

## Reavaliação e Novos Dados Geocronológicos (Pb/Pb e K/Ar) da Região do Quadrilátero Ferrífero e Adjacências

Issamu Endo<sup>1</sup> & Rômulo Machado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geologia - UFOP

Campus Morro do Cruzeiro, CEP 35400-000, Ouro Preto, MG, BRA

<sup>2</sup>Departamento de Mineralogia e Geotectônica - Instituto de Geociências - USP, São Paulo, SP, BRA

**Palavras-chave:** geocronologia, Quadrilátero Ferrífero, Supergrupo Minas e Rio das Velhas.

### RESUMO

Os estudos geocronológicos efetuados no Quadrilátero Ferrífero e regiões adjacentes têm sido fundamentais para a elucidação dos processos geodinâmicos relacionados à formação e consolidação deste segmento crustal. São reconhecidos dois conjuntos estratigráficos maiores: o Supergrupo Rio das Velhas e unidades correlatas, e o Supergrupo Minas. O evento geológico melhor caracterizado (U/Pb, em zircão) está associado à deposição, metamorfismo e magmatismo do Supergrupo Rio das Velhas. O magmatismo associado ao evento metamórfico principal desta unidade se deu no intervalo entre 2.780 Ma e 2.730 Ma. Rochas vulcânicas do Grupo Nova Lima (base do Supergrupo Rio das Velhas) apresentaram idade (U/Pb, em zircão) de 2.770 Ma. Datações (Pb/Pb) em rochas carbonáticas do Supergrupo Minas forneceram idades de cerca de 2.420 Ma. Granitóides intrusivos na seqüência basal do Supergrupo Minas forneceram idades de 2.612 Ma (U/Pb, em zircão) e 2.608 Ma (Pb/Pb, em zircão por evaporação). A idade do magmatismo Transamazônico está bem registrado em granitos alojados em descontinuidades crustais ocorridos em torno de 2.120 Ma. O ciclo Brasileiro foi responsável pelo reequilíbrio isotópico diferenciado do sistema K/Ar. São controversos os parâmetros tectônicos como vergência e polaridade metamórfica dos eventos arqueanos e paleoproterozóicos.

**Keywords:** geochronology, Quadrilátero Ferrífero, Rio das Velhas Supergroup, Minas Supergroup.

### ABSTRACT

Geochronological investigations have clarified the geodynamic process and ages of the Rio das Velhas Supergroup and Minas Supergroup, two of the main stratigraphic units of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. The best characterized geologic event (U/Pb in zircon crystals) is related to deposition, metamorphism and magmatism of the Rio das Velhas Supergroup. The magmatic event of the Rio das Velhas Supergroup occurred between 2.78 Ga and 2.73 Ga. The volcanic rocks of the Nova Lima Group, the basal unit of the Rio das Velhas Supergroup, have an Archaean age of ca 2.77 Ga. Pb/Pb dates on carbonate rocks of the Minas Supergroup yield an age of 2.42 Ga. Intrusive granitoids in the basal units of the Minas Supergroup have yielded a U/Pb zircon date of 2.612 Ga and Pb/Pb zircon date of 2.608 Ga. Transamazonian magmatism is well represented by granite emplacement along crustal discontinuities at ca 2.120 Ga. The vergence and metamorphic polarity of the Archaean and Paleoproterozoic orogenies are still controversial. The Brazilian cycle was responsible for isotopic rejuvenation of the K/Ar system by partial or total argon losses.

## INTRODUÇÃO

A região compreendida pelo cráton São Francisco meridional e áreas circunvizinhas, onde se insere o Quadrilátero Ferrífero (QFe), foi palco de vários eventos geodinâmicos que se processaram durante o Arqueano e o Proterozóico. Estes eventos são marcados por manifestações de intensa atividade de deformação, retrabalhamento e acreção crustal (*e.g.* Teixeira 1985, Machado & Demange 1992, Carneiro 1992, Heilbron 1993, Noce 1995, Campos & Figueiredo 1995, Teixeira *et al.* 1996, Machado 1997, Endo 1997), juntamente com atividades tafrogênicas associadas aos magmatismos ácido e básico (*e.g.* Martins Neto 1993, Dussin 1994).

A regionalização tectônica deste segmento crustal teve como ponto de partida os estudos pioneiros de Djalma Guimarães (1951) com a delimitação dos antigos núcleos crustais estáveis do Brasil. Para o autor, o escudo brasileiro era constituído de cinco maciços siálicos: o “Arqui-Brasil”, o “Arqui-África”, o “Arqui-Gondwana”, o “Soco Arqueozóico” Goiano-Matogrossense e o “Arqui-Guiana”. Na sua concepção, a evolução deste vasto segmento crustal ocorreu da seguinte forma:

**a.** no início do Proterozóico, o Brasil ainda era fragmentado em maciços continentais, separados por oceanos, que ingressaram em longo período erosivo;

**b.** o diastrofismo “Huroniano” (*e.g.* Card *et al.* 1972, Sims *et al.* 1981, Van Schmus 1982), a primeira fase orogênica do Proterozóico, proporcionou a aproximação das massas continentais “Arqui-África” e o “Soco Goiano-Matogrossense” ao maciço “Arqui-Brasil”. Devido aos dobramentos huronianos, formaram-se as antefossas marinhas, sede dos depósitos tipo Itacolomi do QFe;

**c.** após a sedimentação Itacolomi, teria ocorrido o segundo ciclo diastrófico, o “Penoqueano”, renovando os processos de mobilização magmática e metamorfismo regional. Durante este evento orogênico, acentuou-se a cratonização das formações “algonquianas” e, praticamente, consumou-se a aglutinação dos maciços arqueanos;

**d.** o evento diastrófico Caledoniano proporcionou o cavalgamento do cinturão orogênico “Penoqueano” sobre as margens do continente “Arqui-Brasil”.

Os estudos sobre o maciço siálico “Arqui-Brasil” se intensificaram nas décadas seguintes, possibilitando o estabelecimento do núcleo tectônico estável denominado, posteriormente, cráton São Francisco. A sua delimitação e atual conformação devem-se a Almeida (1977, 1981). Este

núcleo representa o antepaís em relação aos cinturões móveis neoproterozóicos adjacentes (Almeida & Hasui 1984). Alkmim *et al.* (1993) ajustaram a geometria do cráton São Francisco à realidade dos novos dados estruturais, geofísicos e isotópicos produzidos na década de 80. Estabeleceram, também que, do ponto de vista mecânico, o cráton São Francisco comportou-se como uma entidade coesa, como bloco de antepaís com núcleos estáveis, para a deformação dos cinturões marginais e cinturões de antepaís. Fugindo destas características, a região do Espinhaço Setentrional desenvolve uma deformação ao longo do corredor Paramirim e em consonância com a identidade cratônica os autores interpretam esta deformação como sendo induzida por mecanismos centrados no pós-país dos cinturões Araçuaí, a sul, e Rio Preto, a norte. Cabe lembrar que a concepção final é resultado de aprimoramentos contínuos proporcionado pelas contribuições de Barbosa (1966), Ebert (1968), Cordani *et al.* (1968), Almeida (1969), dentre outros.

Este trabalho apresenta uma síntese e reavaliação dos dados geocronológicos disponíveis por diferentes metodologias isotópicas da região do QFe e adjacências, juntamente com novos dados K/Ar (em biotita, moscovita e anfíbólio) e Pb/Pb (em zircão, por evaporação) obtidos por um dos autores em sua tese de doutoramento (Endo 1997). Os dados K/Ar (15 amostras) são oriundos principalmente de anfibólitos, gnaisses e gnaisses miloníticos dos complexos metamórficos Santa Bárbara (9), Mantiqueira (4) e Belo Horizonte (2). Os dados Pb/Pb (4 amostras) são provenientes de granito (1), granito milonítico (2) e gnaiss milonítico (1) do Complexo Bação.

Inicialmente será apresentada uma síntese dos principais modelos tectônicos propostos para a região do QFe, seguindo-se a apresentação e discussão dos dados geocronológicos dos complexos metamórficos Bonfim e Campo Belo (Tabela 1), Belo Horizonte e Caeté (Tabela 2), Bação (Tabela 3) e Santa Bárbara (Tabela 4), da região meridional do Quadrilátero Ferrífero (Tabela 5) e dos supergrupos Rio das Velhas e Minas, e do Grupo Itacolomi (Tabela 6) (Fig. 1).

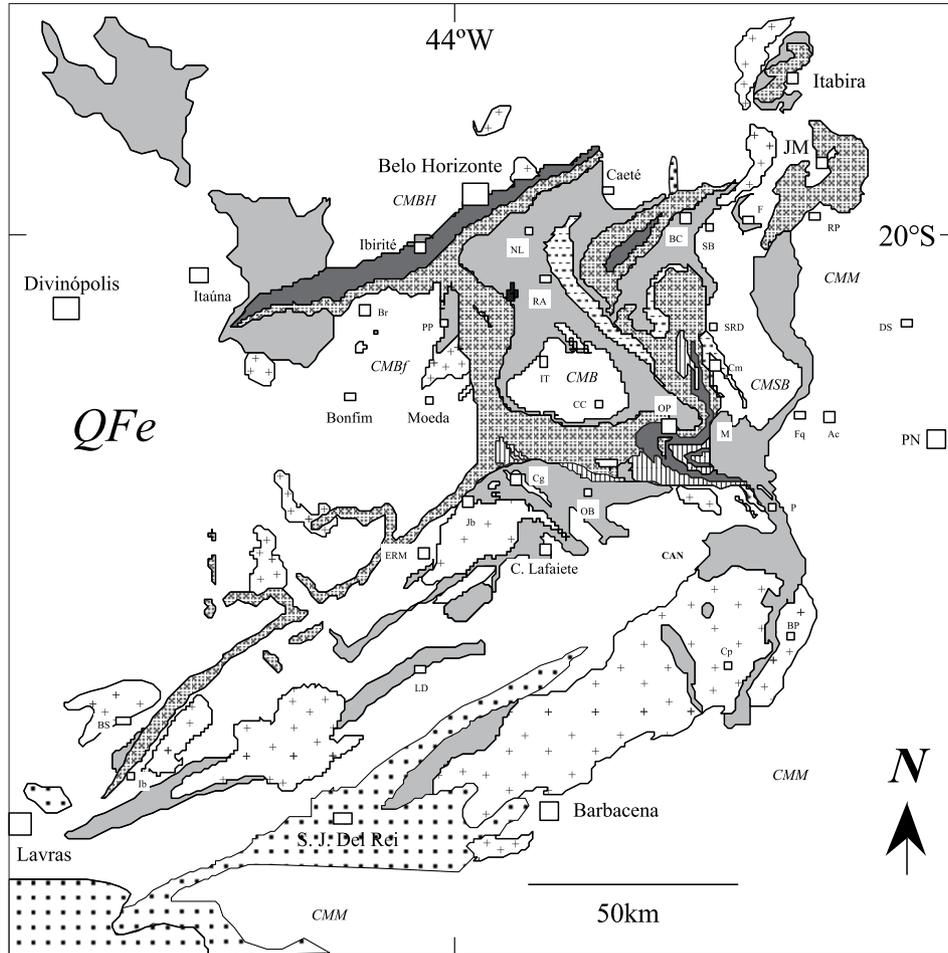
## ARCABOUÇO TECTÔNICO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

No contexto do arcabouço geodinâmico, a região do Quadrilátero Ferrífero, localizada na borda meridional do antepaís brasileiro, o cráton São Francisco, se encontra num cenário de influência de dois cinturões de

cisalhamento dúcteis, com transportes tectônicos centrípetos. Estes elementos tectônicos são a faixa Alto Rio Grande, localizada a sul e a faixa Araçuai, a leste (e.g. Almeida & Hasui 1984, Fuck *et al.* 1993), ambas de idade brasileira. Cinturões mais antigos têm sido identificados recentemente com base na caracterização de suas assina-

turas isotópicas, geoquímicas, petrográficas e estilos deformacionais, a exemplo do cinturão Mineiro situado na borda sul do cráton Paramirim (e.g. Almeida 1981, Teixeira *et al.* 1987a, Noce 1995, Noce & Teixeira 1996) (Fig. 1).

Coube a Guimarães (1951) o estudo pioneiro de síntese sobre a evolução deste segmento do escudo brasileiro



**Figura 1.** Esboço geológico do Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes do escudo Mineiro. Legenda: 1 - Embasamento Arqueano retrabalhado ou não: **CMBf** - Complexo Metamórfico Bonfim, **CMB** - Complexo Metamórfico Bação, **CMM** - Complexo Metamórfico Mantiqueira, **CMBH** - Complexo Metamórfico Belo Horizonte; 2 - Grupo Nova Lima e Barbacena; 3 - Grupo Maquiné; 4 - Supergrupo Minas e Grupo Dom Silvério; 5 - Grupo Sabará; 6 - Grupo Itacolomi; 7 - Granitóides Arqueanos e Paleoproterozóicos; 8 - Supergrupo Espinhaço; 9 - Grupos São João del Rei, Andrelândia e Bambuí (mod. Machado *et al.*, 1983; Schobbenhaus *et al.*, 1984; Soares *et al.*, 1994). **BS** - Bom Sucesso; **lb** - Ibituruna; **LD** - Lagoa Dourada; **ERM** - Entre Rios de Minas; **Jb** - Jeceaba; **Cg** - Congonhas; **Cp** - Cipotânea; **BP** - Brás Pires; **P** - Piranga; **M** - Mariana; **OP** - Ouro Preto; **CC** - Cachoeira do Campo; **IT** - Itabirito; **PP** - Piedade do Paraopeba; **Br** - Brumadinho; **NL** - Nova Lima; **RA** - Rio Acima; **BC** - Barão de Cocais; **SB** - Santa Bárbara; **SRD** - Santa Rita Durão; **Fq** - Furquim; **Ac** - Acaiaca; **PN** - Ponte Nova; **DS** - Dom Silvério; **RP** - Rio Piracicaba; **F** - Florália.

situado na margem sudeste do maciço siálico “Arqui-Brasil”. Segundo o autor, o arcabouço tectônico desta região é resultado de pelo menos cinco fases de deformação: a primeira, de natureza epirogênica; a segunda, orogênica - o evento “Huroniano”; a terceira diastrófica - o evento “Penoqueano”; a quarta, diastrofismo de caráter epirogênico - “Cambriano”; e a quinta fase, diastrofismo relacionado ao ciclo “Caledoniano”.

Para Dorr (1969), o arcabouço tectônico do QFe deve-se a três eventos de deformação. O primeiro evento afetou apenas as unidades do Supergrupo Rio das Velhas, cuja intensidade de deformação aumenta de leste para oeste. Esta polaridade é evidenciada pelas maiores relações angulares de não-conformidade entre as unidades do Supergrupo Rio das Velhas e do Supergrupo Minas. O foco orogênico pré-Minas estaria localizado a W ou SW do Quadrilátero Ferrífero, conforme pode ser evidenciado inclusive pela direção de proveniência dos sedimentos Minas. A extensão e o *trend* deste cinturão não foram ainda definidos.

O segundo evento deformacional ocorreu entre os períodos relativos à sedimentação do Supergrupo Minas e do Grupo Itacolomi. Foi caracterizado como um evento de natureza mais diastrófica do que orogênica, com arqueamentos e soerguimentos de camadas. A erosão do Grupo Piracicaba foi de cerca de 1.000 metros. Para este autor, uma importante atividade tectônica atuou na direção W-SW, durante o intervalo da sedimentação Minas e Itacolomi, conforme sugerida pela presença de conglomerados itabiríticos neste último.

O terceiro evento se processou após a sedimentação do Grupo Itacolomi e envolveu todas as seqüências pré-cambrianas, sendo responsável pelas dobras sinformais e antiformais de eixos N-S, E-W, NE-SW e NW-SE e soerguimento parcial do Complexo Metamórfico Bação. Seguem-se estruturas de rasgamentos e cavalgamentos com transporte para W e NW que, em geral, promovem a inversão dos flancos E e SE das dobras maiores. O encurtamento crustal estimado na direção E-W é da ordem de dezenas de quilômetros, com vetor tectônico dirigido para NW e W.

Marshak & Alkmim (1989) propõem quatro eventos tectônicos pós-Minas para explicar a evolução do arcabouço estrutural do QFe. O primeiro evento de deformação, pós-Minas [D1], de caráter compressional, afetou generalizadamente as rochas do Supergrupo Minas e foi responsável pela formação de estruturas vergentes para NW e desenvolvimento de xistosidade regional em condições metamórficas de facies xisto-verde alto a anfíbolito baixo. A xistosidade [D1] ocupa a posição axial das dobras

em escalas mega a mesoscópicas, de orientações axiais NE-SW e NW-SE. Estas dobras incluem o Sinclinal Gandarela e parte do Sinclinal Ouro Fino, assim como a anticlinal de Conceição. Os autores propõem um modelo estrutural com deformação por dobramentos e empurrões (*fold-thrust belt*). Este evento é relacionado à orogênese Transamazônica. O segundo evento [D2], de idade Uruaçuana e campo compressivo de direção N-S, gerou dobras normais com clivagens de orientação E-W, que redobram a xistosidade [D1], com falhas inversas associadas. Este evento promoveu a acomodação do sinclinal Moeda-Dom Bosco em torno do Complexo Metamórfico Bação. Este estilo de estruturas é característico de deformação em níveis crustais rasos e em condições não metamórficas. Segue-se um evento de extensão crustal [DE], caracterizado por falhamentos normais e colocação de diques máficos no QFe, que teria sido responsável pela formação da bacia Espinhaço. O último evento [D3], de idade brasileira, teria sido responsável pelo desenvolvimento do cinturão de dobramentos do Espinhaço e falhamentos N-S na serra do Caraça. Neste evento, o Complexo Metamórfico Bação (Fig. 1) cavalga as rochas do Supergrupo Minas no flanco leste do sinclinal Moeda. O campo compressivo é dirigido para oeste.

Subseqüente ao evento [D1] de Marshak & Alkmim (1989), Marshak *et al.* (1992) postularam um evento tectônico de caráter extensional, com geração de estruturas do tipo domos e calhas, que foi acompanhado de metamorfismo de contato do Complexo Metamórfico Belo Horizonte com rochas do Grupo Sabará (Fig. 1). A idade deste evento (idade Sm/Nd, em granada, moscovita e rocha total) situa-se ao redor de 2.100 Ma a 2.095 Ma, conforme indicado pelo sistema isotópico Sm/Nd em granadas, moscovitas e rocha total (Alkmim *et al.* 1994, Marshak *et al.* 1997).

Chemale Jr. *et al.* (1992 e 1994) propõem um modelo tectônico com superposição de dois eventos de deformação regional. O primeiro, de caráter extensional, com orientação WNW-ESSE, foi responsável pelo desenvolvimento dos megasinclinais interconectados (Moeda, Dom Bosco, Santa Rita, Gandarela, João Monlevade e Itabira) e soerguimento dos complexos metamórficos do QFe (Fig. 1). Nas zonas de cisalhamento, as condições metamórficas foram em facies xisto-verde baixo, atingindo a facies anfíbolito junto às auréolas dos complexos metamórficos Bonfim e Bação (Fig. 1). Presume-se que este evento tenha atuado entre 2.060 Ma a 2.000 Ma (evento Transamazônico). O segundo evento corresponderia aos episódios de compressão com o campo dirigido para oeste. Este evento é constituído de três fases de deformações progressivas, que são correlacionadas ao evento Brasileiro (650 Ma a 500 Ma). A fase [D1] produz os efeitos mais

penetrativos sob condições metamórficas de facies xisto-verde a anfíbolito. As foliações miloníticas exibem, comumente, uma conspícua lineação de estiramento mineral com caimentos para E, associadas às zonas de cisalhamento, falhas de rasgamento e zonas transcorrentes conjugadas. A fase [D2] é caracterizada pela nucleação de dobras normais com clivagens E-W associadas, sob condições metamórficas de facies xisto-verde. Falhas transcorrentes são também desenvolvidas. A fase [D3] é responsável pelo desenvolvimento de dobras e crenulações N-S, com clivagens e falhas inversas associadas. Os autores postulam também que um evento tectônico pré-Minas (orogenia Rio das Velhas), no intervalo entre 2.780 Ma a 2.703 Ma, teria afetado o Supergrupo Rio das Velhas e rochas granito-gnáissicas. Trata-se de uma orogênese de natureza compressiva com componente direcional dominante.

Para Endo (1997) e Endo & Machado (1998) a arquitetura do QFe e regiões adjacentes na parte Sul do escudo Mineiro é o resultado da superposição de três ciclos geodinâmicos: Jequié, Transamazônico e Brasileiro. O ciclo Jequié (2,78 Ga a 2,56 Ga) consiste de três eventos tectônicos de natureza transpressional. O primeiro evento, do Neo-Arqueano Inferior, corresponde à orogenia Rio das Velhas desenvolvida em regime direcional transpressional N-S, dextral, acompanhado de magmatismo e metamorfismo do Grupo Nova Lima em condições de facies anfíbolito. Os plútons importantes deste magmatismo são: Tonalito Samambaia, granodiorito Mateus Leme, Ibirité e Caeté e o Granito Brumadinho (e.g. Romano 1989, Carneiro 1992, Machado *et al.* 1992, Chemale Jr. *et al.* 1993, Noce 1995). A deposição do Grupo Maquiné e a colocação de enxame de diques máficos de orientação NW-SE de idade 2,66 Ga (Pinese 1997) ocorreram em regime direcional transpressional sinistral. Após este evento segue-se o metamorfismo e deformação do Grupo Maquiné e colocação de plútons graníticos como Salto do Paraopeba, Itabirito e o São Gonçalo do Bação por volta de 2,61 Ga a 2,55 Ga (e.g. Noce 1995, Endo 1997). O ciclo Transamazônico é composto por dois eventos compressionais, cujas idades situam-se por volta de 2,25 Ga e 1,9 Ga. O primeiro possui vergência para S-SW e o segundo para NW. Naquele período, corpos plutônicos expressivos ascenderam à crosta ao longo de descontinuidades crustais como o Alto Maranhão, Ressaquinha, Tabuões, Ritápolis, Lavras, Itutinga e outros. Finalmente, o efeito do ciclo Brasileiro neste segmento crustal está representado, principalmente, por um forte reequilíbrio isotópico no sistema K/Ar, proporcionado pela tectônica de falhas reversas, que ocasionam fatiamentos e soerguimentos de blocos do embasamento.

Embora, aparentemente desconectado da geologia do QFe, os estudos desenvolvidos por Ebert na região sul do estado de Minas Gerais, especialmente no “nó” tectônico de Andrelândia (Ebert 1968 e 1984), trouxe inúmeras contribuições para o entendimento da tectônica da parte meridional do cráton São Francisco. Ebert (1984) foi quem caracterizou pela primeira vez a estrutura sinformal da seqüência Minas encaixada em rochas do complexo metamórfico na região de Bom Sucesso. Tal feição chamou a atenção do autor pela concordância geral entre as estruturas de ambas as unidades. Posteriormente, o entendimento desta relação se mostrou fundamental para a compreensão da estruturação do QFe (e.g. Chemale Jr. *et al.* 1992, Marshak *et al.* 1992).

Além disso, Ebert (1968) definiu a concepção básica do cinturão orogênico “assíntico” na borda meridional do cráton São Francisco que consiste na inter-relação de dois sistemas orogênicos distintos: o sistema *Araxaides* e o sistema *Paraibides*. Estes sistemas delimitam o antepaís assíntico, referência ao qual se daria o transporte tectônico. A divisão estrutural dos *externides* compreende a faixa de Juiz de Fora a Barbacena, constituída por rochas da facies anfíbolítica (subfacies com estauroлита ou cianita) e a faixa do Espinhaço, com suaves dobramentos e falhamentos, constituída por rochas da facies xisto-verde com clorita. A junção destas faixas representaria o limite do antepaís assíntico. A faixa do Espinhaço inclui, além das unidades do Supergrupo Minas, Grupo Itacolomi e unidades arqueanas, as unidades sedimentares neoproterozóicas da bacia do São Francisco.

## ACERVO GEOCRONOLÓGICO

As primeiras idades radiométricas do QFe devem-se a Herz *et al.* (1961) e Herz (1970), obtidas em gnaisses e granitóides dos complexos metamórficos do Quadrilátero Ferrífero, a partir dos métodos K/Ar e Rb/Sr em minerais. Com base nestas idades e nas relações de campo, o autor propõe a seguinte ordem cronológica de eventos:

**E1.** deposição das unidades do Supergrupo Rio das Velhas, de idade superior a 2.700 Ma;

**E2.** intrusão de rochas máficas e ultramáficas em torno de 2.675 Ma;

**E3.** Intrusão do granodiorito Engenheiro Corrêa (Complexo Metamórfico Bação) e Granito Mamona (Complexo Metamórfico Bonfim);

**E4.** deposição dos sedimentos do Supergrupo Minas;

**E5.** atividade de rejuvenescimento ígneo nos complexos metamórficos Bonfim e Bação; intrusão de granitos e granodioritos com xenólitos a norte da Serra do Curral e granitos pós-metamórficos, a leste do QFe, em torno de 1.350 Ma;

**E6.** evento de 1.000 Ma, relaciona-se aparentemente à atividade magmática e anatexia;

**E7.** uma atividade termal a 500 Ma, ou talvez duas, uma a 550 Ma e outra a 450 Ma, resultando em grande perda de argônio, especialmente em micas. Intrusões de pegmatitos, pelo menos na parte oriental do QFe;

**E8.** intrusões de sills de diabásio e corpos gabróticos a 120 Ma.

A partir de então, inúmeras datações radiométricas têm sido realizadas em diversas unidades da parte meridional do cráton São Francisco, com o uso de metodologias de maior poder interpretativo. O somatório destes dados tem possibilitado realizar uma modelagem mais elaborada de processos e eventos tectônicos que atuaram neste segmento crustal. Estes dados e modelos são apresentados em Cordani & Teixeira (1979), Cordani *et al.* (1980a e 1980b), Teixeira (1982 e 1985), Machado *et al.* (1983), Thorpe *et al.* (1984), Delhal & Demaiffe (1985), Fiumari *et al.* (1985), Teixeira *et al.* (1987b), Heilbron *et al.* (1989), Quéméneur & Vidal (1989), Romano (1989), Machado *et al.* (1989, 1992 e 1996), Oliveira & Teixeira (1990), Viana (1991), Carneiro (1992), Machado & Carneiro (1992), Noce (1995), Carneiro *et al.* (1995), Teixeira *et al.* (1996), Figueiredo & Teixeira (1996), Olivo *et al.* (1996), Teixeira & Martins (1996), Marshak *et al.* (1997), Endo (1977) e Endo e Machado (1998).

A seguir, será apresentado um quadro global sintético do acervo radiométrico disponível sobre a área investigada e suas interpretações geocronológicas. Para facilitar a discussão, os dados serão apresentados segundo os domínios tectônicos aqui considerados.

## Domínio do Complexo Metamórfico Bonfim e Adjacências

Carneiro (1992) caracterizou no Complexo Metamórfico Bonfim o principal evento tectono-termal do Arqueano: o evento Rio das Velhas. Este evento teria promovido o reequilíbrio do sistema isotópico em facies anfíbolito do Gnaiss Alberto Flores, por volta de 2.772 Ma, indicado pelas cristalizações e/ou recristalizações de zircões e titanitas. Contemporâneo ao retrabalhamento (metamor-

fismo), ocorreu um plutonismo cálcio-alcálico, que culminou com a colocação do Tonalito Samambaia em crosta sílica. Além disso, o estudo isotópico do núcleo de zircões dos gnaisses Alberto Flores mostrou sua origem a partir de um protólito de idade estimada em 2.920 Ma. Este, por sua vez, registra uma herança isotópica de 3.280 Ma. Um plutonismo intermediário de idade 2.730 Ma é descrito por Machado *et al.* (1989). A evolução deste evento culminou com o plutonismo granítico pós-tectônico ocorrido há 2.703 Ma (Granito Brumadinho, Carneiro 1992). A intrusão do Granito Salto do Paraopeba em 2.612 Ma é interpretada como a manifestação final de magmatismo granítico associado à consolidação da plataforma arqueana (Noce 1995, Tabela 1).

Teixeira *et al.* (1985) reportam, no Complexo Metamórfico Campo Belo, a existência de processos de retrabalhamento crustal de 2.732 Ma, com possível formação de rochas há 2.798 Ma.

A sudoeste deste domínio, no Complexo Granulítico de Passatempo foi caracterizado um evento deformacional e metamórfico em facies granulito por volta de 2.566 Ma (Fiumari *et al.* 1985). Posteriormente, um novo pulso de migmatização e anatexia atingiu as rochas desta região, indicado pela idade convencional Rb/Sr de  $2.243 \pm 64$  Ma ( $R_i = 0,705$ ).

O evento tectono-termal Transamazônico proporcionou o rejuvenescimento isotópico em vastas áreas dos complexos metamórficos Bonfim, Campo Belo e Passatempo, sendo registrado por idades K/Ar e Rb/Sr que oscilam num intervalo de 2.219 Ma a 1780 Ma (Teixeira 1982, Fiumari *et al.* 1985, Carneiro 1992) e intrusões graníticas pós-tectônicas tipo Alto Jacarandá, por volta de 1.900 Ma (Fiumari *et al.* 1985).

Registra-se também a atuação do evento Brasileiro através do rejuvenescimento isotópico do sistema K/Ar em biotitas. A distribuição geográfica das idades brasileiras, no âmbito deste domínio, apresenta tendência de concentração preferencial ao longo de faixas estreitas, principalmente, junto à borda do Complexo Metamórfico Bonfim (Herz *et al.* 1961, Carneiro 1992, Endo 1997).

## Domínio do Complexo Metamórfico Belo Horizonte e adjacências

Neste domínio verifica-se, também, à semelhança do que ocorre no Complexo Metamórfico Bonfim, a atuação do evento Rio das Velhas através do plutonismo granítico de Caeté (2.776 Ma). Magmatismo tardio, correspondendo

Tabela 1. Acervo geocronológico dos complexos metamórficos Bonfim, Campo Belo e regiões adjacentes.

Proveniência	Litotipo	Método	Mineral	Idade(Ma) (RI)	Interpretação	Local	Referência
Complexo Metamórfico Bonfim	Granito Mamona	K/Ar	Bio	740	Refr	IR223F	Endo (1997)
	Gnaiss Alberto Flores	U/Pb	Zir	2.772±6 (is)	Metam	DJ 8	Carneiro (1992)
	Gnaiss Alberto Flores	U/Pb	Zir	2.920 (n)	Protól 2	DJ 8	Carneiro (1992)
	Gnaiss Alberto Flores	U/Pb	Zir	3.280 (is)	Protól 1	DJ 8	Carneiro (1992)
	Gnaiss Alberto Flores	Rb/Sr	RT	2.219±80 (0,707)	Rejuv	DJ 8	Carneiro (1992)
	Gnaiss Alberto Flores	K/Ar	Bio	536±12	Rejuv	IL5	Carneiro (1992)
	Tonalito Samambaia	U/Pb	Zir	2.780+3/-2	Crist	NL7	Carneiro (1992)
	Tonalito Samambaia	Pb/Pb	Tit	2.774±6	Crist	MN10	Carneiro (1992)
	Tonalito Samambaia	K/Ar	Bio	1.166±31 a 715±36	Rejuv	MN10	Carneiro (1992)
	Granito Brumadinho	U/Pb	Zir	2.703+24/20(is)	Crist	DJ8	Carneiro (1992)
	Granito Brumadinho	Rb/Sr	RT	2.162±44 (0,70715)	Rejuv	DJ8 e MN10	Carneiro (1992)
	Anfibolito Paraopeba	K/Ar	Horn	2.157±80	Resfr Trans	AK7	Carneiro (1992)
	Anfibolito Paraopeba	K/Ar	Horn	2.022±72	Resfr Trans	BN2	Carneiro (1992)
	Anfibolito Paraopeba	K/Ar	Horn	2.067±34	Resfr Trans	CL7	Carneiro (1992)
	Anfibolito Paraopeba	K/Ar	Horn	1.972±73	Resfr Trans	CN5	Carneiro (1992)
	Anfibolito Paraopeba	K/Ar	Horn	1930±31	Resfr Trans	EK9	Carneiro (1992)
	Anfibolito Paraopeba	K/Ar	Horn	1991±46	Resfr Trans	FN1	Carneiro (1992)
	Granito-Gnaiss	K/Ar	Bio	550	Ev Termal	HA13	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Granito-Gnaiss	K/Ar	Bio	514	Ev Termal	HA21	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Granito-Gnaiss	K/Ar	Bio	493	Ev Termal	HA33	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Granito-Gnaiss	K/Ar	Bio	462	Ev Termal	HA24	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Granito-Gnaiss	K/Ar	Bio	790	Ev Termal	HA26	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Granito-Gnaiss	K/Ar	Bio	600	Ev Termal	HA23	Herz <i>et al.</i> (1961)
Granodiorito Mamona	U/Pb	Zirc	2.730±10(is?)	Cristal	11	Machado <i>et al.</i> (1989a e 1992)	
Granito Salto Paraopeba	U/Pb	Zirc	2.612±5(is)	Cristal	N26	Noce (1995)	
Complexo Metamórfico Campo Belo	Granito Bom Sucesso	Rb/Sr	RT	2.700 (0,7015)	Rehom Trans	QV1	Quéménér & Vidal (1989)
	Granito Bom Sucesso	Rb/Sr	RT	2.400 (0,7015)	Rehom Trans	QV1	Quéménér & Vidal (1989)
	Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	1.998±60	Resfr Trans	WT7	Teixeira (1982)
	Horn-Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	2.041±61	Resfr Trans	WT8	Teixeira (1982)
	Metab	K/Ar	Plag	2.141±64	Resfr Trans	WT9	Teixeira (1982)
	Gnaiss	K/Ar	Bio	1.763±82	Resfr Trans	WT12a	Teixeira (1982)
	Anfibolito	K/Ar	Anfib	2.077±62	Resfr Trans	WT12b	Teixeira (1982)
	Horn-Bio Gnaiss	K/Ar	Horn	2.161±162	Resfr Trans	WT17a	Teixeira (1982)
	Bio-Horn Gnaiss	K/Ar	Bio	1.996±60	Resfr Trans	WT17a1	Teixeira (1982)
	Bio-Horn Gnaiss	Pb/Pb	RT	2.732±20	Retrab	WT17a1	Teixeira <i>et al.</i> (1985)
	Bio-Horn Gnaiss	Tf	Apa	μ1=8,11±0,12 836±60	Resfr	WT17a1	Teixeira <i>et al.</i> (1985)
	Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	1.789±54	Resfr Trans	WT19	Teixeira (1982)
	Bio Gnaiss	Pb/Pb	RT	2.732±20	Retrab	WT19	Teixeira <i>et al.</i> (1985)
	Bio Gnaiss	Tf	Apa	μ1=8,11±0,12 401±48	Resfr	WT19	Teixeira <i>et al.</i> (1985)
	Migmatito	K/Ar	Anfib	1.826±24	Resfr Trans	PS17p	Teixeira (1982)
	Horn-Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	1.926±58	Resfr Trans	WT17c	Teixeira (1982)
	Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	2.144±64	Resfr Trans	WT18	Teixeira (1982)
	Horn-Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	1.954±59	Resfr Trans	WT14	Teixeira (1982)
	Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	1.896±60	Resfr Trans	WT15	Teixeira (1982)
	Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	1.999±60	Resfr Trans	WT16	Teixeira (1982)
	Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	1.917±57	Resfr Trans	WT21	Teixeira (1982)
	Bio Gnaiss	K/Ar	Bio	1.848±55	Resfr Trans	WT24	Teixeira (1982)
	Gnaiss	K/Ar	Bio	1.729±52	Resfr Trans	WT25	Teixeira (1982)
Gnaiss	K/Ar	Bio	1.767±50	Resfr Trans	MG381	Teixeira (1982)	
Gnaiss	K/Ar	Bio	1.858±57	Resfr Trans	WT22	Teixeira (1982)	
Gnaiss	Rb/Sr	RT	2.798±73(isóc), (0,70016)	Material Juvenil?	WT22	Teixeira <i>et al.</i> (1985)	
Complexo Granitoanulítico Passatempo	Granulitos	Rb/Sr	RT	2.566±53(isóc), (0,70624)	Retro	AP17/18	Fiumari <i>et al.</i> (1985)
	Granito Alto Jacarandá	Rb/Sr	RT	1.900±108(isóc), (0,70955)	Pluton	AP15	Fiumari <i>et al.</i> (1985)
	Anfibolito	K/Ar	Anfib	2.005±60	Resfr Trans	AP25	Fiumari <i>et al.</i> (1985)
	Gnaiss	K/Ar	Bio	1.845±55	Resfr Trans	AP22	Fiumari <i>et al.</i> (1985)
	Enderbitito	K/Ar	Bio	1.780±54	Resfr Trans	AP24	Fiumari <i>et al.</i> (1985)

Abreviações: **Anfib** - Anfibolito; **Apa** - Apatita; **Bio** - Biotita; **Horn** - Hornblenda; **Zir** - Zircão; **Plag** - Plagioclásio; **Rut** - Rutilo; **Tit** - Titanita; **Cristal** - Cristalização; **RT** - Rocha Total; **Ev** - Evento; **Pluton** - Plutonismo; **Protól** - Protólito; **Reat** - Reativação; **Rehom** - Rehomogeneização; **Rejuv** - Rejuvenescimento; **Retromet** - Retrometamorfismo; **Resfr** - Resfriamento; **Retra** - Retrabalamento; **RI** - Razão Inicial; **isóc** - Isócrona; **ii** - Intercepto Inferior; **is** - Intercepto Superior; **Crist** - Cristalização; **Metam** - Metamorfismo; **Metab** - Metabasito; **Milon** - Milonitizado; **Trans** - Transamazônico.

à etapa final de estabilização da crosta arqueana, é representado pelo Granito Santa Luzia (2.712 Ma) (Machado *et al.* 1989, Machado & Noce 1993, Noce 1995). Contexto similar é encontrado a oeste deste domínio, na região de Pitangui, onde Romano (1989) caracterizou dois corpos granitóides: o Granodiorito Caio Martins, de idade 2.755 Ma, e o Granito Mateus Leme, de idade 2.593 Ma (Tabela 2).

Noce (1995) caracterizou, no Complexo Metamórfico Belo Horizonte, um evento de migmatização principal com idade de 2.860 Ma. Frações de zircões de um mobilizado félsico do Gnaiss Belo Horizonte, com componente herdado, apresentaram idade mínima de 2.922 Ma. Adicionalmente, verificou-se ainda no Gnaiss Belo Horizonte uma homogeneização isotópica principal no sistema Rb/Sr por volta de 2.630 Ma.

O ciclo Transamazônico se manifesta através do retrabalhamento dos litotipos deste domínio, cujo auge metamórfico é registrado pela idade de titanitas em 2.041 Ma (Noce 1995), pelo retrabalhamento do Grano-

diorito Caeté entre 2.300 Ma e 2000 Ma (Oliveira & Teixeira 1990) e pelo reequilíbrio isotópico do sistema Rb/Sr em torno de 1963 Ma a 1864 Ma (Romano 1989). O processo de resfriamento marca o estágio final deste ciclo em torno de 1798 Ma a 1745 Ma.

O ciclo Brasileiro não afetou de forma generalizada o sistema isotópico na região, tendo sido registrada apenas uma manifestação no Granito Morro da Pedra com idade K/Ar de 800 Ma a 895 Ma (Herz *et al.* 1961). Registros do Paleo e Mesoproterozóico foram obtidos em gnaisses do Complexo Metamórfico Belo Horizonte e no granodiorito Caeté (Endo 1997).

## Complexo Metamórfico Bação

Os dados radiométricos disponíveis sobre o Complexo Metamórfico Bação são escassos (Tabela 3). A manifestação do magmatismo granítico arqueano está registrada em

Tabela 2. Acervo geocronológico dos complexos metamórficos Belo Horizonte e Caeté.

Proveniência	Litotipo	Método	Mineral	Idade(Ma) (RI)	Interpretação	Local	Referência
Complexo Metamórfico Belo Horizonte	Gnaiss Belo Horiz/	K/Ar	Bio	1.134	Resfr	IR402D	Endo (1997)
	Gnaiss Belo Horiz/	K/Ar	Anf	2.018	Resfr	IR402D	Endo (1997)
	Gnaiss Belo Horiz/	U/Pb	Zir	2.860+14/-10	Mig	N33B	Noce (1995)
	Gnaiss Belo Horiz/	U/Pb	Tit	2.041±5(ii)	Mig	N33A	Noce (1995)
	Gnaiss Belo Horiz/	Rb/Sr	RT	2.619±65 (0,70625)	Ev Neo-Arque		Noce (1995)
	Gnaiss Belo Horiz/	Rb/Sr	RT	2.630±166 (0,7014)	Ev Neo-Arque		Teixeira <i>et al.</i> (1996)
	Gnaiss Belo Horiz/	K/Ar	Bio	1.798±96	Resfr Trans	N33G	Noce (1995)
	Granito Santa Luzia	U/Pb	Zir	2.712+5/-4(is)	Crist	N57	Noce (1995)
	Granito Santa Luzia	U/Pb	Tit	2.050	Met	N57	Noce (1995)
	Granito Cór. do Brumado	U/Pb	Mon	2.045 (conc)	Crist	N4	Noce (1995)
	Granito Morro da Pedra	Pb/Pb	K-Feld	2.227±490	Crist	N34	Noce (1995)
	Granito Morro da Pedra	K/Ar	Bio	895		HA15	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Granito Morro da Pedra	K/Ar	Bio	800		HA15	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Granito Gal Carneiro	Rb/Sr	RT	1.740±53	Reat Mesoprot	N41	Noce (1995)
	Granito Gal Carneiro	U/Pb	Zir	2.698±18	Crist		Chemale Jr <i>et al.</i> (1993)
Granod Ibirité	U/Pb	Zir	2.698±18	Crist	CBS	Chemale Jr <i>et al.</i> (1993)	
NW do Quadrilátero Ferrífero	Granod Caio Martins	U/Pb	Zir	2.593+18/-19(is)		CM1	Romano (1989)
	Granod Caio Martins	K/Ar	Bio	1.773±57		CM1	Romano (1989)
	Granod Caio Martins	Rb/Sr	RT+Bio	1.864 (0,7051)		CM1	Romano (1989)
	Granito Mateus Leme	U/Pb	Zir	2.755+14/-13(is)		MD1	Romano (1989)
	Granito Mateus Leme	K/Ar	Bio	1.745±64		MD1	Romano (1989)
	Granito Mateus Leme	Rb/Sr	RT+Bio	1.963 (0,7394)		MD1	Romano (1989)
Complexo Metamórfico Caeté	Granito	K/Ar	Bio	1.225	Resfr	IR438C	Endo (1997)
	Granod Caeté	U/Pb	Zir	2.776+7/-6(is)	Crist	2	Machado <i>et al.</i> (1989a e 1992)
	Granod Caeté, Baixo Strain	Rb/Sr	RT	2.250±124	Metam	BO2	Oliveira & Teixeira (1990)
	Granod Caeté Milon	Rb/Sr	RT	2.130±101	Metam	BO1	Oliveira & Teixeira (1990)
	Granod Caeté Milon	U/Pb	Rut	2.000 a 2.300	Metam	BO1	Oliveira & Teixeira (1990)

**Abreviações:** Granod - Granodiorito; Bio - Biotita; Anf - Anfibólio; Zir - Zircão; Tit - Titanita; Mon - Monazita; Rut - Rutilo; K-Feld - Feldspato potássico; RT - Rocha Total; Ev - Evento; Resfr - Resfriamento; RI - Razão Inicial; Conc - Concentrado; ii - Intercepto Inferior; is - Intercepto Superior; Mig - Migmatização; Crist - Cristalização; Metam - Metamorfismo; Milon - Milonitizado; Arque - Arqueano; Trans - Transamazônico; Mesoprot - Mesoproterozóico; Cór. - Córrego; Gal - General.

Tabela 3. Acervo geocronológico do Complexo Metamórfico Bação.

Proveniência	Litotipo	Método	Mineral	Idade(Ma)	Interpretação	Local	Referência
Complexo Metamórfico Bação	Roc Granítica	K/Ar	Bio	2.440	Resfr	HA4	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Roc Granítica	K/Ar	Bio	2.510	Resfr	HA4	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Roc Granítica	K/Ar	Bio	2.310	Resfr	HA4	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Roc Granítica	K/Ar	Bio	870	Resfr	HA29	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Roc Granítica	K/Ar	Bio	760	Resfr	HA3	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Roc Granítica	K/Ar	Bio	740	Resfr	HA25	Herz <i>et al.</i> (1961)
	Anfibolito	U/Pb	Tit	2.059± (conc)	Metam	13	Machado <i>et al.</i> (1989a e 1992)
	Pegmatito	U/Pb	Mon	2.030(1,35%disc)	Cristal	13	Machado <i>et al.</i> (1989a e 1992)
	Pegmatito	U/Pb	Mon	2.022(4%disc)	Cristal	15	Machado <i>et al.</i> (1989a e 1992)
	Granito Porf	U/Pb	Zir	2570 (is)	Idade do Mag	JD130	Delhal & Demaiffe (1985)
	Granito Fino	U/Pb	Zir+Tit	2820 (is)	Idade mín do CMB	JD131	Delhal & Demaiffe (1985)
	Granito Milon	Pb/Pb	Zir	2.567±8	Idade mín de Cristal	BRZ7	Endo (1997)
	Granito	Pb/Pb	Zir	2.555±24	Idade mín de Cristal	BRZ8	Endo (1997)
	Gnaiss Milon	Pb/Pb	Zir	2.972±56	Idade mín de Cristal	BRZ4/3	Endo (1997)
	Gnaiss Milon	Pb/Pb	Zir	2.682±43	Idade mín de Cristal	BRZ19	Endo (1997)
	Dique Máfico	U/Pb	Bad	1.714±5	Idade do Mag		Silva <i>et al.</i> (1995)

**Abreviações:** Roc - Rocha; Bad - Badeleita; Bio - Biotita; Mon - Monazita; Zir - Zircão; Tit - Titanita; Cristal - Cristalização; Resfr - Resfriamento; conc - Concordante; disc - Discordante; ii - Intercepto Inferior; is - Intercepto Superior; Crist - Cristalização; Metam - Metamorfismo; Milon - Milonitizado.

plútons e diques, cujas idades variam de 2.972 Ma a 2.555 Ma (Endo 1997). Machado *et al.* (1989) determinaram idades transamazônicas para os processos metamórficos e de fusão parcial, que atuaram na região SE deste complexo. Este evento ocorreu no intervalo de 2.022 Ma a 2.059 Ma.

Herz *et al.* (1961) apresentaram idades K/Ar em biotitas muito antigas para o Granodiorito Engenheiro Corrêa, com valores de 2.510 Ma a 2.310 Ma. Diques máficos de idade 1.714 Ma cortam os gnaisses do Complexo Metamórfico Bação (Silva *et al.* 1995).

## Complexo Metamórfico Santa Bárbara e Adjacências

Esta região é deficiente em estudos isotópicos com maior valor interpretativo. Um grande número de determinações isotópicas são disponíveis pelas metodologias K/Ar e Rb/Sr, havendo apenas uma determinação isotópica Pb/Pb (Tabela 4).

Mesmo assim, os resultados obtidos por Teixeira *et al.* (1987a) no Complexo Metamórfico Acaiaca demonstram, inequivocamente, com base em estudos isotópicos Rb/Sr e Pb/Pb, a existência de um importante evento de retrabalhamento crustal em condições de facies granulito, por volta de 2.000 Ma. As inferências geotermobarométricas são decrescentes de oeste, região de Acaiaca, para leste, região de Ponte Nova e Abre Campo, com tem-

peraturas de recristalização metamórfica de 700° e 900°C e pressões entre 5,6 Kbar e 8 Kbar a 8 Kbar e 10 Kbar (Evangelista 1985).

A atuação do ciclo Brasileiro neste domínio registra-se, fundamentalmente, por processos associados aos fenômenos de resfriamento crustal. As idades K/Ar em biotita oscilam entre 810 Ma a 470 Ma e, em anfibólio, entre 804 Ma a 502 Ma (Herz *et al.* 1961, Cordani *et al.* 1980a e 1980b, Endo 1997).

## Região Meridional do Quadrilátero Ferrífero

O domínio meridional da área investigada parece constituir o palco do evento Transamazônico. Várias determinações isotópicas Rb/Sr convergem para o intervalo 2.212 Ma a 1.932 Ma (Heilbron *et al.* 1989, Quéméneur & Vidal 1989, Viana 1991, Noce 1995, Figueiredo & Teixeira 1996, Teixeira & Martins 1996) (Tabela 5). Este evento manifesta-se também através de um plutonismo cálcio-alcálico, com a intrusão de diversos batólitos graníticos como Alto Maranhão, Tabuões, Ritápolis, Campolide e Ressaquinha (Quéméneur & Vidal 1989, Viana 1991, Noce 1995).

A idade modelo Sm/Nd (TDM) para o batólito Alto Maranhão é de 2.110 Ma, com  $\epsilon_{Nd}$  positivo (+2,45), calculado para a idade de cristalização em torno de 2.124 Ma.

Tabela 4. Acervo geocronológico do Complexo Metamórfico Santa Bárbara e adjacências.

Proveniência	Litotipo	Método	Mineral	Idade(Ma)	Interpretação	Local	Referência
Complexo Metamórfico Santa Bárbara	Anfibolito	K/Ar	Bio	544	Resfr	IR458B	Endo (1997)
	Anfibolito	K/Ar	Anf	595	Resfr	IR458B	Endo (1997)
	Anfibolito	K/Ar	Bio	598	Resfr	IR380B	Endo (1997)
	Granito	K/Ar	Mos	470	Resfr	IR455D	Endo (1997)
	Gnaiss milon	K/Ar	Bio	571	Resfr	IR378C	Endo (1997)
	Gnaiss milon	K/Ar	Anf	648	Resfr	IR378C	Endo (1997)
	Gnaiss milon	K/Ar	Bio	485	Resfr	IR380C	Endo (1997)
	Gnaiss milon	K/Ar	Bio	485	Resfr	IR380C	Endo (1997)
	Quartzito	K/Ar	Mos	470	Resfr	IR273E	Endo (1997)
	Gnaiss	K/Ar	Bio	541±16	Aquec Reg	VR9	Cordani <i>et al.</i> (1980a)
	Granítico						
	Gnaiss	K/Ar	Bio	516±22	Aquec Reg	VR10	Cordani <i>et al.</i> (1980a)
	Granítico						
	Gnaiss	K/Ar	Bio	502±15	Aquec Reg	VR19*	Cordani <i>et al.</i> (1980a)
	Granítico						
	Para-Anfibolito	K/Ar	Anf	510±16	Aquec Reg	VR11	Cordani <i>et al.</i> (1980a)
	Para-Anfibolito	K/Ar	Anf	543±32	Aquec Reg	VR27*	Cordani <i>et al.</i> (1980a)
	Orto-Anfibolito	K/Ar	Anf	534±48	Aquec Reg	VR5	Cordani <i>et al.</i> (1980a)
	Orto-Anfibolito	K/Ar	Anf	804±35	Aquec Reg	VR48	Cordani <i>et al.</i> (1980a)
	VR5/VR9/HR5	Rb/Sr	RT	2.000 (isóc) RI=0,711	Ev Trans	HR5/VR9	Cordani <i>et al.</i> (1980a)
Rocha Granítica	K/Ar	Bio	810	Ev Term	HA19	Herz <i>et al.</i> (1961)	
Rocha Granítica	K/Ar	Bio	473	Ev Term	HA10	Herz <i>et al.</i> (1961)	
Rocha Granítica	K/Ar	Bio	463	Ev Term	HA10	Herz <i>et al.</i> (1961)	
Rocha Granítica	K/Ar	Bio	460	Ev Term	HA6	Herz <i>et al.</i> (1961)	
Rocha Granítica	K/Ar	Bio	500	Ev Term	HA7	Herz <i>et al.</i> (1961)	
Complexo Granulítico Acaiaca	Granulito	Rb/Sr	R T	1.991±42 RI=0,7061	Retrab Crustal Fácies Granulito	HE	Teixeira <i>et al.</i> (1987)
	Granulito	Pb/Pb	R T	1.996±425/-600 $\mu 1=8,6±0,1$		HE	Teixeira <i>et al.</i> (1987)

**Abreviações:** Roc - Rocha; Anf - Anfibólito; Bio - Biotita; RT - Rocha Total; Aquec - Aquecimento; Ev - Evento; Resfr - Resfriamento; Reg - Regional; Retrab - Retrabalhamento; Term - Termal; RI - Razão Inicial; Isóc - Isócrona; Milon - Milonitizado.

Este valor é interpretado como sendo a idade de extração do manto (Noce 1995).

Teixeira & Martins (1996) encontraram o mesmo componente mantélico para o granitóide Tabuões, com  $\epsilon_{Nd}$  de + 0,13 e idades modelo de 2.360 Ma. Em contraste, os valores de  $\epsilon_{Nd}$  são negativos para os granitóides Ritápolis e Ressaquinha, indicando componente de derivação crustal.

O ciclo Brasileiro provocou o desequilíbrio isotópico localizado do sistema Rb/Sr e rejuvenescimento parcial do sistema K/Ar no batólito Alto Maranhão (Noce 1995). Sob uma perspectiva regional do Cráton São Francisco, Teixeira & Canzian (1994) verificaram, neste setor, que o padrão de idades K/Ar exibido pela infra-estrutura do antepaís é muito semelhante aos dos cinturões neoproterozóicos adjacentes (Alto Rio Grande e Araçuaí). Isto significa, na visão dos autores, que os episódios tectônicos do ciclo Brasileiro chegaram a envolver as rochas do embasamento das bordas do antepaís. No Complexo Metamórfico

Mantiqueira, o resfriamento crustal relacionado ao evento Brasileiro é registrado pelas idades K/Ar em biotita, com valores entre 891 Ma a 514 Ma e, em anfibólito, entre 651 Ma a 507 Ma (Figueiredo & Teixeira 1996, Teixeira & Martins 1996, Endo 1997) (Tabela 5).

## Rochas Supracrustais do Quadrilátero Ferrífero

Thorpe *et al.* (1984) apresentam idades modelo de galenas de depósitos auríferos do Supergrupo Rio das Velhas, situadas a norte do QFe. As idades situam-se no intervalo de 2.710 Ma a 1.935 Ma, com concentração em torno de 2.550 Ma e 2.415 Ma (Tabela 6). Na concepção dos autores, estes valores revelam não somente a idade arqueana para o Supergrupo Rio das Velhas, como também a superposição de processos tectônicos do Proterozóico.

Tabela 5. Acervo geocronológico da região meridional do Quadrilátero Ferrífero.

Proveniência	Litotipo	Método	Mineral	Idade(Ma)	Interpretação	Local	Referência
SW do Quadrilátero Ferrífero	Granodiorito Lavras	Rb/Sr	RT	1.982±134(isoc), ri=0,7041	Crist e indícios Rejuv.	LAV1	Heilbron <i>et alii</i> (1989)
	Granodiorito Lavras	K/Ar	Bio	595±18		LAV1	Heilbron <i>et alii</i> (1989)
	Granito Tabuões	Rb/Sr	RT	1.932±20(isoc), ri=0,7025		QV2	Quéménér & Vidal (1989)
	Granito Tabuões	Rb/Sr	RT	2.249±75(isoc), ri=0,701732		GP95-3	Teixeira & Martins (1996)
	Granito Tabuões	Sm/Nd	RT	2.360 C <sub>Nd</sub> =+0,13	Extr manto	GP95-3	Teixeira & Martins (1996)
	Granito Ritópolis	K/Ar	Bio	598	Resfr	GP95-2	Teixeira & Martins (1996)
	Granito Ritópolis	Rb/Sr	RT	1.864±44, ri=0,7584		GP95-2	Teixeira & Martins (1996)
	Granito Ritópolis	Sm/Nd TDM)	RT	3.140 C <sub>Nd</sub> =-6,98	Retrab	GP95-2	Teixeira & Martins (1996)
	Dique Máfico	Sm/Nd	RT	2.660	Mag		Pinese (1997)
	Complexo Ressaquinha	Rb/Sr	RT	2.010±53, ri=0,7086		GP95-5	Teixeira & Martins (1996)
Complexo Ressaquinha	Sm/Nd (TDM)	RT	2.250 C <sub>Nd</sub> =-1,66	Retrab	GP95-5	Teixeira & Martins (1996)	
Complexo Ressaquinha	Rb/Sr	RT	1.974±51, ri=0,70848		HV53	Viana (1991)	
Gnaiss Campolide	Rb/Sr	RT	1.998±17, ri=0,71568		HV363	Viana (1991)	
Batólito Alto Maranhão	U/Pb	Zirc+Tit	2.124±2(is)	Cristal	N22 e N18	Noce (1995)	
Batólito Alto Maranhão	Sm/Nd (TDM)	RT	2.110±57, C <sub>Nd</sub> =+2,54	Extr manto	N18	Noce (1995)	
Batólito Alto Maranhão	Rb/Sr	RT	484±37	Reequil. isot	N22	Noce (1995)	
Batólito Alto Maranhão	K/Ar	Bio	1.000±22	Rejuv parcial	N21	Noce (1995)	
Batólito Alto Maranhão	K/Ar	Bio	730±25	Rejuv parcial	N22A	Noce (1995)	
Batólito Alto Maranhão	K/Ar	Bio	1004	Resfr	IR423C	Endo (1997)	
Sul do Quadrilátero Ferrífero	Gnaiss	K/Ar	Bio	580±12	Resfr Bras	11	Figueiredo & Teixeira (1996)
	Anfibolito	K/Ar	Hor	535±13	Resfr Bras	14	Figueiredo & Teixeira (1996)
	Anfibolito	K/Ar	Bio	524±19	Resfr Bras	14	Figueiredo & Teixeira (1996)
	Gnaiss	Rb/Sr	RT	2.144±175, ri=0,7121	Retrab crustal	14	Figueiredo & Teixeira (1996)
	Gnaiss Mig	Rb/Sr	RT	2.212±64, ri=0,70492	Retrab	22	Figueiredo & Teixeira (1996)
	Gnaiss	K/Ar	Bio	502±19	Resfr	22	Figueiredo & Teixeira (1996)
	Sienito Alto Ubari	Rb/Sr	RT	2.233±47(isoc), ri=0,70274	Retrab	27	Figueiredo & Teixeira (1996)
	Sienito Alto Ubari	K/Ar	Anf	651	Resfr. Bras	GP95-6	Teixeira & Martins (1996)
	Sienito Alto Ubari	K/Ar	Bio	637	Resfr. Bras	GP95-7	Teixeira & Martins (1996)
	Sienito Alto Ubari	K/Ar	Bio	891	Resfr. Bras	GP95-8	Teixeira & Martins (1996)
Complexo Metamórfico Mantiqueira	Gnaiss Piedade	K/Ar	Bio	477	Resfr	IR400A	Endo (1997)
	Gnaiss Piedade	K/Ar	Anf	507	Resfr	IR400A	Endo (1997)
	Anfibolito	K/Ar	Bio	514	Resfr	IR406B	Endo (1997)
	Anfibolito	K/Ar	Anf	550	Resfr	IR406B	Endo (1997)

Abreviações: Anf - Anfibólito; Bio - Biotita; Hor - Homblenda; Zir - Zircão; Tit - Titanita; Cristal - Cristalização; Equil - Equilíbrio; Extr - Extração; Mag - Magmatismo; Mig - Migmatização; Reequil - Reequilíbrio; RT - Rocha Total; Rejuv - Rejuvenescimento; Retrab - Retrabalramento; RI - Razão Inicial; Isoc - Isocrona; Bras - Brasileiro.

Tabela 6. Acevo geocronológico das rochas supracrustais do Quadrilátero Ferrífero.

Proveniência	Litotipo	Método	Mineral	Idade(Ma)	Interpretação	Local	Referência
Super Grupo Rio das Velhas	Vulcânica Ácida	U/Pb	Zir	2.776±23/-10 (is)	Crist	4	Machado <i>et al.</i> (1989 e 1992)
	Vulcânica Félsica	U/Pb	Zir	3.029±6(au)	Protól	5	Machado <i>et al.</i> (1989 e 1992)
	Vulcânica Félsica	U/Pb	Zir	2.772±6 (conc)	Idade vulc	Pied. Paraop.	Machado <i>et al.</i> (1992)
	Turbidito	LP-ICPMS	Zir	3.539 a 2.857	Idade Min Sed	Nova Lima	Schrank & Machado (1996)
	Turbidito	LP-ICPMS	Zir	2.777 a 2.771	Idade Min Sed	Nova Lima	Schrank & Machado (1996)
	Quartzito	LP-ICPMS	Zir	3.261 a 2.877	Idade Min Sed	Nova Lima	Schrank & Machado (1996)
	Quartzito	K/Ar	Mosc	407±12	Rejuv Bras	VR601	Cordani <i>et al.</i> (1980b)
	Quartzito	K/Ar	Mosc	491±12	Rejuv Bras	VR77	Cordani <i>et al.</i> (1980b)
	Quartzito	K/Ar	Mosc	483±12	Rejuv Bras	VR432	Cordani <i>et al.</i> (1980b)
	Veto Qzo-Felds	U/Pb	Mon	596	Reat	N73	Noce (1995)
	Clor-Gran xisto	Sm/Nd	RT-Mosc-Gr	575 (isoc) C <sub>Nd</sub> = -20,0	Metam	BZ09	Brueckner <i>et al.</i> (2000)
	Gpo Nova Lima	Pb/Pb	Gal	2.710	Idade Miner	TQ82-148	Thorpe <i>et al.</i> (1984)
	Gpo Nova Lima	Pb/Pb	Gal	1.935	Rem	TQ83-37	Thorpe <i>et al.</i> (1984)
	Gpo Nova Lima	Pb/Pb	Gal	2.409	Rem	TQ83-5	Thorpe <i>et al.</i> (1984)
Gpo Nova Lima	Pb/Pb	Gal	2.575	Rem	TQ82-146	Thorpe <i>et al.</i> (1984)	
Gpo Nova Lima	Pb/Pb	Gal	2.493	Rem	TQ82-147	Thorpe <i>et al.</i> (1984)	
Gpo Nova Lima	Pb/Pb	Gal	2.425	Rem	TQ83-38	Thorpe <i>et al.</i> (1984)	
Gpo Nova Lima	Pb/Pb	Gal	2.551	Rem	TQ83-39	Thorpe <i>et al.</i> (1984)	
Fm Sabará, Metagrau	U/Pb	Zir	2.125±4 (conc)	Idade Máx Depos	SAB1	Machado <i>et al.</i> (1989 e 1992)	
Fm Sabará, Mica Xisto	Sm/Nd	RT-Mosc-Gra	2.095±65 e 2.100 isoc.	Metam	GT59A	Machado <i>et al.</i> (1996)	
Fm Sabará, Mica Xisto	Sm/Nd	RT-Mosc-Gra	2.098±33 (isoc)	Metam	GT59B	Marshak <i>et al.</i> (1997), Alknnim <i>et al.</i> (1994)	
Fm Gandarela - Mármm	Pb/Pb	RT	C <sub>Nd</sub> = -1,0	Dep	MB1	Brueckner <i>et al.</i> (2000)	
Gpo Piracicaba - Mármm	Pb/Pb	RT	2.420±25 (isoc)	Metam Trans	MB2	Babinski <i>et al.</i> (1991 e 1995)	
Pegmatito Salto	Pb/Pb	Hor	2.050±230 (isoc)	Cristal	N27	Babinski <i>et al.</i> (1991 e 1995)	
Pegmatito Salto	Pb/Pb	Hor	2.236±200	Metam ou Alt Hidro	N27	Noce (1995)	
Pegmatito Salto	U/Pb	Zir	1.805±110	Idade Crist	N27	Noce (1995)	
Pegmatito na Fm Moeda	Pb/Pb	Zir	2.612±3/-2	Idade Min cristal	BRZ21/17	Noce (1995)	
Anfibolito	Pb/Pb	Hor+Ilm	2.608±24	Metam	58	Endo (1997)	
Itabirito	Pb/Pb	Hem+Our+Qzo	2.660±27 (isoc), μ1=8;35	Metam	210-7/20b	Olivo <i>et al.</i> (1996)	
Quartzito	Pb/Pb	Zir Detr	1.830±10	Metam	ITAC3	Olivo <i>et al.</i> (1996)	
Quartzito	LA-ICPMS	Zir Detr	Moda 2.700-2.900 Mín. 2.059±58	Idade Min Sed.	FR1	Machado <i>et al.</i> (1996)	
Quartzito	LA-ICPMS	Zir Detr	Moda 2.500-2.700 Mín. 2.157±53	Idade Min Sed.	FR3	Machado <i>et al.</i> (1996)	
Quartzito	LA-ICPMS	Zir Detr	Moda 2.200-2.300 Mín. 2.134±63	Idade Min Sed.	OBR5	Machado <i>et al.</i> (1996)	
Quartzito	LA-ICPMS	Zir Detr	Moda 2.100-2.200 Mín. 2.066±60	Idade Min Sed.		Machado <i>et al.</i> (1996)	

**Abreviações:** Bio - Biotita; Clor - Clorita; Felds - Feldspato; Gal - Galena; Gran - Granada; Hem - Hematita; Hor - Hornblenda; Ilm - Ilmenita; Mon - Monazita; Our - Ouro; Zir - Zircão; Mármm - Mármore; Metagrau - Metagrauvaca; Ozo - Quartzito; Alt - Aleração; Crist - Cristalização; Detr - Detritico; FM - Formação; Gpo - Grupo; Máx - Máxima; Min - Mínima; Paraop - Parapeba; Pied - Piedade; RT - Rocha Total; Bras - Brasileiro; Dep - Deposição; Hidro - Hidrotermal; Met - Metamorfismo; Protol - Protólito; Reat - Reativação; Rejuv - Rejuvenescimento; Rem - Remobilização; Sed - Sedimentação; Conc - Concórdia; Isoc - Isócrona; Miner - Mineralização; Trans - Transamazônico.

O vulcanismo félsico do Supergrupo Rio das Velhas tem idade de 2.776 Ma, sendo contemporâneo ao plutonismo granítico dos complexos metamórficos Caeté (Machado *et al.* 1989, 1992) e Bonfim (Carneiro 1992, Machado & Carneiro 1992). Machado *et al.* (1992) sugerem a existência de uma crosta continental mais antiga que 2.776 Ma no QFe, com base em zircões herdados com idade de 3.029 Ma.

Duas isócronas Pb/Pb em rocha total foram obtidas por Babinski *et al.* (1991 e 1995) em rochas carbonáticas do Supergrupo Minas. Para as rochas carbonáticas da Formação Gandarela, foi obtida uma idade Pb/Pb de 2.420 Ma. Esta idade é interpretada como sendo a idade do evento deposicional da unidade carbonática. Por outro lado, as razões isotópicas Pb/Pb em mármore do Grupo Piracicaba forneceram idades de 2.050 Ma. Segundo os autores, este valor evidencia a imposição do metamorfismo relacionado ao ciclo Transamazônico.

Machado *et al.* (1989 e 1992) obtiveram, em um zircão euédrico, extraído de uma metagrauvaca do Grupo Sabará, uma idade U/Pb concordante de 2.125 Ma. Esta idade é interpretada pelos autores como sendo a idade máxima para deposição do grupo.

As idades mínimas U/Pb, obtidas em zircões detríticos, provenientes dos quartzitos do Grupo Itacolomi, variam de 2.059 Ma a 2.157 Ma. Estas idades sugerem que os zircões detríticos desta unidade são derivados de fontes geradas durante o ciclo Transamazônico (Noce 1995, Machado *et al.* 1996).

Análises Sm/Nd (em granada, moscovita e em rocha total) em xistos do Grupo Sabará, da auréola metamórfica de Ibirité (Evangelista *et al.* 1992), forneceram idade isocrônica de  $2.095 \pm 65$  Ma (Marshak *et al.* 1997) e  $2.098 \pm 33$  Ma (Brueckener *et al.* 2000). Estes dados são interpretados como a idade de geração das auréolas, que estariam associados à manifestação do ciclo Transamazônico (Alkmim *et al.* 1994).

O acervo geocronológico K/Ar é escasso para as rochas supracrustais. Os poucos dados existentes evidenciam o rejuvenescimento causado pela atuação do ciclo Brasileiro. As idades variam de 407 Ma a 483 Ma (Cordani *et al.* 1980b). São comuns reativações de falhas e zonas de cisalhamentos associadas a este evento ocorridas entre 600 Ma e 550 Ma (Noce 1995, Brueckner *et al.* 2000).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O acervo de dados geocronológicos disponíveis so-

bre a região do Quadrilátero Ferrífero e adjacências permite caracterizar os seguintes ciclos geodinâmicos:

1. Ciclo Rio das Velhas (2555 Ma - 2.920 Ma);
2. Ciclo Transamazônico (1.900 Ma a 2.250 Ma);
3. Ciclo Espinhaço (1.770 Ma a ?);
4. Ciclo Brasileiro (450 Ma a 600 Ma).

No ciclo Rio das Velhas foram reconhecidas idades mais antigas (U/Pb ou Pb/Pb, em zircão) nos complexos Bonfim (Gnaiss Alberto Flores: 2.772 Ma; Carneiro 1992), Campo Belo (2.732 Ma; Teixeira *et al.* 1985), Passatempo (granulitos: 2.566 Ma; Fiumari *et al.* 1985), Belo Horizonte (plutonismo granítico Caeté: 2.776 Ma; Machado *et al.* 1.989a e 1.992; mobilizados migmatíticos em zonas de charneira de gnaiss dobrado: de 2.860 Ma e 2.922 Ma; Noce 1995) e Bação (plútons e diques graníticos: entre 2.972 Ma a 2.555 Ma; Endo 1.997), bem como nas supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas (vulcanismo félsico: 2776 Ma; Machado *et al.* 1992), onde são ainda registradas idades mais antigas em zircões herdados (3029 Ma; Machado *et al.* 1989 e 1992).

O magmatismo granítico deste evento pode ser dividido em três eventos distintos:

1. entre 2.780 Ma a 2.730 Ma (Tonalito Samambaia, Granodiorito Mamona, Granodiorito Caeté e Granito Mateus Leme);
2. entre 2.712 Ma a 2.682 Ma (Granito Brumadinho, Granito São Gonçalo do Bação, Granito General Carneiro, Granodiorito Ibirité e Granito Santa Luzia);
3. entre 2.612 Ma a 2.555 Ma (Granito Salto do Paraopeba, Granodiorito Caio Martins e Granito Itabirito).

Este magmatismo, de natureza cálcio-alcalina e toleítica, é considerado como contemporâneo ao metamorfismo regional que afetou uma crosta siálica mais antiga e as unidades do Supergrupo Rio das Velhas (Thorpe *et al.* 1984; Romano 1989; Machado *et al.* 1989 1992; Carneiro 1992; Chemale *et al.* 1993; Noce 1995).

O registro do ciclo Transamazônico é evidenciado por idades K/Ar (biotita e anfibólio) e Rb/Sr (rocha total) em todos os complexos da região. As idades K/Ar em biotita dividem-se em dois intervalos: um entre 1.750 Ma a 1.790 Ma e outro entre 2.000 Ma e 2.150 Ma. As idades K/Ar em anfibólio situam-se em geral neste último intervalo, enquanto as idades Rb/Sr apresentam dois intervalos: um entre 1.750 Ma a 2.000 Ma e outro entre 2.150 Ma a

2.250 Ma. As idades K/Ar (biotita e anfibólio) são consideradas como idades de resfriamento ligadas ao ciclo Transamazônico (Teixeira 1982, Carneiro 1992, Noce 1995), enquanto as idades Rb/Sr são interpretadas como relacionadas tanto aos processos de metamorfismo (Oliveira & Teixeira 1990), retrabalhamento crustal (Figueiredo & Teixeira 1996), rejuvenescimento e reativação (Noce 1995), quanto a processos de plutonismo (Fiumari *et al.* 1985). Idades mais antigas do que 2.250 Ma a 2.360 Ma, obtidas pela sistemática Sm/Nd (rocha total), em rochas dos complexos Acaiaca e Ressaquinha, são interpretadas como idades de retrabalhamento e extração de material do manto (Teixeira & Martins 1996), enquanto idades mais novas (entre 2.095 Ma e 2.100 Ma), obtidas a partir de isócronas Sm/Nd de xistos da Formação Sabará, são consideradas como idades de metamorfismo (Alkmim *et al.* 1994, Marshak *et al.* 1997).

As idades U/Pb (titanita e monazita) entre 2.020 Ma e 2.050 Ma, obtidas nos complexos Belo Horizonte (Granitos Córrego do Brumado e Santa Luzia) e Bação (pegmatitos) são interpretadas como sendo idades de cristalização e migmatização das rochas destes complexos (Machado *et al.* 1989 e 1992, Noce 1995).

Idades U/Pb (LA-ICMS) próximas deste intervalo (2.059 Ma e 2157 Ma), encontradas em zircões detríticos de quartzitos do Grupo Itacolomi, foram interpretadas como idades mínimas para a sedimentação deste grupo (Machado *et al.* 1996), enquanto a idade U/Pb (em zircão) de 2.125 Ma, obtida em metagrauvaca da Formação Sabará, foi interpretada como sendo a idade máxima para a deposição da mesma (Machado *et al.* 1989, 1992 e 1996). Idade Pb/Pb (rocha total) mais antiga de 2.420 Ma encontrada em mármore da Formação Gandarela, foi considerada como a idade de sedimentação da unidade, enquanto a idade mais nova de 2.098 Ma, encontrada no Grupo Piracicaba, foi considerada como a idade de metamorfismo do grupo (Babinski *et al.* 1991 e 1995).

No ciclo Brasileiro são registradas essencialmente idades K/Ar (biotita, anfibólio e mais raramente moscovita), sendo possível distinguir um padrão de idade mais novo (entre 460 Ma e 510 Ma) e outro mais antigo (entre 510 Ma e 600 Ma). O primeiro padrão é encontrado em biotita e moscovita, enquanto o segundo, em biotita e anfibólio. Idades K/Ar mais antigas (entre 750 Ma e 1.250 Ma, ao redor de 1.750 Ma e entre 2.300 Ma e 2.500 Ma), são encontradas sobretudo a oeste do QFe, sugerindo um rejuvenescimento parcial de idades mais antigas (Transamazônica e Rio das Velhas), durante o ciclo Brasileiro.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pela ajuda financeira concedida através do auxílio à pesquisa (Proc. 93/1830), ao CNPq (Proc. 300423/82-9, de R. Machado), pela concessão de uma bolsa de Produtividade em Pesquisa, ao Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) do Centro de Geociências da UFPA, na pessoa dos Profs. