

IG. Série B: Estudos e Pesquisas,

V. 11, 2001. ✓

Coletânea de trabalhos apresentados no
18º Simpósio de Geologia do Nordeste,
Recife, 2001.

MARCOS CRONOGEOLÓGICOS DA EVOLUÇÃO
DO EMBASAMENTO PRÉ-ORDOVICIANO
DA PLATAFORMA SUL-AMERICANA - AVALIAÇÃO
PARA O FINAL DO ANO 2000. ✓

BENJAMIM BLEY DE BRITO NEVES¹
KEI SATO²

¹Instituto de Geociências - USP

²Centro de Pesquisas Geocronológicas - USP

RESUMO: Este trabalho é uma tentativa de reunir e sintetizar os dados de geocronologia desenvolvidos na última década no embasamento da Plataforma Sul Americana, e dentro destes últimos, dar ênfase aos dados U-Pb e Pb-Pb em zircões. Pretende-se discriminar os principais marcos cronogeológicos da evolução pré-Ordoviciano desta porção sul-americana da litosfera continental, sinalizando parâmetros de referência do conhecimento ao final deste século.

Serão aqui discriminados e propostos aqueles considerados como os principais eventos geológicos marcadores do tempo, de orogênese s. l. (interação de placas) e processos afins significativos, do Arqueano (~ um a ~ dois estágios maiores), do Paleoproterozóico (~ quatro estágios), do Mesoproterozóico (~ seis estágios) e do Neoproterozóico ao Cambriano (~ sete estágios), especificando as respectivas colagens e massas continentais por eles consubstanciados. Igualmente serão discriminados os principais processos de tectogênese de expressão continental, concorrentes ou subseqüentes no tempo aos processos orogênicos. Muitos valores pré-2,5 Ga (em "terrenos de alto grau", sobretudo) permanecem na rubrica de eventos discretos contínuos e/ou descontínuos, não podendo ainda ser imputados a orogenias, para um bem definido intervalo de tempo.

Os autores estão cientes que sínteses como estas têm validade temporal, devendo consultar os diversos esquemas geotectônicos preexistentes e, além disso, deixar margem ampla para a necessária revisão em futuro. Mas, embora certa dose de ousadia seja necessária, a síntese elaborada se pauta em dados concretos e se propõe a merecer credibilidade e servir de referencial para as próximas e necessárias revisões.

Palavras chave: geocronologia, América d Sul, Arqueano, Proterozoic

ABSTRACT: This paper is an attempt to synthesize the obtained geochronological data during the last decade, in the South American Platform, with emphasis on U-Pb and Pb-Pb (zircons) determinations. In this way is our aim to discriminate the main chronological milestones of the pre-Ordovician evolution of the basement of the South American Platform, in order to point out the reference parameters needed to describe the state of the art of the knowledge at this special moment (ending of a century).

Here will be discriminated and proposed those considered as the main geological events, marks of the geological time for orogeneses s. l. (interaction of plates) and similar processes of the Archean (one or two main stages), of the Paleoproterozoic (~ four main stages), of the Mesoproterozoic (~ six stages) and from the Neoproterozoic up to the Cambrian (~ seven stages), as well as the main tectonic collages and continental landmasses formed by such processes. The main processes of taphrogeneses of continental magnitude will also be discriminated, either coeval or subsequent to the orogenetic events. Many age values older than 2.5 Ga (mostly in high grade terranes) will remain referred as discrete events, continuous or discontinuous, because there are not data enough to relate them to orogenetic processes for some particular time interval.

The authors do recognize the temporal validity of this type of synthesis, where all preexisting tectonic schemes (+ geochronological data) have to be taken into consideration as well as it necessary to leave open space for a near (and always necessary) future revision. Even though this synthesis is based upon real and trustworthy data, a bit of daring was required and it was used. The hope is to deserve credibility and to perform a fair referential for this moment and for the further and necessary reviews to be done.

Keywords: geochronology, South America, Archean, Proterozoic

INTRODUÇÃO - A última década assistiu a notável incremento quantitativo e qualitativo no acervo de dados geocronológicos do embasamento da plataforma sul-americana. Muitas foram as formas e fontes (novas, inclusive) de contribuição, entre universidades e centros de pesquisas do Brasil e do exterior. Foi particularmente notável neste período o número de determinações isotópicas oriundas de metodologias sobre o zircão (U/Pb, Pb/Pb convencionais, monozircão, SHRIMP), que serão o foco principal da síntese aqui tentativamente esboçada, com adendo no tocante às determinações Sm/Nd.

Houve uma autêntica revolução no conhecimento (dantes balizado em metodologias de menor poder de resolução), cuja poeira de informações (dentre esperadas e inesperadas) ainda não assentou decisivamente. Na verdade, trata-se de um estágio de fluxo, com incessante caudal de novos dados, mas que merece uma apreciação no seu conjunto e uma primeira síntese. Todas as sínteses anteriores, válidas nos seus

respectivos tempos, foram abaladas com este suporte contínuo de dados, e embora não se possa considerá-las totalmente superadas, um espécie de "reappraisal" - nestas vésperas do novo milênio - é válido para se ter um referencial para reflexão e para subsidiar futuras revisões.

Desaguar importante de dados se verificou nos últimos 2º Simpósio Sul Americano de Geologia Isotópica - Córdoba, 1999- e no 31º Congresso Geológico Internacional - Rio de Janeiro, 2000 (na forma de resumos). E como parte deste último, na forma de trabalhos completos, destacam-se a edição especial da revista *Episodes* (volume 22, n. 3, 1999) e o livro editado por Cordani et al (2000). Além disso, muitas teses de doutoramento e livre-docência, a maioria ainda inéditas, contribuíram decisivamente neste novo quadro de dados.

A reunião e síntese dos principais dados cronogeológicos aqui encetada deve preliminarmente reconhecer três pontos cruciais desta temática:

- O caráter efêmero de validade dos marcos geocronológicos estabelecidos e preconizados e a necessidade imperiosa de revisão neste exercício em prazo curto.
- A inviabilidade de manusear e tratar todos os dados isotópicos existentes, mesmo porque a maioria deles permanece na forma de resumos de encontros científicos e outras de ineditismo (e.g. teses diversas, arquivos de laboratórios e de empresas etc.)
- Exercícios desta ordem jamais recebem o endosso total da comunidade (a unanimidade é impossível), o criticismo é consequência natural e esperada e condimento a ser acatado para o aprimoramento em futuro.

Os marcos cronogeológicos foram assumidos sob a égide da equação fundamental da geotectônica (Fig. 1), processos e meios de interação de placas litosféricas e desencadeadores dos dados/números geocronológicos. Os eventos coerentes a nível regional e provincial, relativos a interação de placas, foram interpretados como resultados de uma orogênese (eventualmente de uma tafrogênese). Os eventos relativos a vários eventos de interação de placas, reconhecidos acima da escala de região ou província, foram considerados como produtos de colagem orogênica (Sengör 1990).

Há uma série de eventos bem marcados que extrapolam a escala do nosso continente (boa representatividade em continentes vizinhos) servindo para subsidiar as hipóteses de fusões supercontinentais, no Paloproterozóico (e.g. Atlântica) e no Neoproterozóico-Cambriano (Gondwana-Pannotia), consoante vários autores e síntese recente de Brito Neves (1999).

Mas há eventos discretos no tempo e na distribuição geológico-geográfica atual, (principalmente, mas não exclusivamente, no Arqueano). Estes eventos são interpretados, mercê do quadro lito-estrutural apresentado como parcelas incompletas de ciclo orogênico (tafrogênese, processos abortados interplacas, células locais de subducção, etc.) ou ainda como derivados de causas anorogênicas (*underplating*, *hot spots*, plumas, vulcanismo trapeciano, etc.) e outras ligadas a orogenias próximas ("eventos de ativação da litosfera", intraplaca). O efeito de "blurring" por atividades orogênicas e anorogênicas mais jovens (e/ mais marcantes) pode ser o responsável por alguns destes dados ditos discretos, pouco ou não frequentes. E somente a pesquisa continuada e o avanço no conhecimento geológico e isotópico poderão vir a esclarecer alguns desses casos, principalmente do Arqueano, do qual se reconhece a notável eficiência na formação de crosta continental assim como o retrabalhamento sofrido em praticamente todos os ciclos orogênicos dos tempos subsequentes.

De um modo geral, os eventos de 3,5 a 2,8 Ga são discretos e relativamente crescentes em número (e qualidade analítica) com o tempo geológico, considerando-se tanto o efeito de "blurring" acima comentado, como o atual nível do conhecimento. Antes de 2,8 Ga, embora sejam muitos os dados já conhecidos, não há massa crítica suficiente para se precisar orogêneses e colagens orogênicas. Mas, diante dos dados e da coerência dos registros lito-estruturais (ortognaisses

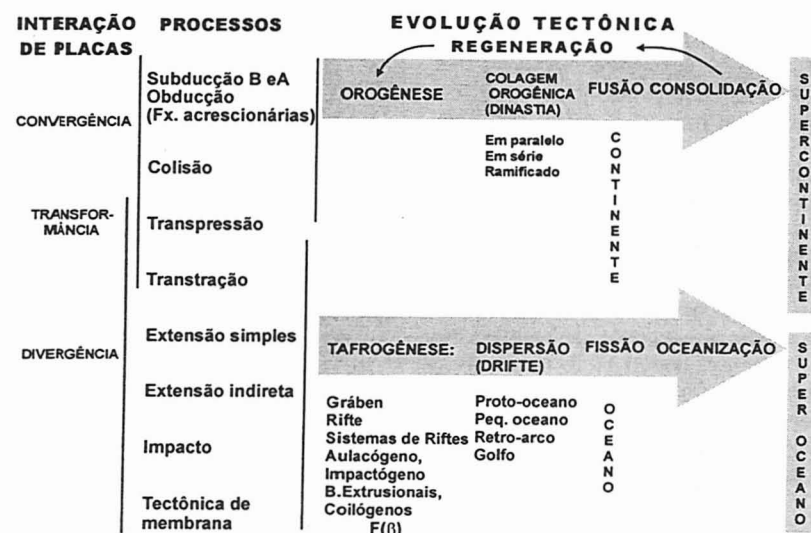


Figura 1 - A equação fundamental da Geotectônica, da qual os processos gerados pela interação de placas são os desencadeadores principais da maioria de determinações geocronológicas.

