMC, são ainda carentes de estudos geológicos mais aprofundados, prejudicando a elaboração do quadro geotectônico da Província.

A região de Redenção foi investigada inicialmente pelo Projeto Radambrasil (Silva *et al.* 1974 e Cunha *et al.* 1981) onde foi reunida grande parte das informações geocronológicas, petrológicas e geoquímicas disponíveis para as rochas dessa área. Trabalhos realizados no âmbito do Programa de Levantamento Geológico Básico pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais CPRM/SUREG - Belém (Relatório interno, CPRM) levaram à individualização das principais unidades geológicas arqueanas anteriormente agrupadas no Complexo Xingu, à elaboração de um quadro estratigráfico e geotectônico e estabelecendo correlações estruturais e estratigráficas com os terrenos *granito-greenstones* da região de Rio Maria (Araújo & Costa 1994, Costa *et al.* 1995).

Poucas foram as unidades datadas na região de Redenção, e estas o foram empregando os métodos Rb-Sr e K-Ar. Esses métodos permitiram caracterizar as principais épocas da evolução da região, separando as unidades arqueanas das

proterozóicas. Contudo, estes métodos são muito sensíveis aos efeitos de eventos geológicos superpostos, mesmo os de baixa intensidade, limitando a sua aplicação e a interpretação dos seus resultados.

A carência de dados geocronológicos na região de Redenção prejudicou o estabelecimento de cronocorrelações com as outras regiões da PMC, deixando em aberto questões tais como a existência de uma crosta continental mais antiga do que 3,0 Ga, a definição de um embasamento regional para os *greenstone belts*, as idades dos principais eventos termo-tectônicos que ocorreram na região e as relações temporais entre os eventos magmáticos e tectônicos.

Os primeiros resultados obtidos pelo método Pb-Pb em rocha total de unidades magmáticas da PMC, forneceram valiosas informações sobre as idades de sua formação (Rodrigues 1992, Lafon *et al.* 1994, 1995). Para este trabalho empregou-se o método Pb-Pb em conjunto com o método Rb-Sr em rocha total e minerais, aplicados às unidades magmáticas arqueanas que predominam na região de Redenção. Datações Pb-Pb em rocha total foram realizadas nas unidades conhecidas como Ortogneisse Arco Verde e monzogranitos tipo Mata Surrão (Araújo & Costa 1994), na tentativa de evidenciar se as mesmas representam produtos de eventos magmáticos distintos, como na região de Rio Maria onde essas

unidades foram inicialmente reconhecidas. As idades Rb-Sr em rocha total e minerais foram determinadas para evidenciar os efeitos dos eventos termo-tectônicos do final do Arqueano e do Proterozóico sobre as rochas da região de Redenção. Os dados apresentados trazem novas referências cronológicas para a evolução geotectônica da região e colaboram com as tentativas de integração que vêm sendo realizadas com as regiões adjacentes à PMC.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL A PMC localiza-se na porção SE do Estado do Pará, constitui o limite sul-oriental do Cráton Amazônico (Almeida 1967), e está limitada a leste pelo Cinturão Araguaia. Hirata *et al.* (1982), Araújo *et al.* (1988), DOCEGEO (1988), Huhn *et al.* (1988) e Costa *et al.* (1990) apresentaram propostas de arranjo litoestratigráfico para a PMC, estabelecendo a existência de um núcleo de terrenos *granito-greenstones* preservados na porção sul (região de Rio Maria - Serra dos Gradaús) e de um cinturão de cisalhamento em toda a porção centro norte (Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas). Araújo *et al.* (1994), Araújo & Costa (1994) e Costa *et al.* (1995) integraram a região de Redenção, localizada a sul da região de Rio Maria, em um modelo de evolução estrutural para a PMC, caracterizando os eventos termo-tectônicos que conduziram à edificação do segmento crustal da região sudeste do Estado do Pará. O principal evento reconhecido, do final do Arqueano, subdividiu a PMC em três compartimentos tectônicos, denominados, de norte para sul, de Cinturão de Cisalhamento Itacaiúnas, Terreno *Granito-Greenstones* de Rio Maria e Cinturão Pau d'Arco (Fig. 1). O desenvolvimento desses compartimentos é interpretado por meio de um evento termo-tectônico que iniciou com movimentos tangenciais de sul para norte, e

evoluiu para movimentos essencialmente direcionais. A evolução anterior a esse evento e, em particular, as condições de formação da crosta arqueana da PMC, ainda é uma incógnita (Macambira & Lafon 1995).

A região de Redenção, situada logo a sul dos terrenos *granito-greenstone* de Rio Maria, estende-se pelo menos até a Serra do Inajá onde seqüências de *greenstone* também foram identificadas (Fig. 1). As unidades litológicas contêm uma foliação milonítica orientada segundo E-W e com mergulho acentuado para N ou S, e uma lineação de estiramento sub-horizontal (Araújo *et al.* 1994). A ocorrência de granitóides em faixas e lentes em meio aos gnaisses define um bandamento orientado preferencialmente na direção E-W, tratando-se de uma geometria resultante de forte deformação por milonitização, cuja movimentação se concentra nos contatos e gera as principais zonas de cisalhamento (Costa *et al.* 1995). Essas feições levaram Araújo *et al.* (1994) e Costa *et al.* (1995) a definir um cinturão de cisalhamento na região. Por outro lado Althoff *et al.* (1991, 1995), a partir de dados petrográficos e estruturais dos granitóides da região de Marajoara, consideram que a mesma é um prolongamento do bloco crustal arqueano de Rio Maria e descartam a hipótese de ocorrer, na área, um cinturão de cisalhamento no limite daquele bloco.

Durante o Proterozóico, toda a PMC foi afetada por movimentos extensionais que geraram falhas normais e de transferência orientadas respectivamente segundo NE-SE e NE-SW. Coberturas vulcânicas e sedimentares e granitos anorogênicos estão intimamente relacionados a esse evento termo-tectônico (Costa *et al.* 1990, 1995).

Em um primeiro esboço estratigráfico para a região de Redenção, o Complexo Xingu, cujas litologias foram descritas como granitos, granodioritos, gnaisses, migmatitos, anaxitos, anfíbolitos e charnoquitos, era considerado como o embasamento regional arqueano constituindo, junto com as seqüências tipo *greenstone belt* do Grupo Serra do Inajá, as unidades mais antigas da região (Silva *et al.* 1974, Cunha *et al.* 1981, Ianhez *et al.* 1980, 1982, Bezerra *et al.* 1982).

Cunha *et al.* (1981) obtiveram idades Rb-Sr em rocha total de 2,70 Ga e de 2,0 Ga em rochas do Complexo Xingu na região de Redenção, interpretadas respectivamente como a época de formação dessas rochas e do seu rejuvenescimento isotópico durante o Ciclo Transamazônico. Rochas do Complexo Xingu também foram datadas por Bezerra *et al.* (1982) pelo método K-Ar em rocha total e minerais, mostrando idades de 2,2 a 1,7 Ga.

Entre as cidades de Redenção e Marajoara (Fig. 2), Althoff *et al.* (1995) dividiram o Complexo Xingu em três grupos de granitóides arqueanos, quais sejam, o Tonalito Arco Verde, de afinidade trondhjemitica, o Granito Garantã e o Granodiorito Rio Maria, de afinidade cálcialcalina. Para esses autores, o Tonalito Arco Verde (2957+257-21 Ma U-Pb em zircão, Macambira & Lancelot, no prelo) é a unidade mais antiga, enquanto o Granodiorito Rio Maria, correlacionado ao corpo homônimo da região de Rio Maria, tem idade U-Pb em zircão de 2874 +97-10 Ma (Macambira & Lancelot 1991, no prelo) e 2872 ± 5 Ma (Pimentel & Machado 1994). Não existem dados geocronológicos do Granito Garantã, mas os autores o consideram como gerado logo após o Tonalito Arco Verde tendo, portanto, idade próxima desse último.

Araújo *et al.* (1994) e Costa *et al.* (1995) dividiram também o Complexo Xingu, na região de Redenção (Fig. 2), em três grupos de granitóides, similares aos definidos por Althoff *et al.* (1995). Entretanto, interpretam o Tonalito Arco Verde como um ortogneisse tonalítico migmatizado e relacionam os monzogranitos da região de Redenção ao Granito Mata Surrão da de Rio Maria datado em 2875 ± 20 Ma (Pb-Pb em rocha total; Lafon *et al.* 1994), e portanto contemporâneo ao Granodiorito Rio Maria.

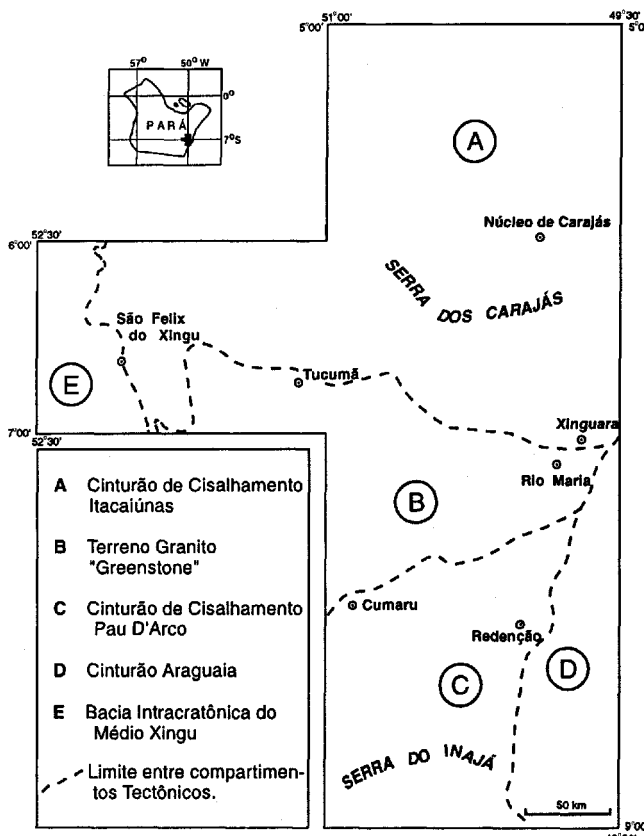


Figura 1 - Arcabouço estrutural da Província Mineral de Carajás (seg. Costa *et al.* 1995).

Figure 1 - Structural arrangement of the Mineral Province of Carajás (Costa *et al.* 1995).

O Grupo Serra do Inajá, que ocorre no sul da região de Redenção (Fig. 2), caracteriza-se por uma diversificada seqüência litológica vulcano-sedimentar, constituída, da base para o topo, por metaultramáficas, metamáficas, metavulcânicas fêlsicas e rochas metassedimentares metamorfizadas na fácies xisto verde a epidoto-anfibolito (Silva *et al* 1974, lanhez *et al.* 1980). DOCEGEO (1988) e Araújo & Costa (1994) caracterizam definitivamente esse grupo como uma seqüência do tipo *greenstone belt*. Não há dados geocronológicos do Grupo Serra do Inajá, mas lanhez *et al.* (1980) sugerem que sua formação ocorreu entre 3,0 e 2,6.

De acordo com Silva *et al.* (1974), Cunha *et al.* (1981) e Costa *et al.* (1991), as rochas relacionadas à evolução das estruturas extensionais que caracterizam o Proterozóico na PMC, compreendem complexos máfico-ultramáficos, associações plutônicas e vulcânicas fêlsicas (Supergrupo Uatumã), rochas sedimentares (Formação Gorotire e Cubencranquém) e plutônicas (Suítes Tarumã e Redenção). Dessas unidades, apenas a suíte Redenção e a Formação Gorotire estão representadas na região de Redenção.

A Formação Gorotire consiste de um pacote de arenitos com horizontes subordinados de granulometria mais fina e conglomerados, sobreposto discordantemente ao Supergrupo Uatumã e sotoposto à Formação Cubencranquém.

A Suíte Intrusiva Redenção engloba corpos graníticos relacionados ao evento plutônico ácido considerado até o momento como o mais jovem evento da Plataforma Amazônica (Bezerra *et al.* 1982). Cunha *et al.* (1981) obtiveram uma idade

convencional Rb-Sr de 685 ± 30 Ma, enquanto Tassinari *et al.* (1984) apresentam, para o Granito Redenção, uma idade isocrônica Rb-Sr de 1350 ± 80 Ma, interpretada como a de cristalização do mesmo. Finalmente, Barbosa *et al.* (1995) obtiveram uma idade isocrônica Pb-Pb em rocha total de 1870 ± 68 Ma interpretada como a de cristalização do Granito Redenção. Esse resultado é similar às idades U-Pb em zircão e Pb-Pb em rocha total de 1,87 -1,89 Ga dos demais granitos anorogênicos da PMC, implicando em uma revisão da cronologia dos eventos magmáticos e sedimentares ocorridos durante o Proterozóico na região de Redenção, estabelecida a partir de dados Rb-Sr.

DESCRIÇÃO DAS UNIDADES ESTUDADAS Neste trabalho será dado ênfase ao Ortognaisse Arco Verde e aos monzogranitos tipo Mata Surrão, levando-se em consideração, *a priori*, a divisão litoestratigráfica proposta por Costa *et al.* (1995), já que as rochas investigadas não pertencem à área estudada por Althoff *et al.* (1995).

Ortognaisse Arco Verde As amostras desta unidade foram coletadas em três pontos (AVR10, AVR08 e AVR15), em afloramentos sob a forma de extensos lajeados expostos nos ramais da estrada situada a oeste da Cidade de Redenção (Fig. 2).

O Ortognaisse Arco Verde é acinzentado, de granulação média e contém encraves centimétricos de anfibolito. Em geral, são gnaisses com um bandamento composicional dado pela alternância de leitos contínuos, quartzo-feldspáticos e máficos, constituídos principalmente por biotita, associado a uma foliação milonítica de direção geral NE-SW subvertical. São comuns mobilizados quartzo-feldspáticos e quartzosos, os quais ocorrem como níveis concordantes ou discordantes à foliação. Localmente, o gnaisse mostra porções isotrópicas nas quais foram coletadas as amostras para determinações geocronológicas.

As amostras estudadas, provenientes das porções isotrópicas, apresentam uma textura granoblástica com uma sutil orientação dos grãos maiores de plagioclásio e da biotita. Os minerais essenciais consistem de plagioclásio, feldspato potássico (microclina perítica) e quartzo, com proporções médias respectivas de 41% (30-51%), 9% (1-19%) e 29% (16-37%), definindo uma composição tonalítica a granodiorítica, segundo o critério de Streckeisen (1976). A hornblenda e a biotita são varietais. Os acessórios compreendem alanita, apatita, opacos e zircão e os secundários são epidoto (alteração do plagioclásio e da biotita), clorita (alteração do anfibolito), sericita e argilo-minerais (alteração do plagioclásio e feldspato potássico). A biotita contém, em geral, inclusões de epidoto, opacos, quartzo e apatita granular.

Monzogranitos tipo Mata Surrão Na região de Redenção foram identificadas duas áreas de ocorrência de monzogranitos, correlacionados por Araújo & Costa (1994) ao Granito Mata Surrão da região de Rio Maria (Fig. 2). Uma localiza-se a oeste da cidade de Redenção e outra é um corpo que aflora a sul da Serra do Inajá. De acordo com dados inéditos da CPRM, esses corpos apresentam características petrográficas e geoquímicas semelhantes.

O Granito Mata Surrão foi definido por Duarte *et al.* (1991) na região de Rio Maria como um granito geralmente isotrópico encaixado no Tonalito Arco Verde. Esse corpo apresenta idades Pb-Pb em rocha total de 2875 ± 20 Ma (Lafon *et al.* 1994) e Rb-Sr de 2541 ± 74 Ma (Duarte *et al.* 1991) interpretadas, respectivamente, como a de cristalização e a de rejuvenescimento isotópico.

As amostras de monzogranito tipo Mata Surrão foram coletadas em dois pontos (AVR21 e AVR22) na porção norte da área, e dois na porção sul (ANO I e AB17B), em afloramen-

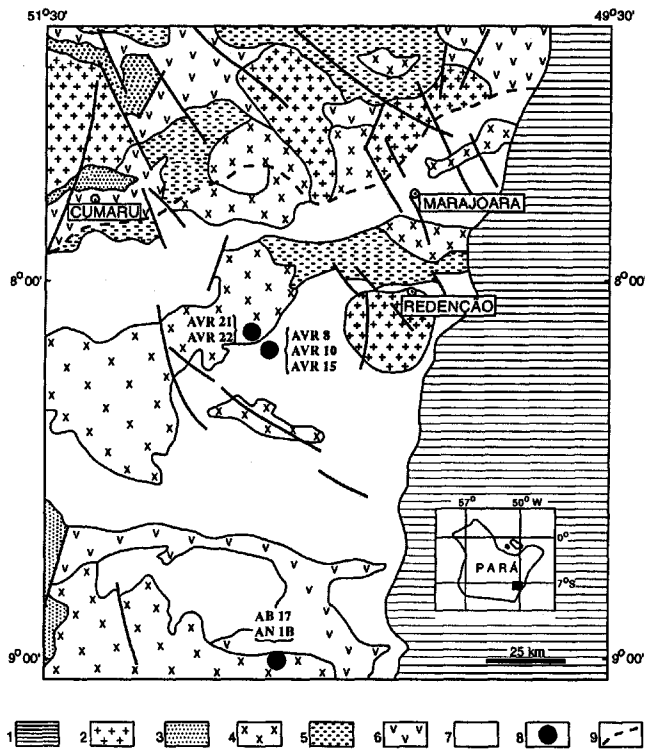


Figura 2 - Mapa geológico simplificado da região de Redenção, 1- Cinturão Araguaia; 2-Granitos anorogênicos paleoproterozóicos; 3-Coberturas sedimentares; 4-monzogranitos tipo Mata Surrão; 5-Granodiorito Rio Maria; 6-Sequências greenstones; 7-Ortognaisse Arco Verde. (Fonte: Costa *et al.* 1995, modificado).

Figure 2 - Simplified geologic map of the Redenção region, 1-Araguaia Belt; 2-Paleoproterozoic anorogenic granites; 3-Sedimentary cover; 4-Archean monzogranites; 5-Rio Maria granodiorite; 6-Greenstones sequences; 7-Arco Verde orthogneiss. (Source: Costa *et al.* 1995, modified).

tos sob a forma de lajeados e blocos métricos, em ramais da rodovia PA-150. As amostras da porção sul provêm de uma área próxima à Serra do Inajá, onde Cunha *et al.* (1981) identificaram corpos da Suíte Intrusiva Proterozóica Rio Dourado. Contudo Araújo & Costa (1994) e Costa *et al.* (1995) consideram essas rochas como granitóides arqueanos. As amostras são cinza com tonalidade rosada, de granulação média a fina e isotópicas, e os afloramentos comumente contêm lentes de mobilizados quartzo-feldspáticos e quartzosos.

Em lâmina delgada, as amostras exibem textura granular hipidiomórfica com variação para porfíritica, onde se destacam fenocristais de feldspato potássico e quartzo. Os componentes essenciais são plagioclásio (19-44%), feldspato potássico (18-51%) e quartzo (30-39%), o que define uma composição monzogranítica, segundo o critério de Streckeisen (1976). A biotita é o mineral máfico mais abundante. Os acessórios compreendem alanita, opacos, titanita, zircão e apatita. Os secundários consistem de clorita que parcialmente substituiu a biotita, e epidoto e carbonato como produtos de saussuritização do plagioclásio.

TÉCNICAS ANALÍTICAS As análises isotópicas Rb-Sr e Pb-Pb foram realizadas no Laboratório de Geologia Isotópica (LGI) do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará.

As amostras coletadas foram pulverizadas (80 mesh), homogeneizadas e quarteadas. A separação das frações minerais foi feita com separador magnético tipo Frantz, chapa vibratória e líquidos pesados.

Para o método Rb-Sr, 50 a 100 mg de amostra foram submetidos a um ataque ácido de HF (48%) e HNO₃ + HClO₄ (1:1) concentrados, a quente, após introdução de um traçador misto, enriquecido em ⁸⁷Rb e ⁸⁴Sr para a determinação dos teores de Rb e Sr por diluição isotópica. O Rb e o Sr foram separados e purificados por cromatografia utilizando-se resinas trocadoras de íons DOWEX AG 50x8. Os concentrados finais de Rb e Sr foram depositados em filamentos de tungstênio para posterior análise isotópica no espectrômetro de massa. Os brancos de química ficaram abaixo de 5 ng para o Rb e o Sr.

O procedimento experimental utilizado para o método Pb-Pb segue o desenvolvido por Manhês (1982), adaptado às condições do LGI por Rodrigues (1992). A abertura química das frações de rocha total (500 mg) foi feita com HF (1N). O Pb foi solubilizado com HBr (8N e 0,5N) e submetido à separação por cromatografia de resina de troca iônica DOWEX AG 1x8, 200-400 mesh, condicionada com HBr (0,5N). O concentrado final foi depositado em um filamento de rênio para análise isotópica no espectrômetro de massa. Os brancos de química realizados durante o período de análise situaram-se abaixo de 5 ng de Pb.

As análises isotópicas de Pb, Rb e Sr foram realizadas com um espectrômetro de massa VG ISOMASS 54E com mono-coletor. As análises do Sr foram normalizadas a partir da razão ⁸⁴Sr/⁸⁸Sr = 0,1194. As composições isotópicas do Pb foram corrigidas do efeito de discriminação de massa utilizando um fator de 0,15% ± 0,03 por u.m.a., determinado a partir de análises repetidas de NBS982 (*equal atoms*). O cálculo da idade no diagrama ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb versus ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb foi feito segundo York (1969) e Ludwig (1980), enquanto que as idades Rb-Sr foram determinadas com base em York (1967, 1969) e no algoritmo de Williamson (1968) modificado. Os resultados apresentados foram calculados com o desvio padrão de 1σ.

RESULTADOS ANALÍTICOS Rb-Sr Ortognaisse Arco Verde Duas amostras do Ortognaisse Arco Verde foram selecionadas para determinação geocronológica pelo

método Rb-Sr. Para cada amostra, além da rocha total (RT), também foram analisadas frações de biotita (Bt) e de feldspato + quartzo (FQ). Os resultados analíticos estão apresentados na Tabela 1.

A amostra AVR8B forneceu uma idade de 2.095 ± 142 Ma (1σ) e Isr de 0,7022 ± 0,0010 com uma MSWD de 15,99 (Fig. 3a), enquanto a amostra AVR10F forneceu uma idade de 2.384 ± 523 Ma (1σ) com uma Isr de 0,7029 ± 0,0024 e uma MSWD de 136 (Fig. 3b). Os altos valores do MSWD indicam que não há alinhamento satisfatório entre as frações FQ, Bt e RT, particularmente na amostra AVR10F, onde a fração de Bt situa-se bem abaixo do alinhamento definido pelas frações de FQ e RT. Não houve, portanto, equilíbrio isotópico entre os minerais das amostras analisadas. Entretanto, como o objetivo principal da aplicação do método Rb-Sr, neste trabalho, é evidenciar possíveis reaberturas do sistema Rb-Sr durante o Proterozóico, optou-se pela utilização das idades em biotita, mais sensíveis aos efeitos termo-tectônicos.

A biotita das amostras AVR10F e AVR08B forneceu idades aparentes de 1.849 ± 48 Ma e 2.143 ± 50 Ma, respectivamente, calculadas com valor de Isr = 0,710, considerado representativo da razão ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr dos minerais de uma rocha arqueana submetida a uma rehomogeneização isotópica no Paleoproterozóico (1,8-2,1 Ga). A escolha deste valor está de acordo com os resultados obtidos por Macambira *et al.* (1988) a partir de uma isócrona em minerais do Granodiorito Rio Maria.

Monzogranitos tipo Mata Surrão Dessa unidade foram selecionadas duas amostras de monzogranito que afloram no norte da área e duas de monzogranito da porção sul. Além da rocha total (RT), também foram analisadas frações de biotita (Bt) e feldspato + quartzo (FQ).

As duas amostras do monzogranito tipo Mata Surrão (porção norte) alinham-se segundo duas isócronas. Uma (AVR21B) fornece uma idade de 1.978 ± 84 Ma (1σ), Isr igual a 0,71013 ± 0,00059 e MSWD de 4,57 (Fig. 3c). Outra amostra (AVR22A) define uma idade de 2.541 ± 83 Ma (1σ) Isr de 0,70209 ± 0,00058 e MSWD de 2,05 (Fig. 3d). Esses resultados, apesar de relativos a amostras de um mesmo corpo, fornecem idades bastante diferentes, notando-se também a diferença entre os valores de ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr das frações de biotita (Tabela 1).

A partir do cálculo de idade aparente em biotita, utilizando-se Isr igual a 0,710, obtém-se uma idade de 2.055 ± 58 Ma para a amostra AVR21B. Para a amostra AVR22A, preferiu-se manter a idade isocrônica já que a isócrona obtida mostra um bom alinhamento dos pontos analíticos, incluindo a da fração de biotita.

As duas amostras do monzogranito tipo Mata Surrão coletadas à sul da Serra do Inajá, fornecem duas isócronas Rb-Sr em minerais, cujos resultados analíticos constam da Tabela 1, com idade de 1.786 ± 340 Ma (1σ) e Isr de 0,888 ± 0,089 (MSWD = 11,3) para a amostra AN01B (Fig. 3e) e de 2.063 ± 369 (1σ) e Isr de 0,734 ± 0,023 (MSWD = 14,2) para a amostra AB17B (Fig. 3f). A posição dos pontos experimentais, afastados da origem da reta (⁸⁷Rb/⁸⁶Sr > 4 para a amostra AB17B e ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr > 15 para a amostra AN01B) provoca, em ambos os casos, um alto valor de desvio para a Isr dessas amostras. Idades aparentes em biotita, calculadas a partir de Isr = 0,710, fornecem idades de 2.041 ± 92 Ma e 2.175 ± 62 Ma para as amostras AB17B e AN01B, respectivamente (Tabela 1).

RESULTADOS ANALÍTICOS Pb-Pb Ortognaisse Arco Verde Cinco amostras desta unidade foram analisadas em rocha total (Tabela 2). No diagrama ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb (Figura 4a), a reta isocrônica

Tabela 1 - Resultados analíticos Rb-Sr para as amostras estudadas. FQ-feldspato e quartzo; Bt - biotita.
Table 1 - Rb-Sr analytical results from studied samples. FQ- feldspar and quartz; Bt- biotite.

Amostra	Rb _{ppm}	Sr _{ppm}	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	1σ	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	1σ	Idade (Ma) em biotita (*)
Ortognaisse Arco Verde							
AVR8BFQ	23,21	389,6	0,172	0,002	0,70768	0,00020	-
AVR8B	118,05	463,6	0,738	0,011	0,72315	0,00030	-
AVR8BBt	336,41	113,9	8,770	0,197	0,98096	0,00039	1849 ± 48 Ma
AVR10FFQ	22,31	305,0	0,212	0,003	0,70987	0,00008	-
ARR10F	87,72	381,9	0,666	0,009	0,72821	0,00020	-
AVR10FBt	378,19	50,9	22,758	0,526	1,31542	0,00182	2143 ± 50 Ma
Monzogranito tipo Mata Surrão da porção norte da Região de Redenção							
AVR21BFQ	45,0	442,8	0,308	0,004	0,71904	0,00013	-
AVR21B	121,1	487,7	0,720	0,010	0,73023	0,00003	-
AVR21BBt	686,0	125,5	16,583	0,456	1,20099	0,00055	2055 ± 58 Ma
AVR22AFQ	33,7	278,3	0,315	0,004	0,71510	0,00009	-
AVR22A	86,9	459,1	0,543	0,007	0,72171	0,00007	-
AVR22ABt	194,8	478,6	1,182	0,020	0,74599	0,00009	não calculada
Monzogranito tipo Mata Surrão da porção sul da Região de Redenção							
AB17B	216,0	148,1	4,28	0,08	0,85526	0,00012	-
AB17BFQ	149,6	105,6	4,16	0,07	0,86292	0,00011	-
AB17BBt	1040,0	45,6	81,61	3,67	3,10947	0,00206	2041 ± 92 Ma
AN01B	284,5	55,7	15,65	0,30	1,30603	0,00019	-
AN01BFQ	248,7	42,3	18,03	0,37	1,32647	0,00019	-
AN01BBt	587,6	57,4	32,62	0,91	1,73342	0,00092	2175 ± 62 Ma

(*) Idade convencional calculada com $I_{Sr} = 0,710$.

obtida a partir dos pontos experimentais de rocha total fornece uma idade de 2.872 ± 25 Ma (1σ) com $\mu_1 = 8,3 \pm 0,21$ (onde μ_1 é a razão $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ atual da fonte, cujo valor é calculado a partir do Modelo de Estágio Simples de Holmes & Houtermans 1946). O MS WD de 1,24, indica o bom alinhamento dos pontos experimentais na reta isocrônica

Monzogranitos tipo Mata Surrão Seis amostras de rocha total da porção norte foram analisadas (Tabela 2). No diagrama $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Fig. 4b), os pontos analíticos das amostras alinham-se em uma reta que fornece uma idade de 2.894 ± 19 Ma (1σ) com $\mu_1 = 8,21 \pm 0,17$ e MSWD de 3,54.

Cinco amostras de monzogranitos da porção sul foram selecionadas para análise de rocha total (Tabela 2). No diagrama $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Fig. 4c), as amostras alinham segundo uma reta que fornece uma idade isocrônica de 2.797 ± 28 Ma (1σ) para $\mu_1 = 8,4 \pm 0,22$ e MSWD de 5,5. É importante assinalar que esta idade é estatisticamente menor (a 2a) que a obtida para o Monzogranito tipo Mata Surrão da porção norte da região de Redenção.

DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÕES Os resultados geocronológicos obtidos pelo método Pb-Pb aplicado em rochas ígneas arqueanas deformadas têm sido interpretados alternativamente como idades de cristalização ou de rehomogeneização isotópica durante o metamorfismo e a deformação. Muitas vezes é difícil diferenciar os eventos (magmáticos/metamórficos) devido ao pequeno intervalo de tempo

entre a formação dos granitóides e seu retrabalhamento (Taylor *et al.* 1980, Bickle *et al.* 1983, Kalsbeek *et al.* 1984).

A interpretação da idade Pb-Pb do Ortognaisse Arco Verde é bastante dificultada pelas divergências quanto a sua gênese e evolução. Para Althoff *et al.* (1995) o Tonalito Arco Verde é um corpo sincinematismo a um evento de encurtamento horizontal homogêneo, sendo as texturas deformacionais adquiridas ainda no estágio magmático. Nesse caso, a idade Pb-Pb de 2.872 ± 25 Ma deve ser interpretada como a de cristalização, sendo o Ortognaisse Arco Verde contemporâneo ao magmatismo granítico associado aos *greenstone belts* da região de Rio Maria - Serra dos Gradaús (Granodioritos Rio Maria e Cumaru, Trondhjemito Mogno, Monzogranitos Xinguara e Mata Surrão). Os resultados geocronológicos aqui obtidos inviabilizam a correlação com o Tonalito Arco Verde da Região de Rio Maria, cuja idade U-Pb em zircão é de $2.957 +25/-21$ Ma (Macambira & Lancelot, no prelo). A denominação de Ortognaisse Arco Verde, sugerida por Araújo *et al.* (1994) e Araújo & Costa (1994) para as rochas tonalíticas da região de Redenção anteriormente englobadas no Complexo Xingu deve, portanto, ser restrita à região de Rio Maria. É importante ressaltar que não existe continuidade física entre as rochas tonalíticas das regiões de Rio Maria e Redenção, pois estas estão separadas pelos granitóides Guarantã e Rio Maria, a sul da vila de Marajoara (Althoff *et al.* 1991, 1995).

Alternativamente, a idade Pb-Pb de 2.872 ± 25 Ma pode ser relacionada a um episódio de retrabalhamento das rochas tonalíticas responsável, segundo Costa *et al.* (1995), pelas estruturas deformacionais, permanecendo indefinida a idade do protólito ígneo. Essa interpretação implica em que o

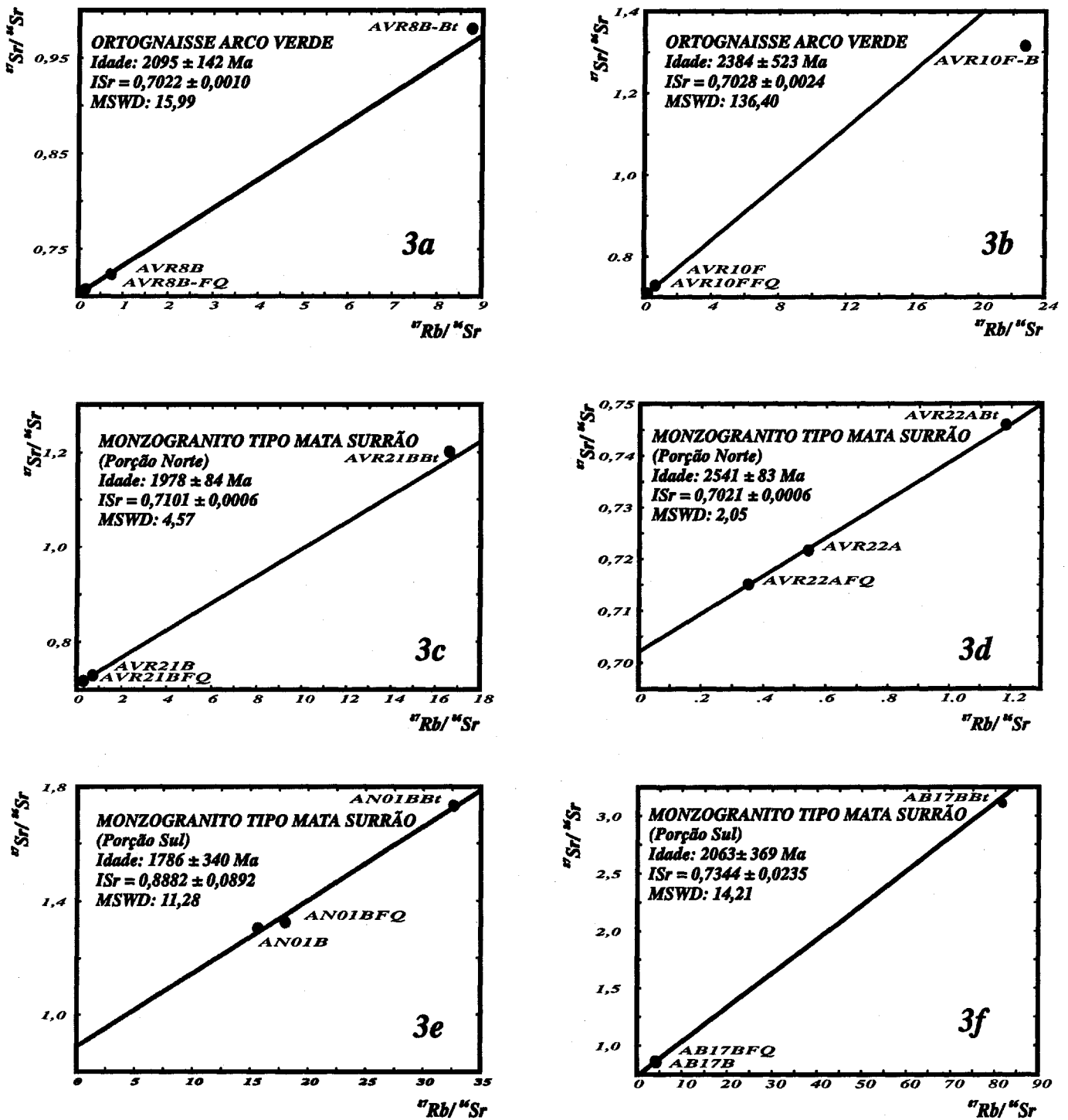


Figura 3 - Diagrama isocrônico das frações de rocha total e minerais dos granitóides arqueanos da região de Redenção, (a) amostra AVR8B do Ortognaisse Arco Verde, (b) amostra AVR10F do Ortognaisse Arco Verde, (c) amostra AVR21B do monzogranito tipo Mata Surrão da porção Norte da região de Redenção, (d) amostra A V22A do monzogranito tipo Mata Surrão da porção Norte da região de Redenção, (e) amostra AN01B do Monzogranito tipo Mata Surrão da porção Sul da região de Redenção, (f) amostra AB17B do Monzogranito tipo Mata Surrão da porção Sul da região de Redenção.

Figure 3 - Rb-Sr isochron diagram on whole rock and mineral fraction from the Archean granitoids of the Redenção region, (a) AVR8B sample of Arco Verde Gneiss, (b) AVR10F sample of Arco Verde orthogneiss, (c) AVR21B sample of Mata Surrão Monzogranite of the northern portion of the Redenção region, (d) AVR22A sample of Mata Surrão Monzogranite of the northern portion of Redenção region, (e) AN01B sample of Mata Surrão Monzogranite of southern portion of the Redenção region, (f) AB17B sample of Mata Surrão Monzogranite of the southern portion of Redenção region

sistema Pb-Pb tenha sido completamente rehomogeneizado em escala quilométrica, haja visto a distância entre os pontos analisados. Tal processo necessita de altos gradientes de pressão e temperatura e a idade de 2.872 ± 25 Ma indicaria, portanto, o episódio principal de implantação, na área, do Cinturão Pau d'Arco.

O bom alinhamento dos pontos experimentais na reta isocrônica (MSWD = 1,24) e o fato das amostras datadas serem provenientes de porções isotrópicas e portanto isentas de feições marcantes de deformação, não favorece a interpretação da idade Pb-Pb como de retrabalhamento. Diante disso, prefere-se considerar a idade de 2.872 ± 25 Ma como a de cristalização do protólito do Ortognaisse Arco Verde.

A idade de 2.894 ± 19 Ma obtida pelo método Pb-Pb no monzogranito tipo Mata Surrão da porção norte da região de Redenção é similar as idades U-Pb e Pb-Pb em torno de 2,87 Ga do Granito Mata Surrão e dos granitóides arqueanos associados aos *greenstone belts* da região de Rio Maria (Macambira 1992, Lafon *et al.* 1994, Pimentel & Machado 1994).

As amostras datadas deste monzogranito apresentam uma textura ígnea preservada com características petrográficas, estruturais e idade similares aos demais granitos arqueanos da região de Rio Maria, em especial o Granito Mata Surrão

(Duarte *et al.* 1991), permitindo interpretar a idade obtida como a de cristalização magmática do mesmo.

As idades obtidas para as rochas tonalíticas e monzograníticas da porção norte da região de Redenção são semelhantes dentro da margem de erro, caracterizando a ocorrência de granitóides arqueanos na região de Redenção e sugerindo que o magmatismo gerador dessas rochas se estendeu desde a região de Rio Maria até, pelo menos, a porção norte da região de Redenção.

A idade de Pb-Pb em rocha total de 2.797 ± 28 Ma do Monzogranito tipo Mata Surrão na porção sul da região de Redenção é superior a obtida por Cunha *et al.* (1981) pelo método Rb-Sr (1,73 Ga) na Suíte Rio Dourado. Essas rochas, a exemplo da porção norte da região estudada, são isotrópicas com textura ígnea preservada. Assim, a idade aqui obtida é interpretada como a de formação dessa unidade, confirmando que esse corpo não pertence ao magmatismo proterozóico da Suíte Intrusiva Rio Dourado. Contudo, a idade menor do monzogranito da porção sul sugere a ocorrência de, pelo menos, dois eventos magmáticos arqueanos distintos na região de Redenção.

Os resultados aqui alcançados mostram que, na região de Redenção, o período entre 2,80 a 2,89 Ga foi marcante na

Tabela 2 - Resultados analíticos Pb-Pb para as amostras estudadas.
Table 2 - Pb-Pb analytical results from studied samples.

Amostra	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	1 σ	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	1 σ	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	1 σ
<i>Ortognaisse Arco Verde</i>						
AVR8B	19,272	0,012	15,837	0,015	36,203	0,044
AVR10B	20,465	0,014	16,095	0,016	38,173	0,050
AVR10F	21,845	0,015	16,390	0,016	37,182	0,045
AVR15B	22,565	0,014	16,538	0,015	41,637	0,050
AVR15D	25,754	0,019	17,168	0,019	47,526	0,067
<i>Monzogranito tipo Mata Surrão da porção norte da Região de Redenção</i>						
AVR22B	17,382	0,018	15,439	0,014	38,116	0,046
AVR22A	22,021	0,016	16,388	0,018	43,910	0,059
AVR21A	22,513	0,014	16,513	0,015	39,899	0,048
AVR21B	23,832	0,015	16,800	0,015	43,303	0,053
AVR21D	25,767	0,024	17,135	0,021	42,063	0,059
AVR22C	30,681	0,019	18,220	0,017	49,389	0,059
<i>Monzogranito tipo Mata Surrão da porção sul da Região de Redenção</i>						
AB17C	16,690	0,014	15,366	0,017	47,321	0,070
AB17A	18,185	0,012	15,646	0,015	48,670	0,064
AB17B	18,373	0,012	15,671	0,015	46,297	0,057
AN01B	25,093	0,015	17,044	0,016	45,510	0,057
AN01H	27,447	0,024	17,433	0,019	50,040	0,071

evolução geológica regional, constituindo um importante registro cronológico em toda a PMC, já que idades semelhantes também ocorrem na Serra dos Carajás (Machado *et al.* 1991), em Rio Maria (Macambira & Lancelot 1991, Pimentel & Machado 1994, Lafon *et al.* 1994), na Serra dos Gradaús (Lafon & Scheller 1994) e na região de Tucumã (Avelar *et al.* 1995). Até o momento, não há registro de idades mais antigas que 3,0 Ga na região de Redenção, nem em torno de 2,97 Ga, como em Rio Maria ou na Serra dos Gradaús (Macambira

1992, Pimentel & Machado 1994). Porém, não se deve esquecer as limitações do método Pb-Pb em áreas metamórficas e deformadas, que pode registrar os eventos termo-tectônicos, ao invés da idade de cristalização.

Os valores de μ_1 das rochas estudadas (Tonalito Arco Verde: $8,3 \pm 0,21$; monzogranito tipo Mata Surrão da porção norte da região de Redenção: $8,2 \pm 0,17$ e monzogranito tipo Mata Surrão a sul da Serra do Inajá: $8,2 \pm 0,17$), podem ser considerados similares entre si e ao valor de $8,2 \pm 0,11$ obtido no Monzogranito tipo Mata Surrão da região de Rio Maria ($\mu_1 = 8,2 \pm 0,11$) por Lafon *et al.* (1994). Tal similaridade indica uma possível fonte comum para as mesmas.

As idades Rb-Sr em rocha total de 2,7 Ga e 2,75 Ga (lanhez *et al.* 1980; Cunha *et al.* 1981) anteriormente admitidas como as de formação do Complexo Xingu na região de Redenção passam, pois, a ser aceitas como idades mínimas de reabertura do sistema Rb-Sr das rochas granitóides investigadas. Uma situação comparável já foi observada nas regiões de Rio Maria e Serra dos Gradaús onde o cronômetro Rb-Sr foi sistematicamente perturbado após a cristalização, fornecendo idades entre 2,75 - 2,50 Ga para rochas formadas entre 2,87 e 2,97 Ga. A reabertura do sistema Rb-Sr foi interpretada como o efeito dos eventos tectono-metamórficos que afetaram as rochas da PMC no final do Arqueano (Macambira & Lafon 1995). Na região de Redenção, as idades Rb-Sr de 2,70-2,75 Ga devem provavelmente também representar o limite inferior das idades dos eventos termo-tectônicos que conduziram a estruturação da região no final do Arqueano. Assim, como em toda a Província Mineral de Carajás, o método Rb-Sr em rocha total deve ser visto apenas como um indicador dos eventos termo-tectônicos que afetaram a área no final do Arqueano, limitando-se a proporcionar uma idade mínima da formação das rochas. Além disso, também não se deve descartar a possibilidade dos efeitos térmicos ligados às intrusões de granitos anorogênicos terem contribuído para a reabertura do sistema Rb-Sr das rochas arqueanas da Província de Carajás e de Redenção, produzindo idades sem sentido geológico.

As idades convencionais Rb-Sr da biotita situam-se no intervalo de idades anteriormente obtidas pelo método K-Ar em minerais (2,2-1,71 Ga) nas rochas do Complexo Xingu na Folha SC.22 Tocantins (Bezerra *et al.* 1982). Idades similares também foram obtidas pelos métodos Rb-Sr, K-Ar e Ar-Ar em minerais das rochas arqueanas da região de Rio Maria (Macambira *et al.* 1988, Macambira *et al.* 1990) e de Carajás (Gomes *et al.* 1975, Tassinari *et al.* 1982, Renne *et al.* 1988), mostrando que temperaturas superiores a 300-350 °C, que é a temperatura de fechamento do sistema Rb-Sr da biotita (Jäger 1979) foram alcançadas. Essas idades foram relacionadas à influência do Ciclo Transamazônico nas unidades arqueanas da PMC (Gomes *et al.* 1975, Bezerra *et al.* 1982, Tassinari *et al.* 1982). Entretanto, a ausência de evidências geológicas desse Ciclo na PMC e a sua não detecção pelos métodos U-Pb em titanita e monazita e K-Ar e Ar-Ar em anfíbólio (Macambira *et al.* 1988, Renne *et al.* 1988, Machado *et al.* 1991) levaram a reinterpretar essas idades como efeitos térmicos do magmatismo proterozóico. A ausência de alinhamento satisfatório das isócronas de minerais é provavelmente devida às transformações que afetaram principalmente a biotita e os feldspatos. A amostra AVR22A do Monzogranito Mata Surrão da porção norte da região de Redenção forneceu uma idade isocrônica em minerais de 2.541 ± 83 Ma, similar à de 2.541 ± 74 Ma obtida pelo mesmo método em rocha total do Monzogranito na região de Rio Maria (Duarte *et al.* 1991). Na região da Serra dos Gradaús, Lafon *et al.* (1990) também obtiveram uma idade isocrônica Rb-Sr em minerais de 2,58 Ga, similar à idade Rb-Sr em rocha total do mesmo.

Isto mostra que os efeitos térmicos do magmatismo proterozóico não afetaram uniformemente toda a região de Redenção, ou, mais provavelmente, que o sistema Rb-Sr teve um

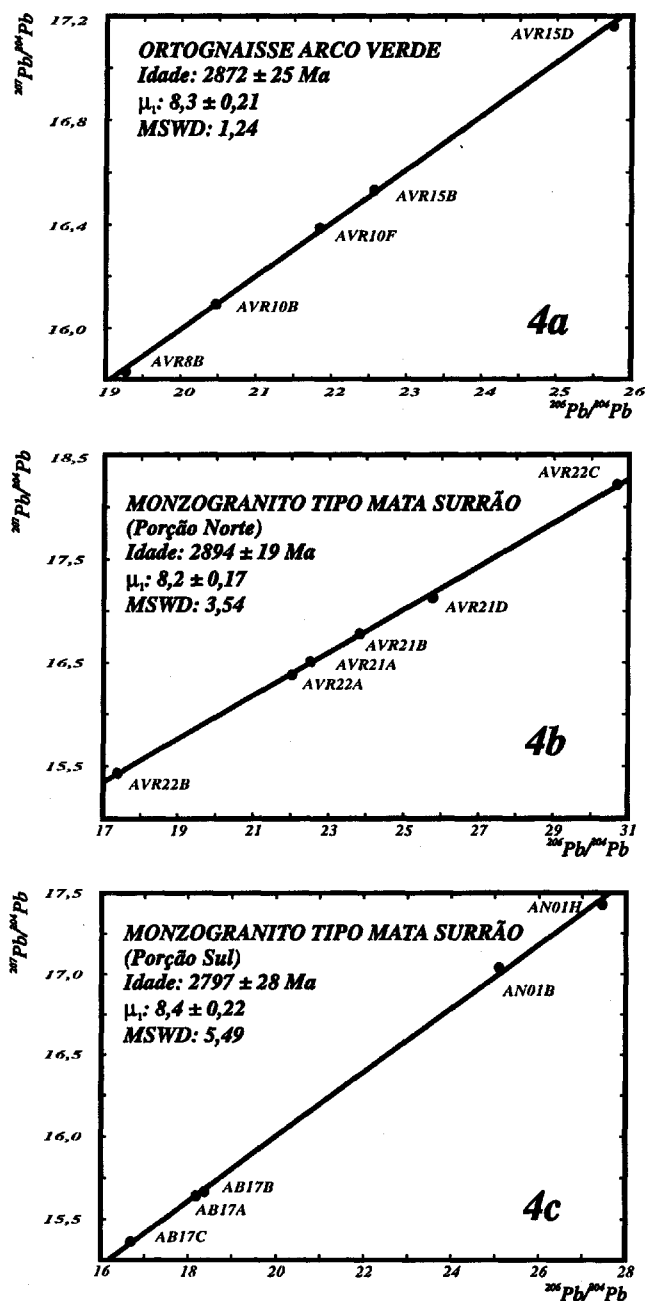


Figura 4 - Diagrama isocrônico Pb-Pb em rocha total dos granitóides arqueanos da região de Redenção, (a) Ortognaisse Arco Verde, (b) Monzogranito tipo Mata Surrão da porção Norte da região de Redenção, (c) Monzogranito tipo Mata Surrão da porção Sul da região de Redenção.
Figure 4 - Pb-Pb isochron diagram on whole rock from the Archean granitoids of the Redenção region, (a) samples from the Arco Verde orthogneiss, (b) samples from the Mata Surrão Monzogranite of the northern portion of the Redenção region, (c) samples from the Mata Surrão Monzogranite of the southern portion of the Redenção region

comportamento diferenciado durante o reaquecimento proterozóico. No caso da biotita da amostra AVR22A, a razão $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ de 1,18 é bastante inferior à das outras ($^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 81,61), com teor mais baixo de Rb (<200ppm) e, sobretudo, de Sr demasiado elevado ($\approx 500\text{ppm}$) para esse mineral. Observa-se que a biotita dessa amostra apresenta uma alteração mais intensa para clorita. É comum também a presença de epidoto na biotita, o que poderia explicar os teores de Rb e Sr observados. O epidoto da biotita poderia ter facultado o comportamento em sistema fechado, acomodando o Sr radiogênico eventualmente liberado pela biotita. De qualquer modo, a idade dessa amostra sugere que o sistema Rb-Sr resistiu melhor aos efeitos do reaquecimento proterozóico.

CONCLUSÕES Os resultados obtidos neste trabalho, junto com os dados geocronológicos já existentes, permitem inserir algumas referências cronológicas para a evolução arqueana e proterozóica da região de Redenção e levantam algumas questões a serem ainda esclarecidas.

A idade Pb-Pb em rocha total de 2.872 ± 25 Ma do Ortognaisse Arco Verde é interpretada como a de cristalização, não sendo totalmente descartada a possibilidade de se tratar de uma idade rejuvenescida, correspondente à época de retrabalhamento. De qualquer forma, esse resultado demonstra a necessidade de definir uma nova denominação para as rochas tonalíticas da região de Redenção e restringir o termo Tonalito Arco Verde apenas à região de Rio Maria.

As idades Pb-Pb de 2.894 ± 28 Ma dos Monzogranitos tipo Mata Surrão (porção norte da região de Redenção) e 2.797 ± 28 Ma (sul da Serra do Inajá) são também interpretadas como as de cristalização dessas unidades, evidenciando a existência de pelo menos dois eventos magmáticos distintos no Ar-

queano na região de Redenção. O primeiro evento, situado no intervalo entre 2,89-2,87 Ga, é similar ao obtido pelo método U-Pb em zircão e Pb-Pb em rocha total em granitóides dos terrenos *granito-greenstones* de Rio Maria. O segundo, situado a 2,80 Ga, é caracterizado na área ao sul da Serra do Inajá.

Os resultados obtidos pelo método Pb-Pb em rocha total não evidenciam, até o presente, na região de Redenção idades de 2,97 Ga, obtidas para a formação do Tonalito Arco Verde na região de Rio Maria, não sendo também encontrados indícios de rochas mais velhas que 3,0 Ga. Entretanto, esses dados mostram que o evento magmático de 2,87 Ga foi fundamental na história geológica da região sul do Pará.

Os valores de u das rochas arqueanas estudadas sugerem uma evolução a partir de uma fonte provavelmente comum para o ortognaisse tonalítico e os monzogranitos tipo Mata Surrão. Estes valores, apesar de um pouco superiores aos tipicamente mantélicos (Dupré & Arndt 1990), não favorecem uma derivação a partir de uma crosta continental diferenciada mais antiga.

As idades Rb-Sr refletem a reabertura do sistema Rb-Sr provocada pelos eventos tectono-metamórficos do final do Arqueano e pelo evento térmico do Paleoproterozóico responsável pela intrusão dos granitóides anorogênicos.

Agradecimentos À FINEP e CNPq pelo apoio financeiro, aos geólogos Agildo Pina Neves e Armínio Gonçalves Vale (CPRM/SUREG-Belém) pelo apoio nos trabalhos de campo, ao Dr. Thomas Scheller pelo auxílio no tratamento analítico das amostras, ao Dr. Moacir Macambira e aos dois relatores anônimos pela revisão crítica do manuscrito e à equipe técnica do LGI pela colaboração durante as análises.

APENDICE

Coordenadas geográficas das amostras datadas. Monzogranito tipo Mata Surrão (norte): amostras AVR21A, AVR21B e AVR21D: $50^{\circ}00'24''\text{E}/08^{\circ}09'36''\text{N}$; amostras AVR22A, AVR22B e AVR22C: $50^{\circ}33'25''\text{E}/08^{\circ}11'21''\text{N}$. Monzogranito tipo Mata Surrão (sul): amostras AN01B e AN01H:

$50^{\circ}31'42''\text{E}/09^{\circ}00'00''\text{N}$; AB17A, AB17B e AB17C: $50^{\circ}31'30''\text{E}/09^{\circ}04'54''\text{N}$. Ortognaisse Arco Verde: amostras AVR08A e AVR08B: $50^{\circ}24'29''\text{E}/08^{\circ}08'45''\text{N}$; amostras AVR10B e AVR10F: $50^{\circ}23'35''\text{E}/08^{\circ}07'26''\text{N}$; amostras AVR15B e AVR15D: $50^{\circ}26'03''\text{E}/08^{\circ}10'52''\text{N}$.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M. 1967. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, DNP/DM. 36p. (Boletim 241)
- ALTHOFF, F.J.; DALL'AGNOL, R.; SOUZA, Z.C. 1991. Região de Marajoara - SE do Pará: prolongamento dos terrenos Arqueanos de Rio Maria ou retrabalhamento? In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, Belém, 1991. Anais... Belém, SBG. p.130-141.
- ALTHOFF, J.F.; BARBEY, P.; BOULLIER, R.; DALL'AGNOL, R. 1995. Composição e estrutura dos granitóides arqueanos da região de Marajoara. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. 7:5-26.
- ARAÚJO, O.J.B. & COSTA, J.B.S. 1994. Correlações entre as principais unidades rochosas da região sudeste do Pará na área do Programa Grande Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Balneário Camboriú, 1994. Anais... Balneário Camboriú, SBG. v. 2, p.65-66.
- ARAÚJO, O.J.B.; MACAMBIRA, E.M.B.; VALE, A.G.; COSTA, E.J.S.; SANTOS, A.; PENA FILHO, J.I.C.; NEVES, A.P.; JOÃO, X.S.J.; COSTA, J.B.S. 1994. Primeiras integrações das investigações geológicas do Programa Grande Carajás na Região SSE do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., Belém, 1994. Resumos. Belém, SBG. p.299-301.
- ARAÚJO, O.J.B.; MAIA, R.; JORGE JOÃO, X.S.; COSTA, J.B.S. 1988. A Megaestruturação arqueana da Folha Serra do Carajás. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE GEOLOGIA, 7, Belém, 1988. Anais... Belém, SBG. v.1. p. 324-333.
- AVELAR, V.G.; LAFON, J.M.; MACAMBIRA, E.M.B. 1995. Geocronologia Pb-Pb em zircão do magmatismo da região de Tucumã, Amazônia Oriental, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 5, Niterói, 1995. Anais... Niterói, SBGq. CD-Rom.
- BARBOSA, A.A.; LAFON, J.M.; NEVES, A.P.; VALE, A.G. 1995. Geocronologia Rb-Sr e Pb-Pb do Granito Redenção, SE do Pará: implicações para o magmatismo proterozóico da região de Redenção. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, 7: 147-164.
- BEZERRA, P.E.L.; CUNHA, B.C.C.; MONTALVÃO, R.M.G. de; IANHEZ, A.C.; POTIGUAR, L.A.T.; PITTHAN, A.H.L. 1982. Geocronologia da extremidade sudeste da Plataforma Amazônica e da Faixa de Dobramentos Araguaia - Tocantins. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém, 1982. Anais... Belém. SBG, v.1. p.9-24.
- BICKLE, M.J.; CHAPMAN, H.J.; BETTENAY, L.F.; GROVES, D.I. 1983. Lead ages, reset rubidium-strontium ages and implications for the Archean crustal evolution of Diemals area, Central Yilgarn Block, Western Australia. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 47: 907-914.
- COSTA, J.B.S.; TEIXEIRA, N.P.; PINHEIRO, R.V.L.; BEMERGUY, R.L. 1990. Os Sistemas estruturais transcorrentes do Cinturão Itacaiúmas na região de Curianópolis, leste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. Anais... Natal, SBG. v.5, p. 2345-2357.
- COSTA, J.B.S.; PINHEIRO, R.V.L.; JOÃO, J.X.S. 1991. Esboço estrutural do Proterozóico Médio da Amazônia oriental. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, 3: 9-24.

- COSTA, J.B.S.; ARAÚJO, O.J.B.; SANTOS, A.; JOÃO, X.S.J.; MACAMBIRA, M.J.B.; LAFON, J.M. 1995. A Província Mineral de Carajás: Aspectos tectono-estruturais, estratigráficos e geocronológicos. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. 7:199-235.
- CUNHA, B.B.C.; POTIGUAR, L.A.T.; IANHEZ, A.C.; BEZERRA, P.E.L.; PITHAM, J.H.L.; SOUZA Jr., J.J.; MONTALVÃO, R.M.G.; SOUZA, A.M.; HILDRED, P.R.; TASSINARI, C.C.G. 1981. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da Terra. In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.22 Tocantins. Rio de Janeiro. Cap.1, p.21-196. (Levantamento de Recursos Naturais, 22).
- DOCEGEO (Rio Doce Geologia e Mineração). 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 35., Belém, 1988. Anexo aos Anais. Belém, SBG. p. 11-54.
- DUARTE, K.D.; PEREIRA, E.D.; DALL'AGNOL, R.; LAFON, J.M. 1991. Geologia e geocronologia do Granito Mata Surrão - sudoeste de Rio Maria (Pa). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA 31, Belém, 1991. *Anais...* Belém, SBG. p.7-20.
- DUPRE, B. & ARNDT, N.T. 1990. Pb isotopic compositions of Archean komatiites and sulfides. *Chemical Geology* 85: 35-56.
- GOMES, C.B.; CORDANI, U.G.; BASEL, M.A.S. 1975. radiometric ages from the Serra dos Carajás area, Northern Brazil. Geological Soc. of Amer. Bull., 86:939-942.
- HIRATA, W.K.; RIGON, J.C.; KADEKARU, K.; CORDEIRO, A.A.C.; MEIRELLES, E.M. 1982. Geologia regional da Província Mineral de Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, I, Belém, 1982. *Anais...* Belém, SBG. v.1, p. 100-108.
- HOLMES, A. 1946. An estimate of the age of the earth. *Nature*, 157:680-684.
- HOUTERMANS, F.G. 1946. Die isotopenhäufigkeiten im natürlichen Blei und das Alter des Urans. *Naturwissenschaften*, 33: 185-186
- HUHN, S.R.B.; SANTOS, A.B.S.; AMARAL, A.F.; LENDSHAN, E.J.; GOUVÊA, 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Natal, 1993. *Anais...* Recife, SBG. v.3, p.1438-1452.
- IANHEZ, A.C.; CUNHA, B.C.C.; BEZERRA, P.E.L.; POTIGUAR, L.A.T.; PITTHAN, J.H.L.; MONTALVÃO, R.M.G. 1982. Vulcano-plutonismo da extremidade sudeste da Plataforma Amazônica. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, I, Belém, 1982. *Anais...* Belém, SBG. v.1, p.128-146.
- IANHEZ, A.C.; SOUZA, A.M.S. de; MONTALVÃO, R.M.G. de. 1980. Geologia da seqüência vulcano-sedimentar da Serra do Inajá - Santana do Araguaia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1990. *Anais...* Camboriú, SBG. v.5, p.2918-2928.
- JAGER, E. 1979. Introduction to geochronology. In: JAGER, E & HUNZIKER, J.C. *Lectures In isotope Geology*. Berlin Heidelberg. New York. Springer-Verlag 312p.
- KALSBECK, F.; TAYLOR, P.N.; HENRIKSEN, N. 1984. Age of rocks, structures, and metamorphism in the Nagssugtoqidian mobile belt, West Greenland - field and Pb-isotope evidence. *Canadian Journal of Earth Science*, 21:1126-1131.
- LAFON, J.M. & SCHELLER, T. 1994. Geocronologia Pb/Pb em zircões do Granodiorito Cumaru, Serra dos Gradaús, Pa. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA, 4, 1994. *Anais...* Belém, SBG. p.321-324.
- LAFON, J.M.; MACAMBIRA, J.B.; PEREIRA, E.D.; SCHELLER, T. 1990. Geocronologia Rb-Sr em rochas totais e minerais do Granodiorito Cumaru, Serra dos Gradaús, Pa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. *Anais...* Natal, SBG. v.6. p. 2929-2940.
- LAFON, J.M.; RODRIGUES, E.; DUARTE, K.D. 1994. Lê Granite Mata Surrão: Un magmatisme monzogranitique contemporain des associations tonalitiques trondhjémiques granodioritiques archéennes de la Region de Rio Maria (Amazonie Orientale). *C. R. Acad. Sci. Paris*. 318: 643-649.
- LAFON, J.M.; RODRIGUES, E.; MACAMBIRA, E.M.B.; PEREIRA, E.D. 1995. Magmatisme anorogénique du Protérozoïque inférieur dans la region de São Félix do Xingu - Tucumã (Amazonie Orientale, Brésil). Nouvelles données géochronologiques. *C. R. Acad. Sci. Paris*. 320: 937-944.
- LUDWIG, K.R. 1980. Calculation of uncertainties of Pb-U isotope data. *Earth Planet. Sci. Letters*. 46: 212-220.
- MACAMBIRA, M.J.B. 1992. *Chronologic U-Pb, Rb-Sr, K-Ar et croissance de la croûte continentale dans l'Amazonie du Sud-Est; exemple de la region de Rio Maria, Province de Carajás, Brésil*. Montpellier. 212p. (Dissertação de Doutorado, Univ. Montpellier II).
- MACAMBIRA, M.J.B. & LAFON, J.M. 1995. Geocronologia da Província Mineral de Carajás; síntese dos dados e novos desafios. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. 7:263-288.
- MACAMBIRA, M.J.B. & LANCELOT, J. 1991. Em busca do embasamento arqueano da região de Rio Maria, sudeste do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, Belém, 1991. *Resumos...* Belém, SBG. p.49-58.
- MACAMBIRA, M.J.B. & LANCELOT, J. Time constraints for the formation of the Archean Rio Maria crust, southeastern Amazonian Craton, Brazil. *International Geology Review*, no prelo.
- MACAMBIRA, M.J.B.; LAFON, J.M.; DALL'AGNOL, R.; JOÃO, X.S.J.; COSTI, H.T. 1990. Geocronologia da granitogênese da Província Amazônia Central brasileira: uma revisão. *Rev. Brasil. Geoci.*, 20: 258-266.
- 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 Estado do Pará). In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 35, 1988. Belém. *Anais...* Belém, SBG. v.3, p. 1468-1477.
- MACHADO, N.; LINDENMAYER, Z.; KROGH, T.E.; LINDENMAYER, D. 1991. U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Basement reactivation in the Carajás area, Amazon Shield Brazil. *Precamb. Res.*, 49:329-355.
- MANHÊS, G. 1982. *Développement de l'ensemble chronometrique U-Th-Pb. Contribution à la chronologie initiale do système solaire*. Paris, 249p. (These de doctorat d'état, Université de Paris VII).
- PIMENTEL, M.M. & MACHADO, N. 1994. Geocronologia U-Pb do terreno granito greenstone de Rio Maria - Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Balneário de Camboriú, 1994. *Resumos*. Balneário de Camboriú, SBG. v.2, p. 390 -391.
- RENNE, P.R.; ONSTOTT, T.C.; JOÃO, X.S.J. 1988. 40Ar/39Ar and paleomagnetic results from the Guaropé shield; further implications for the nature of Middle Late Proterozoic mobile belts of Gondwanaland. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 7, Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. p. 348-362.
- RODRIGUES, E.M.S. 1992. *Implantação da metodologia Pb-Pb em rocha total: exemplos de aplicação na Província Mineral de Carajás (Pa)*. Belém, 128p. (Dissertação de Mestrado, Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará)
- SILVA, G.G.; LIMA, M.I.C.; ANDRADE, A.R.F.; ISSLER, R.S.; GUIMARÃES, G. 1974. In: BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC.22 Tocantins; Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da Terra. Rio de Janeiro. Cap.1, p.1-143. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).
- STRECKEISEN, A. 1976. To each plutonic rock its Proper name. *Earth Science Reviews*, 12: 1-33.
- TASSINARI, C.C.G.; SIGA Jr., O.; TEIXEIRA, W. 1984. Épocas metalogenéticas relacionadas à granitogênese do Cráton Amazônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v.6, p.2963-2972.
- TASSINARI, C.C.G.; HIRATA, W.K.; KAWASHITA, K. 1982. Geologic evolution of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.* 12: 263-267.
- TAYLOR, P.N.; MOORBATH, S.; GOODWIN, R.; PETRYKOWSKI, A.C. 1980. Crustal contamination as an indicator of the extent of early Archean continental crust: Pb isotopic evidence from the late Archean gneisses of West Greenland. *Geoch. Cosmoch. Acta* 44:1437-1453.
- WILLIAMSON, J.H. 1968. Least squares fitting of a straight line. *Canadian Journal of Physics*, 56:1945-1947.
- YORK, D. 1967. Least-squares fitting of a straight line. *Canadian Journal of Physics*, 44:1079-1086
- YORK, D. 1969. Least-squares fitting of a straight line with correlated errors. *Earth Planet. Sci. Letters*, 5:320-324.

Manuscrito A906

Recebido em 20 de janeiro de 1997

Revisão dos autores em 10 de julho de 1997

Revisão aceita em 15 de julho de 1997