Figure 1 - The fundamental equation of geotectonics, from which the processes developed by the interaction between plates are responsible for the majority of the geochronologic determinations.

TTG, sobretudo e alguns "greenstone belts"), é possível creditar a vigência de múltiplas células de subducção (vide Windley, 1998), e assumir a interação de (micro) placas como responsável pela geração das rochas marcadoras do tempo, em circunstâncias especiais.

Nas eras proterozóicas, o reconhecimento de vários ciclos orogênicos (diversidade do fenômeno de interação de placas) está em sintonia com a moderna Tectônica Global e em analogia com os ciclos em processo atualmente: quadros fisiográficos complexos, crescimentos diferentes de assoalhos oceânicos (lentos a ultrarápidos, vários tipos crustais distintos), continentes com bordas muito irregulares (saliências e reentrâncias muito comuns) e a predominância da obliquidade nas aproximações de placas

continentais etc. De forma que o fechamento completo de um domínio oceânico (levando à fusão de massas continentais) só se faz mediante diversas formas e eventos de interação (orogênias). Ao longo do processo de fechamento são muitas as variáveis em jogo, que podem subsidiariamente modificar as trajetórias e as velocidades da convergência (como por exemplo, presença de "terrenos", subducção de tratos oceânicos de idades muito diferentes, subducção de cristas etc), fazendo com que o quadro final de colagem tenha diversidade e seja diacrônico por excelência, de desfecho de difícil previsão. Além disso, sabe-se da observação atual (com muitos exemplos) que o fechamento de um domínio oceânico pode desencadear a abertura de outros alhures.

A investigação geocronológica deve estar ciente deste pluralismo de orogêneses e eventos conexos e marcadores de tempo, como mostra o quadro geotectônico atual. Além disso, a noção de escala do conhecimento é essencial; jamais um dado novo pode ser o suficiente para "acrescentar"/propor uma orogénia, nem a recíproca é verdadeira. O levantamento geológico deve ser a arma fundamental e decisiva, e a investigação geocronológica jamais será completa, mas sempre ideal a ser perseguido.

ARQUEANO - O registro de eventos do Arqueano em nosso continente retrata uma história de cerca de 1,0 Ga, com valores crescentes (em número e importância) de 3,5 Ga (metade inferior do Paleoarqueano Inferior) para o Neoarqueano (2,8 a 2,5 Ga). Não foram resgatados ainda valores do Eoarqueano (>3,6 Ga), mas eventos desta era são esperáveis, havendo sinalizações (através de algumas idades Tdm), em contextos próximos aos tratos mais antigos (de 3,2 a 3,5 Ga) e, eventualmente até longe destes Paleoarqueano.

Os terrenos arqueanos mais antigos estão concentrados principalmente em alguns núcleos cratônicos (São Francisco, Amazônico, Luis Alves) da história da plataforma, como esperável, mas não foram registrados em alguns outros destes núcleos ainda (Rio de la Plata, Pampia). Muitos dos registros arqueanos têm sido encontrados em "basement inliers" ("maciços", microcontinentes e micropalacas) inter e intra-desenvolvimento de faixas móveis proterozóicas, consignando a importância do retrabalhamento de frações litosféricas arqueanas.

Em área (expressão territorial) e em número, o contingente de dados do Arqueano é expressivo. Trata-se de

contingente fadado a crescer em importância na proporção direta e na continuidade dos investimentos em geologia isotópica, e isto não é otimização infundada, mas produto de indícios de vários campos das geociências.

Os registros de rochas mais antigas ocorrem em esparsos e locais núcleos do embasamento das Província Borborema (Bom Jesus-RN, ca. 3,45 Ga, Maciço São José do Campestre) e do São Francisco (embasamento de Contendas-Mirante, em Boa Vista e Sete Voltas, ca. 3,4 Ga.), correspondendo a ortognaisses tonalíticos e ortognaisses graníticos foliados, relativos à parte inferior do Paleoarqueano, consoante Dantas (1997) e Nutman e Cordani (1993), respectivamente. Estas ocorrências - discretas e exclusivas - estão cercadas num contexto mais amplo de rochas de alto grau, tipo TTG, com valores de idade desde 3,3 até 3,0 Ga, principalmente (também estão presentes determinações neoarqueanas e paleoproterozóicas), tanto no "maciço" da Borborema (Dantas 1997) como no chamado "Bloco Gavião", no sudeste do Cráton do São Francisco (Bastos Leal 1998, entre outros).

Eventos de ca. 3,3 Ga são discretos e pouco frequentes, sendo conhecidas cerca de três ocorrências, no Maciço S. José do Campestre, no "Bloco Gavião" - metatonalitos Bernarda- e no embasamento de Maroni-Itacaiunas, na Amazônia, todos eles em terrenos de alto grau do tipo TTG.

A interpretação destes valores de idades do Paleoarqueano (3,6 a 3,2 Ga) e Mesoarqueano Superior (3,0 a 2,8 Ga) tem várias possibilidades, desde que considerando os parâmetros natureza dos dados e contexto geológico regional, e perante as condições termotectônicas vigentes no Arqueano

(Windley 1998). Estes núcleos datados estão sempre envolvidos na trama do Paleoproterozóico (em dois estágios orogênicos, ca. 2,15 e ca. 2,0 Ga), a nível de continente. Alguns desses núcleos foram inclusive retomados *a posteriori* na trama do Neoproterozóico. Na presente escala do conhecimento, não há uma explicação irretocável, desde a de eventos discretos de múltiplas subduções até mesmo de processos diversos de "resetting" isotópico. Estas são observações imprescindíveis ao lidar com o Arqueano deste continente, pelo fato que não haver núcleos cratônicos arqueanos independentes ou autônomos: todos eles foram sujeitos às tramas proterozóicas, em diferentes tempos, processos e arranjos.

MESOARQUEANO - Os valores de idade da passagem do Paleoarqueano para o Meso-arqueano, entre 3,25 e 3,15, para rochas de alto grau ("TAG") são freqüentes no embasamento do Cráton do São Francisco, em diferentes unidades lito-estruturais. Isto ocorre no próprio "Bloco Gavião" (várias unidades informais, consoante Bastos Leal 1998, entre outros), como em outras localidades deste mesmo cráton, ao norte de Petrolina, e mais ao sul do cráton, no interior do domínio de rochas arqueanas da porção oeste do Quadrilátero Ferrífero ("Campo Belo", Teixeira et al 2000). Há ainda evidências de TAG neste intervalo de idades (no caso, complexo máfico-ultramáfico) no embasamento do "Bloco Guanambi". E por dados indiretos há expectativa também de ocorrências no Complexo Anta, no Maciço Central de Goiás (Queiroz 2000).

Para as parte média e superior do Mesoarqueano, a ocorrência de valores de idades em TAG é notável.

Persiste, agora de forma mais discreta, tanto no Cráton do São Francisco ("Bloco do Gavião", "Bloco de Mari", "domos" de Ambrósio/ Serrinha e Uauá-Ba, domínio de Campo Belo-MG), como no Maciço S. José do Campestre (Complexo Elói de Souza e parte do Complexo João Câmara). Também merece destaque no embasamento do Cráton Amazônico (Bloco Xingu, principalmente) e do Maciço Central de Goiás, de forma indireta (Complexos Uvã, Anta e Caiamar).

Carece destacar então (entre 3,1 e 3,0 Ga) a presença das primeiras determinações em rochas de baixo grau - TBG -, em terrenos do tipo "greenstone belt", como são os casos de Pium-hi, Umburanas e Contendas-Mirante (secção inferior), seqüências vulcano-sedimentares e rochas máfico-ultramáficas (todas no Cráton do São Francisco).

No "bloco Xingu" (ou Carajás-Iricoumé de Tassinari et al 2000), na parte centro-oriental da Amazônia, e no Maciço Central de Goiás, o Mesoarqueano Superior (3,0 a 2,8 Ga) e a passagem ao Neoarqueano Inferior (2,8-2,7 Ga) são de farto registro e extremamente importantes. No "bloco Xingu" ocorrem corpos alongados de rochas granulíticas félsicas (Rio Catete) e máficas (Rio Pium) do Complexo Pium, subparalelos à foliação regional como fragmentos da crosta inferior imbricados na faixa móvel Maroni-Itacaiunas e que apresentam idades em torno de 3,0 Ga (respectivamente $3,05 \pm 0,114$ Ga e $3,002 \pm 0,012$), interpretados como idade do protólito que foi levado à facies granulito posteriormente, ca. 2,86 Ga. Outras ocorrências de rochas granulíticas desta idade são relatadas localmente, no embasamento do Maroni-Itacaiunas, no Amapá.

MESOARQUEANO / NEOARQUEANO - No "bloco Xingu", ao Sul

de Carajás, são notáveis os registros de rochas de baixo grau - TBG - ("Grupo Andorinhas" s. l.) cortados por uma diversidade de (meta) plutões TTG ("Rio Maria", s. l.), e subsidiariamente por uma série de complexos máfico-ultramáficos, todos na faixa de idades 2,95-2,76 Ga O tonalito Arcoverde (ca. 2,95 Ga) é considerado exceção no cortejo do volumoso magmatismo granítico arqueano (TAG), posto que parece ter sido coevo aos TBG, que apresentam valores de idade entre 2,97 e 2,87 Ga.

Na serra da Carajás está registrado o climax do desenvolvimento do Neoarqueano nessa região amazônica, com rochas vulcano sedimentares deformadas com idade na faixa de 2,76 Ga, com granitos sintectônicos estratoides (Plaqué, idade ca. 2,73 Ga) seguido de bacias sedimentares tardias (Rio Fresco/Águas Claras), cortadas por rochas máficas de 2,7 Ga. Merece destaque a evolução intra-serrana da bacia de Águas Claras, certamente a mais antiga bacia sedimentar preservada do continente, com notável exposição suas estruturas primárias.

Na parte sul do Maciço Central de Goiás, o quadro de terrenos granito-greenstone é similar, tanto em importância como em valores de idades, entre 2,85 e 2,7 Ga (Queiroz 2000).

No Cráton do São Francisco, também há ocorrências lito-estruturais diversificadas, TAG (Maciço de Umburanas, Complexo Granulítico Jequié, Complexo Máfico-Ultramáfico Ribeirão do Mota, etc. etc.) e TBG ("Greenstone "Rio das Velhas") do Neoarqueano O mesmo é válido para alguns maciços da Província Borborema (e. g. Tróia-Tauá) e outros valores de idade isolados de "basement inliers".

Esta concentração de dados neoarqueanos fez surgir várias vezes a proposição de um ciclo geotectônico,

com fecho entre 2,75 a 2,70, de repercussão continental, o chamado "Ciclo Jequié" e/ou "Rio das Velhas". Esta proposição faz sentido, tanto pela coerência dos fenômenos geológicos envolvidos, que permitem aludir aglutinações continentais ou microcontinentais nesta etapa do tempo, como pela natureza dos eventos geológicos que se sucederam, inclusive no Neoarqueano ainda (granitoides anorogênicos e de caráter intra-placa), a serem comentados.

No nosso continente, o final do Arqueano (2,6-2,5 Ga) é marcado por pulsos magmáticos plutônicos, nos crátons do São Francisco ("Bloco Gavião", Quadrilátero Ferrífero) e Amazônico (Área de Carajás), registros discretos e pouco frequentes, no interior de massas litosféricas dantes consolidadas, com indicações que suscitam eventos ou atividades subseqüentes a um ciclo orogênico importante.

Interessante observar nos dados/ contextos do Arqueano o comportamento distinto dos registros. No Cráton do São Francisco há o registro de uma história de quase 0,9 Ga (de 3,4 a 2,55 Ga), do Paleoarqueano ao Neoarqueano. No caso do Cráton Amazônico (e do maciço Central de Goiás), as determinações se concentram bem mais, por cerca de 0,3 Ga apenas, marcando a passagem do Mesoarqueano Superior para o Neoarqueano (de 3,0 a 2,7 Ga).

PALEOPROTEROZÓICO - A importância dos tempos paleoproterozóicos para o continente sul-americano é notável, ainda que não conhecida em sua plenitude. Todos os dados computados demonstram que esta etapa do tempo geológico foi especial em termos de crescimento (acresção lateral, coalescência) e espessamento (acresção vertical), em diferentes estágios, para com as frações microcontinentais arqueanas dantes formadas.

As estruturas e o retrabalhamento paleoproterozóico se sobrepuseram de maneira notória sobre os núcleos-sementes do Arqueano, acrescendo-os e espessando-os significativamente. Estes registros estão consignados (preservados) na constituição da maioria dos crátons e "maciços" sin-brasílianos e ainda no embasamento das faixas móveis meso e neoproterozóicas. E este é um levantamento longe de ser encerrado.

Baseado em informações de isótopos de Sr, Cordani et al (1988) estimaram que cerca de 80% da crosta continental atual teria estado formada já ao final do Paleoproterozóico Médio (cumulativamente até 1,9 Ga). Sato 1998, utilizando isótopos de Nd estimou um crescimento para todo o Paleoproterozóico (de 2,5 a 1,6 Ga) na ordem de 54%, como será visto. Em ambos os casos, há limitações de metodologia e outros aspectos discutíveis, mas expressam um valor que está acima do dobro das estimativas médias usuais (geralmente ca. 20%) feitas para outros continentes, o que é sintomático da importância acima epigrafada.

A parte média do Paleoproterozóico (2,2-1,9 Ga) é a mais importante em termos de dados geológicos e isotópicos, e geralmente tem sido mencionada sem discriminação dos diferentes estágios/eventos ali consignados. Muitas vezes, este conjunto diverso de dados é inadvertidamente colocado sob a égide descritiva de "Ciclo Transamazônico", o que é desaconselhável e requer sempre um reexame. Trata-se de uma designação muito "popular" ("Transamazônico"), mas que deixa de ser apropriada na medida que o conhecimento e a pluralidade dos eventos do Paleo-proterozóico vão sendo discriminados.

Os primeiros dados referentes à parte inferior do Paleoproterozóico (2,5-2,25 Ga) surgiram no final da última década (vide Basei et al 1998, Fetter 1999, entre outros). Os dados referentes à parte mais superior do Paleoproterozóico, em termos de eventos orogenéticos (acresção lateral) são também dessa década e estão até o presente restritos ao bloco amazônico. Eventos do Paleoproterozóico Superior expressivos por todo o continente são os eventos relativos à tafogenia e ao magmatismo (não orogênico).

Afora os processos orogenéticos (geralmente foco da maioria das citações), é necessário enfatizar o sem número de eventos sedimentares (rifes, margens continentais, pequenas bacias oceânicas) e vulcano-sedimentares muito diversificados (rifes e trapas, bacias do tipo "greenstone belt"), plutonismo anorogênico, magmatismo máfico-ultramáfico, enxames de diques etc. que reiteram para Paleoproterozóico a importância acima prescrita. Na Tabela 1, estes eventos e tempos estão tentativamente sintetizados, cabendo destacar o seguinte:

a. Os eventos de sedimentação, vulcanismo e plutonismo sobre os microcontinentes arqueanos parecem espalhados por toda parte inferior e média do Paleoproterozóico (remontando em alguns casos ao Neoarqueano mais superior). Uma grande variedade de sítios deposicionais é reconhecida, do interior cratônico, de margens continentais e mesmo de domínios oceânicos. Trata-se de um contexto amplo e ainda pobremente datado (foco de algumas poucas pesquisas isoladas), que deve ser mencionado, mas para o qual não há parâmetros cronológicos condignos e seguros ainda.

b. Eventos importantes outros foram identificados na parte inferior do Paleoproterozóico - 2,4-2,3 Ga -, mas

cujo significado e magnitude imprescindem investigação adicional. Em primeiro lugar tratam-se de eventos importantes de diferenciação manto litosférico-crosta (Sato 1998, Fetter 1999), consoante os valores de idades Tdm obtidas. Traço marcante adicional é o metamorfismo de alto grau (orogenia collisional?) identificado para rochas ígneas e supracrustais do Complexo Granulítico de Santa Catarina (Basei et al 1998) e do Maciço de Granja, no noroeste do Ceará (Santos 1999). Diversas outras ocorrências isoladas de eventos neste intervalo de idades estão sendo catalogadas, no domínio Ceará Central (idades Tdm de TAG do embasamento), no Maciço São José do Campestre (em João Câmara e Pedro Velho, Dantas 1997) e ainda no Cráton do São Francisco (intrusão de granitóides alcalinos e outras evidências indiretas).

c. As evidências de orogenias acrescionárias ("arcos de ilhas") e colisionais entre 2,2 e 2,15 Ga são marcantes na parte oriental do embasamento do Cráton Amazônico (Faixa Maroni-Itacaiunas, do "bloco Xingu" a Venezuela (segundo Tassinari e Macambira 1999, Tassinari et al 2000), no sul do Cráton do São Francisco, no chamado "Cinturão Mineiro" (no sudeste do Cráton do São Francisco), além de outras indicações indiretas (incompletas) na chamada Faixa Salvador-Juaizeiro.

Igualmente, na Província Borborema, no terreno Rio Grande do Norte, ao norte do lineamento de Patos, são rochas de alto grau (nessa faixa de idades) que predominam da porção central do Ceará à costa oriental do Rio Grande do Norte, incluindo domínios de "maciços" (Rio Piranhas, S. José do Campestre) e do embasamento de faixas de dobramentos proterozóicas (Rio Curu, Jaguaribeana, Seridó). Ainda,

nesta província, devem ser mencionados as ocorrências ao sul do Lineamento Patos, no embasamento dos terrenos "Alto Moxotó" (TAM) e Pernambuco-Alagoas (PEAL), e no embasamento das faixas de dobramentos Pajeú-Paraíba, Sergipana e Riacho do Pontal.

Ainda, no Maciço Central de Goiás são reportadas algumas ocorrências de rochas dessa faixa de idade (Pilar de Goiás, Porto Nacional), assim como também no embasamento dos Grupos Porongos e Lavalaje, do cinturão Dom Feliciano do Rio Grande do Sul ao Uruguai.

Em várias outras áreas, a discriminação destas orogenias do Riachiano (2,2-2,15 Ga) daquelas orogenias do período Orosiriano (ca. 2,0-1,96 Ga) subsequente, não puderam ainda ser consignadas. Como nos casos do Terreno Luis Alves e do Maciço de Curitiba, e na Faixa Salvador-Curaçá, onde os dados não são ainda conclusivos e inequívocos. Inclusive, alguns dados isotópicos de boa qualidade ocupam uma posição intermediária aos dos climaxes aqui prognosticados (eventos discretos locais?). Mas, no Cráton do São Francisco, em várias faixas móveis, há evidências de zircões detriticos (de 2,15 Ga) em supracrustais, ou seja frações de rochas de um ciclo (>2,15 Ga) depositadas em rochas do ciclo subsequente (<2,15 Ga), atestando a existência de dois períodos distintos de metamorfismo, e de um interregno de tempo considerável (>0,15 Ga) entre eles. Acrescenta-se uma possibilidade ainda, de que várias áreas consolidadas e acrescidas nas orogenias do Riachiano tenham sido diversamente retrabalhadas (magmatismo, retrometamorfismo) nas orogenias subseqüentes do Orosiriano, tendo em vista o confronto entre os valores de idade do método U/Pb (valores de

idades mais velhas) e Rb/Sr (idades mais jovens) nos mesmos materiais/rochas datados em vários pontos.

A evocação da designação "Ciclo Transamazônico" é muito comum para todo este contexto (orogenias do Riachiano e Orosiriano em conjunto), aplicação feita na escala de reconhecimento e sem os cuidados devidos. Mas, esta não é mais designação adequada e clara. A utilização do termo deveria ser feita – por razões históricas e de precedência – apenas para rochas formadas no contexto de tempo do Riachiano, e de preferência na porção oriental do Cráton Amazônico (Sistema Maroni-Itacaiunas).

d. O ciclo de orogêneses orosirianas – ca. 2,0 Ga – tem sua localidade típica e mais notável expressão no sistema de dobramentos Jacobina/Contendas-Mirante, na porção central do Cráton do São Francisco, na colisão e junção dos blocos crustais arqueanos de Jequié (a leste) e Gavião (a oeste), com notável repercussão (magmatismo, metamorfismo) por toda extensão dos dois blocos em interação, e mais ainda para oeste, no bloco de Guanambi-Urandi (Teixeira et al 2000). Particularmente, o cinturão de granitos colisionais gerados nesta interação se estende por centenas de quilômetros na direção norte-sul, na parte centro-oriental do Cráton do São Francisco.

Afora esta área de localidade típica, os valores desta idade são extensivamente reportados no cráton de São Luís (com Tdm na mesma faixa de idades), no Cráton Amazônico (intrusões anorogênicas inclusive), no Cráton Rio de La Plata (blocos Taquarembó, Rivera e Pedras Altas), localmente no bloco/cráton de Luís Alves e em praticamente todos os maciços da Borborema (nestes, como resultado do uso de dados Rb-Sr, o que precisa de revisão posterior).

Como já mencionado, há evidências diretas e indiretas de que muitas rochas geradas no ciclo anterior (Riachiano) tenham sido de alguma forma retrabalhadas no Orosiriano. Outra possibilidade em aberto é que tenha havido certa diacronia nos eventos de interação de placas do Riachiano e do Orosiriano, e que a discriminação acima exposta (validade inquestionável para as localidades típicas mencionadas) não precisa ter validade para todo o continente. Ou seja, levanta-se a possibilidade (há alguns dados neste sentido) que tenha havido eventos de interações orogênicas outras, intermediárias às duas faixas de idades aqui propostas, e de muitos outros eventos tectônicos capazes de influir na obtenção dos dados isotópicos. Esta é uma questão que permanece em aberto.

e. No estágio de tempo da parte média e superior do Orosiriano (entre 1,95 e 1,80 Ga) os principais marcos cronológicos do continente estão na Amazonia Oriental, com a concorrência no tempo dos eventos orogênicos dos Sistema Ventuari-Tapajós (a oeste do "bloco Xingu") e aqueles ditos anorogênicos do "vulcano-plutonismo Uatumã" (por sobre o "bloco Xingú" s. l.), consolidado no período anterior.

Esta faixa orogênica, de direção NW-SE, se estende do sul da Venezuela ao Rio Tapajós e é composta por granitóides (ortognaisses) cálcio-alcalinos, apresenta idades entre 2,0 e 1,85 Ga, e indicações de natureza acrescionária, contribuição mantélica substancial. Não se conhece ainda faixas móveis coevas neste continente, mas isto é esperável, por algumas indicações outras (outros métodos geocronológicos de reconhecimento), do embasamento de faixas móveis proterozóicas e devido a analogia esperada com o continente norte-

americano (e. g. Penokeano, ca. 1,85 Ga)

Os eventos de "Uatumã" s. l., incluindo vulcanismo trapeano (Surumu-Iricoumé-Iriri-Cuchivero-Burro Burro, etc.) e granitóides associados, presentes em todos os países do norte do continente apresentam extensão original acima de 1,5 milhões de quilômetros quadrados, sendo cratogênicos e diacrônicos (entre 2,0 e 1,8 Ga) por excelência. Trata-se da consagração de um fenômeno de origem global de caráter tafrogênico ("underplating"?), ativação tectônica da litosfera (?) inusitado, sem precedentes, sem coevos, sem análogos e sucedâneos conhecidos no mundo.

O período Estateriano, último do Paleoproterozóico (1,8-1,6Ga), foi marcado também por eventos concorrentes: de cunho orogênico acrescionário (Rio Negro-Juruena e congêneres) da Amazônia centro-ocidental; e outros cratogênicos, extremamente diversificados no tempo, no tipo magmático (vulcanismo máfico fissural, extrusivas félsicas, granitos) e sedimentar (riftes). Estes eventos/processos anorogênicos são característicos para todo o resto da plataforma (ou mais precisamente, por todos os blocos paleoproterozóicos dantes consolidados).

Os registros preservados deste evento extensional – a Tafrogênese do Estateriano, de Brito Neves et al (1995) estão consignados da Venezuela ao norte da Argentina. Enquanto que o ciclo orogênico acrescionário Rio Negro-Juruena parece ter sido relativamente localizado, restrito ao bloco amazônico (mas com extensão presumível ao continente norte-americano), os eventos intraplaca tiveram grande magnitude no espaço (blocos paleoproterozóicos em geral) e parecem caracterizar de forma global o "day after" do desenvolvimento tectô-

nico de uma extensa "landmass" supercontinental (pós-1,8 Ga).

MESOPROTEROZOICO - O

Mesoproterozóico (tomado em conjunto muitas vezes incluindo o período Estateriano) sempre foi considerado uma etapa do tempo geológico marcada por atividades intraplacas, diacrônicas. Na verdade, granitos anorogênicos e processos afins - sedimentares, vulcano-sedimentares - são conhecidos na Amazônia de 1,88 Ga a 0,97 Ga (Bettencourt et al 1997). Os dados mais modernos vêm demonstrando que as interações de placas existiram (em escala menor), fazendo crescer gradativamente a grande massa continental já esboçada no Orosiriano (vide discriminação abaixo), e que estes eventos orogênicos concorreram no tempo com os eventos cratogênicos (estes com supremacia incontestada). Além disso, estas faixas mesoproterozóicas são muito pouco conhecidas de fato (em todos os sentidos), e se presume que muitas delas foram sítios preferenciais do retrabalhamento pelos ciclos do Neoproterozóico.

Por conta disto, a definição de marcos geocronológicos no Mesoproterozóico tem sido sempre problema em aberto, neste continente e em muitos outros. Diacronia de eventos são comuns e esperáveis quando a atividade intraplaca é a predominante. A Tafrogênese do Estateriano já deixara, por exemplo, marcas de eventos granitogênicos e magmatismo fissural por toda a extensão do referido período (de 1,8 a 1,6 Ga). Os eventos de formação de bacias do Estateriano tiveram vida prolongada – sempre com amarras cronogeológicas difíceis de serem precisadas -, podendo em alguns casos terem desenvolvido sistemas que atingiram até o início do Mesoproterozóico.

a. Na porção ocidental do bloco amazônico e da colagem de sistemas acrescionários do Estateriano, em Mato Grosso, cortando as seqüências vulcano-sedimentares de Jauru, Araputanga e Cabaçal (contexto peculiar de um terreno *granito-greenstone* do Paleoproterozóico Superior) se sobrepõe a "suíte plutônica Cachoeirinha". Estas rochas do graníticas e tonalíticas do "Cachoeirinha" reúnem uma série de características petrológicas e isotópicas de magmatismo associado com zonas de subducção, apresentam idades entre 1,565Ga e 1,535Ga (Geraldes et al 2000). Para alguns autores, estas seriam atividades complementares mais para oeste da coalescência de arcos da província Rio Negro-Juruena. Para outros autores estes eventos devem ser discriminados como subsequentes, parte de nova e separada etapa de subducção, bem marcada no tempo.

b. Mais para oeste, ainda em Mato Grosso com idades de 1,45-1,47 Ga, também por características petrológicas e isotópicas, foi identificado outro contexto de rochas ortoderivadas (ortognaisses predominam) atribuído como resultado do desenvolvimento de um arco magmático do Calimiano, em parte juvenil. Este desenvolvimento de arco de direção NW-SE foi designado de Santa Helena (Van Schmus et al 1998) e é expressivamente bem marcado, com excelentes afloramentos de assembléias litológicas mais próximas da zona de subducção e de outras suítes distais.

Esta sucessão de processos acrescionários ao longo do Mesoproterozóico é característica do bloco amazônico, com quelogênese se desenvolvendo sucessivamente de leste (nordeste) para oeste (sudoeste), como será confirmado pelo evento Aguapeí-Guaporé, a seguir.

No mesmo período de tempo, em outras áreas do continente (e.g. Serra do Itaberaba, em S. Paulo, Chapada Diamantina-BA) predominavam eventos extensionais.

c. Vários eventos marcam o tempo em torno de 1,3 Ga (1,35-1,28 Ga), no Brasil Central ("Uruaçuano" e termos afins) e oriental ("Espinhaço"). Para alguns autores estes são eventos de plutonismo-granítico e máfico-ultramáfico - e tafrogênese, e que toda a deformação observada teria sido exercida posteriormente no Brasileiro. Para outro grupo de autores, em ambos os casos tratam-se de eventos distintos de interação de placas (no primeiro caso com metamorfismo em alto grau) já no Mesoproterozóico, com sobreposição de eventos do Brasileiro. Os dados geológicos e geocronológicos não são decisivos e interminável polêmica persiste. Independente desta polêmica, o que importa nesta oportunidade é distinguir este marco cronológico consignado na parte média do Ectasiano (assinalado também pelas determinações de Tdm, como será visto).

Na Bolívia, também com subsídios geocronológicos expeditos (determinações Rb-Sr sobretudo), foi definido o "Ciclo San Ignacio" (1,35-1,30 Ga) para rochas ortognaissicas e xistosas que estão no substrato de sedimentos do Mesoproterozóico Superior (Grupo Sunsás e equivalentes), consoante Litherland et al 1986.

d. Um evento importante e bem marcado de orogenia, em parte desenvolvido sobre crosta continental (Mato Grosso/Bolívia, Sunsás/Aguapeí), em parte, mais ao norte, consubstanciando um Ciclo de Wilson completo (Rondônia, Unidade Nova Brasilândia), com registros na faixa Guaporé, em torno de 1,15-1,0 Ga, consoante Scandolar & Amorim 1999. Estes eventos - ditos "rondonianos" - da

porção centro-ocidental da Amazônia devem ter vínculos (ainda não devidamente equacionados) com a somatória de eventos acrescionários e colisionais de mesma idade do embasamento dos Andes setentrionais (Garzon-Santa Marta) e meridionais ("Terreno Occidental", Terreno Pampia) atribuídos à parcela sul-americana dos cinturões orogênicos da colagem global grenvilliana, do final do Mesoproterozóico, que parecem adentrar a América do Sul via Venezuela.

e. Recentemente, Basei (2000) separou, a leste da parte interna do cinturão Dom Feliciano na porção oriental do Uruguai, um contexto de ortognaisses paraderivados, com idades do final do Mesoproterozóico (ca. 1,0/0,97 Ga), que provavelmente fez parte da Faixa Móvel Namaqua-Natal, ocorrente na África. Este terreno - designado de Punta del Leste/PET- apresenta coberturas supracrustais (Grupo Rocha) e intrusões de granitos alcalinos neoproterozóicos, todos demandando melhor conhecimento geológico e geocronológico.

f. O evento Cariris Velhos e a faixa móvel de igual nome (ou ainda Terreno Alto Pajeú) de Brito Neves et al (1995) e Kozuch et al (1997) estão relativamente bem marcados por cerca de 800 km longitudinais da zona central Província Borborema, do sul do Piauí à costa da Paraíba. O registro litológico de xistos grauváquicos, metavulcânicos e ortognaisses peralú-minosos mostra notória coerência de determinações de idade, métodos Rb-Sr e U-Pb, em torno de 960 Ma (entre 1000 e 950ma), ou seja no limiar do Neoproterozóico.

A maioria dos autores interpreta esta faixa como produto de um evento orogenético, pertencente ao contexto da colagem orogênica Grenvilliana (embora as idades sejam neoproterozóicas), e daí a sua discussão/

inclusão neste item. Este processo orogenético teria resultado da interação de blocos paleoproterozóicos do norte (Terreno Rio Grande do Norte) e do sul (Cráton do São Francisco e afins) e o desenvolvimento de uma faixa móvel (Pajeú-Paraíba) diagonal à Zona Transversal, com exposição de bandas supracrustais (Terreno Alto Pajeú) e frações do embasamento paleoproterozóico (Terreno Alto Moxotó). Estudos petrológicos e isotópicos adicionais são necessários e estão em curso, pois há interpretações alternativas para este contexto ("rifte Toniano" deformado no Brasileiro?), não sendo consensual ainda a assunção uma orogênese.

Com o progresso do conhecimento (aprimoramento de tecnologias analíticas), cada vez mais eventos mesoproterozóicos serão resgatados, na medida que regeneração do Brasileiro (que teve conspícua preferência por áreas mesoproterozóicas) possa ser equacionada e subtraída. No coroa-mento destes eventos orogênicos mesoproterozóicos se admite que adveio a aglutinação (diacrônica) do Supercontinente Rodínia (Tabela 1).

NEOPROTEROZÓICO - A história do Neoproterozóico (concluída na realidade no Cambriano), por ter estado mais próxima da nossa observação, foi a mais aquinhoadada em acervo de dados geológicos e isotópicos em geral, subsídios estes em estágio de fluxo permanente. Nesta parcela do tempo se definiram as principais províncias estruturais do continente (do embasamento, com influência naquelas da cobertura), e a todo o momento esta história tem sido/é contemplada com novos subsídios do conhecimento.

Esta história, para ser contada na íntegra, retroage ao Mesoproterozóico em algumas regiões (processos de

rifteamento, magmatismo fissural), e em praticamente todas as províncias se estende ao final do Cambriano, chegando mesmo a registros no Eo-Ordoviciano, em alguns casos. Trata-se da história complexa da desarticulação gradativa e impiedosa da grande

"landmass" (Rodinia) formada pelas orogenias do Mesoproterozóico, seguido da formação de um contexto complexo de bacias continentais, transicionais e oceânicas e o posterior fechamento de todas essas.

SUPERCONTINENTE RODÍNIA

0,96 Ga	~ x	OROGENIA CARIRIS VELHOS	
	X		
1,15- 1,0	~ x	Orogenia Sunsas - Guaporé - Aquapeí - Grenville	
1,3/1,2	~?x	Orogenia Espinhaço ?	
	X		
1,45 - 1,47	~ x /////	Eventos Orogênicos (Sta. Helena) e Anorogênicos Locais	
	X		
1,56 - 1,50	~ x	Eventos Orogênicos (Cachoeirinha) e Anorogênicos locais	
	X		
1,8 - 1,55	~0/x /////	OROGÊNESE ACRESCIONÁRIA	TAFROGÊNESE do ESTATERIANO
	X		

SUPERCONTINENTE ATLÂNTICA

1,95- 1,8Ga	~0 /////	Orog. Acrecionária (Ventuari-Tapajós)	Eventos Extensionais Anorogênicos ("Uatumã")
ca.2,0	~	Colagem Orogênica-ORÓGENOS COLISIONAIS	
2,2 - 2,15	~	Colagem Orogênica-ORÓGENOS COLISIONAIS E ACRESCIONÁRIOS	
2,4 - 2,3	~++	Eventos Colisionais e Acrecionários (Eventos de diferenciação manto-crosta)	
2,4	-		

MICROCONTINENTES NEOARQUEANOS

2,6 - 2,5	++ 0 X	TAG - TBG	
2,7 - 2,6	+++ X	TAG	
2,8 - 2,7	++++ 0	TAG +	Colagens orogênicas
2,92,8	0 + +++++ 0	TBG = TAG =	CICLO JEQUIÊ - RIO DAS VELHAS Colagem Orogênica Pré-Jequiê ?
3,1- 3,0	++++ 0	TAG + TBG	
3,2 - 3,1	++++ 0	TAG + TBG	
3,2	+++	TAG	
3,3	++	TAG	
3,5 - 3,4	++	TAG	
> 3,5	-	Apenas valores T _{DM} esparsos	

+ T. A. G. = terrenos de alto grau /// = Tafrogênese, dispersão

X = granitos, granitogênese ~~~~~ = Orogênese, colagem orogênica

Tabela 1. Registro sistemático - não interpretativo - dos principais eventos do Arqueano, Paleoproterozóico e Mesoproterozóico da América do Sul.

Table 1. Systematic non interpretative record of the main events during the Archean, Paleoproterozoic and Mesoproterozoic in the South America.

A aglutinação de alguns dos segmentos (de diversas dimensões e comportamentos geotectônicos) descendentes de Rodinia se deu para a formação/aglutinação de uma nova (e de menor magnitude) massa supercontinental, o Gondwana. Tanto as fases de desarticulação (tafrogênese/fissão) como as fases de convergência e interação (orogêneses) de segmentos/placas foram diacrônicas de uma província a outra (vide Fig. 2). Ao final do fechamento dessas bacias seguiu-se um estágio importante de processos pós-orogênicos (Estágio de Transição), com diversos acontecimentos tectônicos de vulto (vulcanismo, plutonismo, formação de bacias, extrusão, ajusta-

mentos isostáticos) que foram se arrefecendo gradativamente até a estabilização ("stable shelf conditions") continental, alcançada plenamente ainda no Ordoviciano.

A desarticulação completa se processou através de distintas fases, havendo localmente concorrência entre as fases aqui tentativamente propostas: no Toniano (com algumas incursões ao Esteniano), no Criogeniano (nitidamente associada com eventos glaciogênicos em alguns locais) e na parte inferior do Neoproterozóico III (muito localmente), seguindo-se daí uma série de eventos outros rupturais/tracionais, conseqüentes já aos sítios orogênicos desenvolvidos.

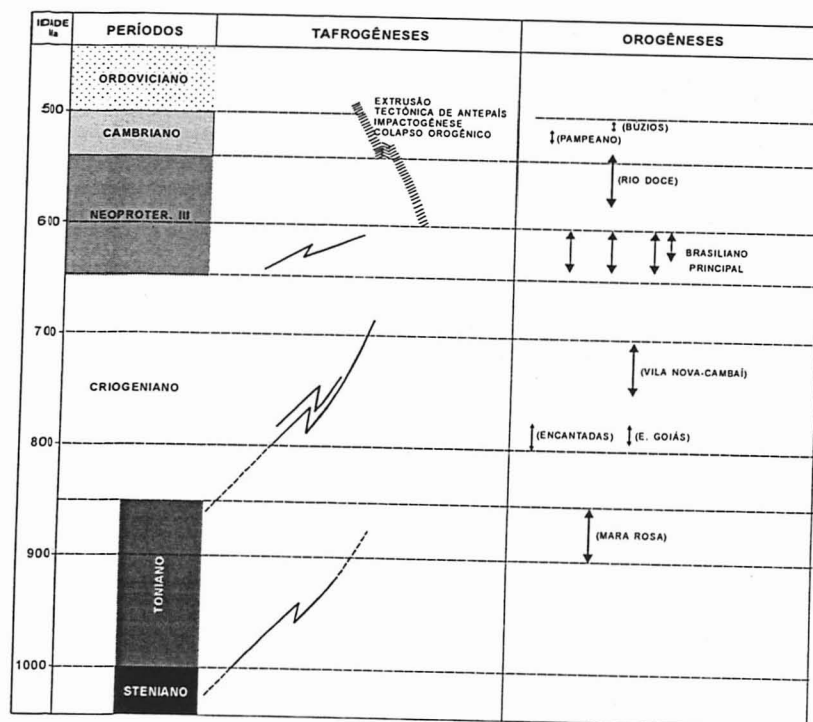


Figura 2. Esquema e síntese dos principais eventos de tafrogênese e orogênese da colagem neoproterozóica registrados nas quatro províncias (Brasilianas) do continente.

Figure 2. Synthesis of the main tafrogenetic and orogenetic events of the Neoproterozoic collage as registered in the four provinces (Brasilians).

Os eventos de orogenias (interação de placas, regimes de convergência, metamorfismo regional) apresentaram a complexidade e o diacronismo esperável, tendo em vista a complexa paleogeografia e trama de bacias formadas. Vários "oceanos" neoproterozóicos ou traços de oceanos podem ser resgatados e tem sido postulados - "Rockelides"/Goianides", "Pharusiano", "Peri-São Francisco-Congo-Kasai", "Adamastor" etc., Almeida et al (2000) - assim como vários sítios de sedimentação continental (sinéclises e afins) têm sido

identificados. A participação de massas microcontinentais (microcontinente, microplacas e terrenos) foi notória e decisiva no arcabouço geotectônico geral das províncias.

Os processos de colagem/formação de Gondwana afetaram muitas áreas preexistentes, tanto de coberturas como de faixas móveis meso a paleoproteróicas e ainda alguns núcleos arqueanos.

No acervo de registros geocronológico há lacunas importantes do conhecimento em todas as províncias, a expectativa e a demanda crescem

vertiginosamente. O ideal seria o aprofundamento no conhecimento de cada província, ou seja, daqueles compartimentos identificados como situados entre os principais descendentes de Rodínia, convergentes no Neoproterozóico. A nível de província, verifica-se que alguns eventos orogênicos concorrem no tempo com eventos de natureza pós-orogênica, ou mais precisamente eventos impactogênicos no interior de massas continentais preexistentes. Todas estas observações devem ser consideradas na análise do quadro tentativo anexo (Fig. 2).

No quadro anexo, estão confrontadas com as principais etapas de tafrogênese, as principais orogenias já identificadas nas diferentes províncias, com a sinalização informal dos nomes. Com exceção da Província Pampeana, os eventos de 635-610 Ma estão presentes em todas as províncias (magmatismo de arco, colisão, metamorfismo regional etc.), e este marco é um excelente candidato para se falar de um climax da colagem do Brasiliano. Mas, é preciso ressaltar que há eventos orogênicos confirmados como antecedentes (do Criogeniano, principalmente) e consequentes (Rio Doce, Pampeano, Búzios) a este climax.

Alguns poucos eventos de orogenia remontam ao Toniano, ca. 930 Ma, e isto pode vir ser considerado um tempo excessivamente longo (de 930 a 500Ma) para um mesmo ciclo (no caso, o Brasiliano). É possível que os arcos vulcânicos do centro-este brasileiro possam está trazendo registros de subducção de tratos oceânicos remanescentes mesoproterozóicos ("Oceano Miróvia") e não ainda de oceanos gerados com a dispersão de Rodínia, e isto é uma possibilidade a ser investigada. De uma forma ou de outra, estes registros de subducção foram incorporados na colagem do Brasiliano

e estão concorrendo no tempo com diversos eventos de tafrogênese prefaciadores do Brasiliano (eventos do Toniano).

O fechamento dos tratos bacinais (continentais e oceânicos) foi sendo gradativamente consumado até a passagem Cambriano/Ordoviciano-entre 0,52 e 0,49 Ga. Para este evento consignado no Brasil ("Orogenia Búzios", Schmitt 2001) há equivalentes na África (Scheepers 1995), na Austrália, Antártica e Nova Zelândia ("Orogenia Terra Australis", Caawood et al 1998).

Nestes termos, enquanto em algumas províncias estruturais ainda havia orogenias em desenvolvimento, em outras perduravam os eventos de extrusão, e noutras já se aproximavam das condições estáveis de interior de placa. Esta é a forma global que deve ser enxergada a Colagem Brasiliano-Pan Africana. Se considerarmos, como exemplo, a Província Mantiqueira como um todo, pode ser asseverado que estes três tipos de condicionamento tectônico ocorreram e concorreram no tempo.

Somente dentro dos preâmbulos globais acima formulados, da complexidade natural dos fenômenos de formação de uma grande massa continental (a fissão de massas anteriores) por orogenias e colagem orogênica, deve ser analisado e entendido na Tabela 1 e a Fig. 2, anexos propostos.

Três distintas fases de eventos tafrogenéticos já foram mencionadas, no Toniano (1,0-0,85 Ga), no Criogeniano (0,8-0,7 Ga) e no Neoproterozóico III (Varangiano, ca.0,62 Ga), responsáveis principais pela fissão de Rodínia.. Vários eventos orogênicos (ou grupo de) podem ser identificados como responsáveis pela Colagem Brasileira (somatória de orogêneses) e fusão de Gondwana-Pannotia, esta tendo aglutinando de

forma gradativa e diacrônica parte substancial dos fragmentos descendentes de Rodínia.

As fases mais antigas de orogênese remontam ao Toniano, eventos acrescionários de "Arenópolis", "Mara Rosa" (Brasil Central) e Passinho (Rio Grande do Sul), entre 0,93 e 0,85 Ga. Outro grupo importante de eventos, com acreção e já incluindo colisão se destaca entre 0,85 e 0,75 Ga (Maratá, Jupaci, Juscelândia, Barro Alto-Niquelândia, Embu). No centro-oeste foi identificado um pico de metamorfismo de alto grau (nos maciços máfico-ultramáficos e nas seqüências vulcano-sedimentares a elas associadas) entre 0,79 e 0,78 Ga. Um grupo especial de eventos acrescionários (arcos) teve registro no sul do Brasil com Cambaí e Vila Nova, entre 0,74 e 0,70 Ga.

Os eventos subsequentes são os mais expressivos em áreas, formas e conseqüências, presentes na maioria das províncias estruturais, entre 0,65 e 0,61 Ga, constituindo o mais importante conjunto de orogenias da colagem do Brasileiro. Eventos de plutonismo nitidamente tardi-orogênicos são registrados em vários domínios entre 0,59 e 0,57 Ga, com auréolas de metamorfismo bem marcadas.

Alguns eventos orogenéticos mais restritos em área, no Sudeste (Orogenia Rio Doce, ca. 0,57-0,54 Ga), no noroeste argentino (Pampeana, ca. 0,53-0,52, com fases tardias de 0,49 a 0,47 Ga, Rapela et al 1998) e no Rio de Janeiro ("Orogênese Búzios" : 0,52-0,49, Schmitt 2001) completaram a formação do Supercontinente Pannotia/Gondwana, respectivamente a sudeste e sudoeste da plataforma sul-americana.

O Brasileiro/Pan-Africano tem que ser entendido como esta somatória de orogêneses e com este final de aglutinação e arranjo de ampla área supercontinental. Equivalentes para

estes eventos têm sido apontados na África, e em parte na Antártica e Austrália, parceiros da construção da mesma massa supercontinental.

Acompanhando cada uma das fases de interação acima postuladas há registros de eventos "tardi a "pós-tectônicos". Vários valores de idades relativos processos extrusivos ("escape tectonics"), tectônica de antepais (incluindo magmatismo anorogênico), implantação de bacias de impactogênese e intrafossas são conhecidos, principalmente entre 0,604 (Guaratubinha, Paraná) 0,485 Ga (granitos Iporá e Impertinente, centro-oeste). Estes processos foram colocados com muita propriedade sob a égide dentro de um "Estágio de Transição" – sucedendo de imediato cada das orogenias formadoras e se antecipando no tempo às condições estáveis de um continente. Os dados geocronológicos deste estágio se espalham por mais de 120 Ma, adentrando o Eo-Ordoviciano, com espectro de diacronismo de uma província a outra.

O quadro de marcos cronoestratigráficos acima experimentalmente proposto procurou refletir a presente instância do conhecimento, tem uma data (final do ano 2000) e limitações várias. O seu aprimoramento deve ser preocupação permanente.

EVOLUÇÃO CRUSTAL – DISCUSSÃO - Vários mecanismos estão envolvidos no crescimento da crosta continental, consoante Condie (1989): adição de novos materiais do manto, readição de materiais crustais que circularam através do manto e redistribuição de rochas crustais devido a processos sedimentares e geotectônicos etc. Materiais magmáticos advindos do manto podem ser adicionados à crosta e à litosfera em regimes divergentes e convergentes, e.g. por "underplating" (colchões mag-

máticos sotopostos à crosta e/ou à litosfera), incluindo a intrusão de soleiras e plutões e por "overplating" (trapas vulcânicas de várias origens). O crescimento crustal é o ganho líquido em massa da crosta continental por unidade de tempo, e pode ser positivo, nulo e negativo, dependendo das circunstâncias tectônicas em jogo.

Muitos e diferentes são os modelos de crescimento crustal, baseados em alguns dados/métodos de análises (ou na combinação de alguns deles): isótopos de Pb, Sr e Nd em rochas ígneas, isótopos de Sr em carbonatos marinhos, taxas de acreção e reciclagem estimada dos sítios fanerozóicos, estimativas de reciclagem de sedimentos etc. De todos estes, os mais elementares são aqueles baseados na distribuição geográfica de dados radiométricos dos continentes, sujeitos a uma série grande de variáveis e limitações. Os métodos geocronológicos convencionais assim utilizados dão apenas uma amostragem do que ocorreu através do tempo, e o peso elevado que se costuma dar a estes métodos se contrapõe às suas muitas limitações.

Outro tema controvertido é o da episodicidade do crescimento crustal que teve muita ênfase no passado, mas cujo endosso decai quando se aumenta o nível do conhecimento regional. De forma que a episodicidade pode realmente caracterizar uma parte do continente ou de um grupo de continentes, mas os dados modernos não suportam mais uma episodicidade de caráter global. Alguns picos apenas de valores de idades são comuns aos vários continentes, como ca. 2,7 Ga, ca. 1,9 Ga e ca. 1,3 Ga. Por exemplo, para o grupo de continentes que resultou da fragmentação de Gondwana, os valores em torno de ca. 0,6 Ga são muito importantes. Dentro dos parâmetros gerais conhecidos da Tectônica Global,

nos eventos de tafrogênese e de orogênese e processos associados, a identificação de picos evolutivos é absolutamente dispensável, embora isto possa retratar condições transitórias da evolução do planeta como um todo.

Dados Sm/Nd A análise conjunta dos dados Tdm do embasamento da Plataforma Sul-Americana mostra um interessante perfil de picos (3,5 Ga, 3,1 Ga, 2,7 Ga, 2,1 Ga - como pico máximo- e 1,2 Ga), sucedidos por recuos imediatos, conforme reproduzido de Sato (1998) e Cordani & Sato (1999) na Fig. 3. Estes picos foram interpretados como máximas na formação e crescimento de massas microcontinentais e continentais, interpretados como de grande dissipação de energia sublitosférica. Os recuos foram interpretados como instâncias de dissipação de energia pelos movimentos convectivos de massas da crosta para o manto. Como os tratos litosféricos continentais são pouco condutores de calor, estes períodos de recuos são aqueles de aumento significativo de acumulação de energia no manto. Para os momentos de picos ficaria reservada a "explosão" desta energia acumulada com a superprodução de materiais juvenis (cujos picos estão entre 2,25 e 1,96 Ga).

Observa-se na Fig 3 que são muito poucos os registros de dados mais velhos que 3,5 Ga e que de 1,2 Ga em diante há apenas uma pequena produção decrescente de crosta juvenil (pequeno pico entre 1,3 e 1,1 Ga). Em termos de energia acumulada isto teria sido o suficiente para o retrabalhamento importante de rochas crustais preexistentes (processado no Brasileiro) e para consignar os muitos e diferentes pontos de acreção juvenil em praticamente todas as províncias estruturais neoproterozóicas.

A análise da curva cumulativa (Fig.4) dos mesmos autores indica que

cerca de 34% da crosta continental já existia ao final do Arqueano, e que cerca de 80 % da crosta continental deste continente já estava formado no Proterozóico. Entre 2,25 Ga e 1,9 Ga ocorreu uma superprodução de crosta juvenil, em torno de 35% do presente contexto. Ainda segundo esta curva, no início do Neoproterozóico (ca. 1,0 Ga) cerca de 99% da crosta continental já estava formada, o que é uma afirmação interessante e discutível, tendo em vista a importância da evolução da Brasileira no Neoproterozóico. Estas considerações são uma visão, síntese e referência interessantes dos dados até o presente, mas que devem ficar na expectativa do progresso dos conhecimentos.

Comparando-se os valores das idades Tdm com os valores de idades de

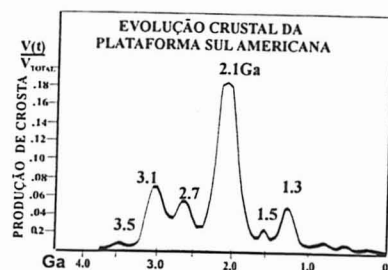


Figura 3. Diagrama de produção de crosta continental na América do Sul ao longo do tempo geológico, mostrando os principais picos de crescimento.

Figure 3. Continental crust production diagram for the South América during geologic time, showing the main growth peaks.

Como mencionado anteriormente, a distribuição dos dados disponíveis e a natureza dos tratamentos continentais em análise são de relevância sempre. No caso da América do Sul, se considerarmos em separado os tratamentos delimitados pelo Lineamento Transbrasiliano, aparece

cristalização das rochas envolvidas (com isócronas Rb-Sr e determinações U-Pb em zircão) pode-se fazer uma estimativa da razão entre os processos de acreção juvenil versus retrabalhamento crustal no embasamento da Plataforma Sul Americana. Grosso modo, estes cálculos estimativos e a curva cumulativa proposta (Fig.4) revelam que cerca de 45% (em volume) de crosta continental é constituída de materiais juvenis e 55 % como sendo resultante de tratamentos crustais retrabalhados. Os dados geocronológicos indicam adicionalmente os eventos do Brasiliano como os principais responsáveis pelos processos de retrabalhamento, em várias províncias estruturais.

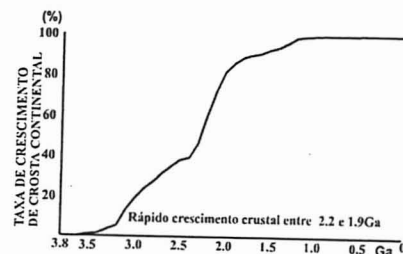


Figura 4. Diagrama cumulativo de crescimento da crosta continental na América do Sul (B), com ênfase ao rápido crescimento entre 2,2 e 1,9 Ga.

Figure 4. Cumulative South América continental growth diagram, showing the rapid growth between 2.2 and 1.9 Ga.

uma série de indicações de vulto, que de certa forma contrastam e servem de complemento indispensável para as observações anteriores.

Este lineamento separa dois contextos geológicos peculiares (Brito Neves 1991). A noroeste estão os crátons Amazonico e S. Luís (porções

geológicas afins dos supercontinentes setentrionais, NENA, Laurentia/Artica). A sudeste estão vários núcleos cratônicos menores (S. Francisco, Rio de La Plata, Luis Alves, Pampia) circundados por importantes faixas móveis brasileiras, e que constituem um contexto geológico afim de Gondwana Ocidental.

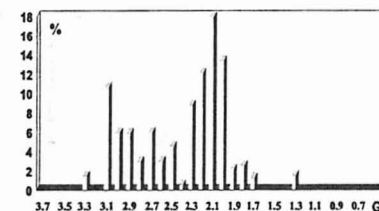


Figura 5. Histograma do crescimento da crosta continental (sobrevivência) para a parte noroeste da Plataforma Sul Americana (a NW do Lineamento Transbrasiliano), original de Santos (1998), com base em dados Sm/Nd.

Figure 5. Continental crust growth histogram for the NW portion of the South American platform (NW of the Transbrasiliano Lineament), from Santos (1998), based in Sm/Nd data.

Na grande massa continental a noroeste a grande maioria das determinações isotópicas Sm-Nd concentra-se no intervalo 3,1-1,8 Ga. Por seu turno, a distribuição destes dados na região a sudeste é muito mais espalhada no tempo (como em parte já discutido com os dados U-Pb), cobrindo quase todo o Pré-Cambriano.

No tocante ao período 3,1 e 1,8 Ga acima epigrafado é marcante a semelhança na evolução crustal, com concentração de picos em 2,7 Ga e 2,1 Ga. Trata-se de um fato interessante e

Em relação ao E o e Paleo-arqueano (Fig. 5 e Fig. 6, reproduzidas de Sato 1998), praticamente inexistem dados em toda a região a noroeste (não identificados ou não publicados ainda), enquanto que estes valores são de certa forma comuns no Cráton do São Francisco e em maciços da Borborema, no domínio a sudeste do lineamento.

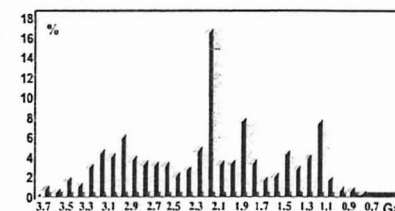


Figura 6. Histograma do crescimento da crosta continental (sobrevivência) para a parte sul-sudeste da Plataforma Sul Americana (a SE do Lineamento Transbrasiliano), original de Santos (1998), com base em dados Sm/Nd.

Figure 6. Continental crust growth histogram for the S-SE portion of the South American platform (SE of the Transbrasiliano Lineament), from Santos (1998), based in Sm/Nd data.

distinto dos períodos anteriores e posteriores, como se estas regiões estivessem (naquela época) fazendo parte de uma porção única e contígua.

Com relação ao Meso e Neoproterozóico, as diferenças são notórias. A porção sudeste do lineamento inclui um intervalo importante a 1,7 e 1,4 Ga e um outro pico em torno de 1,2 Ga (Ciclo Espinhaço/Uruaçuano??), com certa continuidade até 0,8 Ga. E estes eventos aparecem de forma clara, sugerindo a formação de crosta juvenil. No bloco a noroeste, o comportamento é distinto

como se aquelas massas continentais tivessem permanecido praticamente livres de eventos de acreção juvenil a

partir do Paleoproterozóico, a não ser nas suas porções mais marginais a oeste (Rondônia-Bolívia).

REFERÊNCIAS

- Almeida, F. F. M. de, Brito Neves, B. B., Carneiro, C. D. R. 2000. The origin and evolution of the South American Platform. *Earth-Science Reviews*, 50: 77-111
- Babinski, M., Chemale Jr, F., Hartmann, L. A., Van Schmus, W. R., Silva, L. C. 1996. Juvenile accretion at 750-700 Ma in southern Brazil. *Geology*, 24: 439-441
- Basei, M. A. S. 2000. Geologia e modelagem geotectônica dos Terrenos Pré-Cambrianos das regiões sul-oriental brasileira e uruguaia; possíveis correlações com as províncias similares do sudoeste africano. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Tese de Livre Docência, 124 p.
- Basei, M. A. S., McReath, I., Siga Jr. 1998. The Santa Catarina Granulite Complex of Southern Brazil: a review. *Gondwana Research*, 1: 383-391
- Bastos Leal, L. R. 1998. Geocronologia U/Pb (shrimp), Pb ²⁰⁷/Pb ²⁰⁶, Sm/Nd e K/Ar dos terrenos granito-greenstones do Bloco do Gavião; implicações para a evolução arqueana e paleoproterozóica do Cráton do São Francisco, Brasil. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Tese de Doutorado, 178 p.
- Bettencourt, J. S., Leite Jr., W. B., Payolla, B., Scandolara, J. E., Muzzolon, R., Vian, J. A. J. 1997. The Rapakivi Granites of the Rondônia Tin province, Northern Brazil. In: International Symposium on Granites and Associated Mineralizations, 2nd, Salvador-BA, *Excursions Guide*, 3-31
- Brito Neves, B. B. 1991. Os dois Brasís Geotectônicos. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simpósio de Geologia do Nordeste, 14, Recife, *Atas*, Boletim no. 12, 6-8.
- Brito Neves, B. B. 1999. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrecionário andino. *Revista Brasileira de Geociências*, 29: 379-382
- Brito Neves, B. B., Campos Neto, M. C., Fuck, R. A. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22: 155-166
- Brito Neves, B. B., Sá, J. M., Nilson, A. A., Botelho, N. F. 1995a. A Tafrogênese Estateriana nos blocos paleoproterozóicos da América do Sul e os processos subseqüentes. *Geonomos*, 3: 1-21
- Brito Neves, B. B., Van Schmus, W. R., Santos, E. J., Campos Neto, M. C., Kozuch, M. 1995b. O Evento Cariris Velhos na província Borborema. Integração de dados, implicações e perspectivas. *Revista Brasileira de Geociências*, 25: 279-296
- Cawood, P. A., Leitch, E. C. 1998. Going down: subduction initiation in the porto-Pacific and relationship to the Neoproterozoic global events. *Journal of African Earth Sciences*, 27: 42-43
- Condie, K. C. 1989. Plate Tectonics and Crustal Evolution. 3rd ed. New York, Pergamon Press, 476 p.
- Cordani, U. G. & Sato, K. 1999. Crustal evolution of the South American Platform based on Nd isotopic systematics on granulite rocks. *Episodes*, 22: 167-173
- Cordani, U. G., Teixeira, W., Tassinari, C. C. G., Kawashita, K., Sato, K. 1988. The growth of the Brazilian Shield. *Episodes*, 11: 163-167
- Cordani, U. G., Milani, E. J., Thomaz Filho, A., Campos, D. A. 2000. Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, 31th International Geological Congress, 854 p.
- Dantas, E. L. 1997. Geocronologia U-Pb e Sm-Nd de Terrenos Arqueanos e Paleoproterozóicos do Maciço Caldas Brandão, NE do Brasil. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 208 p.
- Fetter, A. H. 1999. U/Pb and Sm/Nd geochronological constraints on the crustal framework and geologic history of Ceará State, NW borborema Province, NE Brazil: implications for the assembly of Gondwana. Department of Geology da Universidade do Kansas em Lawrence KS, Tese de Doutorado, 164p.
- Geraldes, M. C., Van Schmus, W. R., Condie, K. C., Bell, S., Teixeira, W., Babinski, M. 2000. Proterozoic Geologic Evolution of the SW Part of the Amazonian Craton in Mato Grosso State, Brazil. *Precambrian Research* (in press)
- Guimarães, I. P., Silva Filho, A. F., Almeida, C. N., Araújo, J. M. M., Sales, A., Melo, S. C. 1998. The Brasiliano granulites from the Pajeú-Paraíba Belt and Teixeira high: Sm-Nd isotope geochemistry and U/Pb in zircon ages. In: SBG/Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Belo Horizonte, *Anais*, p. 12
- Janasi, V. A. 1999. Petrogênese de granitos crustais na nappe de empurrão Socorro-Guaxupé (SP-MG); uma contribuição da geoquímica elemental e isotópica. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Tese de Livre Docência, 304 p.
- Kozuch, M., Bittar, S. M. B., Van Schmus, W. R., Brito Neves, B. B. 1997. Late mesoproterozoic and Middle Neoproterozoic magmatism in the Zona Transversal of Borborema Province, Brazil. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simpósio de Geologia do Nordeste, 17, Fortaleza *Resumos Expandidos*, 47-49.
- Litherland, M (ed) 1986. The geology and mineral resources of the Bolivian Precambrian Shield. Keyworth, British Geological Survey Overseas Memoir 9, 153 p.

- Nutman, A. P., Cordani, U. G., Sabaté, P. 1994. SHRIMP U-Pb ages of detrital zircons from the early Proterozoic Contendas-Mirante supracrustal belt, São Francisco Craton, Bahia, Brazil. *Journal of South American Earth-Sciences*, 7:109-114
- Nutman, A. P., Cordani, U. G. 1993. SHRIMP U-Pb geochronology of Archean granitoids from the Contendas-Mirante area of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil. *Precambrian Research*, 63: 179-188
- Pimentel, M. M., Fuck, R. A., Alvarenga, C. J. S. 1996. Post-Brasiliano (Pan-African) high-K magmatism in Central Brazil; the role of Late Precambrian-early Palaeozoic extension. *Precambrian Research*, 80: 217-238
- Pimentel, M. M., Fuck, R. A., Jost, H., Ferreira Filho, C. F., Araujo, S. M. 2000. The basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc. In U. G. Cordani, E. J. Milani, A. Thomaz Filho, D. A. Campos (eds). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 31th International Geological Congress, 195-230.
- Queiroz, C. L. 2000. Evolução Tectono-Estrutural dos Terrenos Granito-Greenstone Belt de Crixás, Brasil Central. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Tese de Doutorado, 209 p.
- Pankhurst, R. J., Rapela, C. W. (eds). 1998. The proto-Andean Margin of Gondwana: an introduction. In R. Pankhurst, C. W. Rapela (eds) *The proto-Andean Margin of Gondwana*. London, Geological Society Special Publication 1-9
- Rapela, C. W. 2000. The Sierras Pampeanas of Argentina: paleozoic building of the southern proto-Andes. In U. G. Cordani; E. J. Milani; A. Thomaz. Filho; D. A. Campos (eds). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 31th International Geological Congress, 381-388
- Rizzoto, G. J., Lima, E. F., Chemale Jr., F. 1999. Acréscimo continental no Esteniano no sudeste de Rondônia; implicações geotectônicas. In: SBG/Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 6, *Boletim de Resumos Expandidos*, 319-322.
- Sato, K. 1998. Evolução Crustal da plataforma Sul americana, com base na geoquímica isotópica Sm-Nd. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Tese de Doutorado, 299 p.
- Santos, T. J. S. 1999. Evolução tectônica e geocronológica do Extremo Noroeste da Província Borborema. Inst. de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, Tese de Doutorado, 186 p.
- Scandolara, J., Amorim, J. L. 1999. A Faixa Móvel Guaporé, sua definição e sua inserção no contexto geotectônico do SW do Cráton Amazônico. In: SBG/Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 6, *Bol. de Resumos Expandidos*, 278-281
- Schmitt, R. S., Trouw, R. A. J., Van Schmus, W. R. 1999. The characterization of a Cambrian (~520) Tectonometamorphic event in the coastal domain of the Ribeira Belt (SE Brazil) – using U/Pb in syntectonic events. In: Simposio Sudamericano de Geologia Isotópica, II – II SSAGI- Cordoba, Argentina, *Actas*, 363-366
- Schmitt, R. S. 2001. A orogenia Búzios: um evento tectono-metamórfico cambro-ordoviciano caracterizado no Domínio Tectônico de Cabo Frio, Faixa Ribeira –Sudeste do Brasil. Instituto de Geociências UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 273p.
- Scheepers, R. 1995. Geology, geochemistry and petrogenesis of Late Precambrian S-, I- and A-type granitoids in the Saldania belt, Western Cape province, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, 21:35-58
- Siga Jr., O. 1995. Domínios tectônicos do Sudeste do Paraná e nordeste de Santa Catarina: geocronologia e evolução crustal. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Tese de Doutorado, 212 p.
- Sengör, A. M. C. 1990. Plate Tectonics and orogenic research after 25 years; a Tethyan perspective. *Earth-Science Reviews*, 27: 1-201
- Tassinari, C. C. G., Bettencourt, J. S., Geraldes, M. C., Macambira, M. J. B., Lafon, J. M. 2000. The Amazonian Craton. In U. G. Cordani, E. J. Milani, A. Thomaz Filho, D. A. Campos (eds). *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 31th international Geological Congress, 41-96.
- Tassinari, C. C. G., Macambira, M. J. B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Episodes*, 22: 174-183
- Teixeira, W., Sabaté, P., Barbosa, J., Noce, C. M., Carneiro, M. J. 2000. Archean and paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. In U. G. Cordani, E. J. Milani, A. Thomaz Filho, D. A. Campos (eds.) *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro, 31th International Geological Congress, 101-138.
- Van Schmus, W. R., Geraldes, M. C., Kozuch, M., Teixeira, W. 1998. U/Pb and Sm/Nd constraints on the age and origin of Proterozoic Crust in Southwestern Mato Grosso, Brazil: evidence for a 1450 Ma magmatic arc in SW Amazônia. In: International Conference on Precambrian and Craton Tectonics, 14th., Ouro Preto-MG, *Abstracts*: 112-115
- Windley, B. 1998. Tectonic models for the geological evolution of the crust, cratons and continents in the Archean. *Revista Brasileira de Geociências*, 28:183-188.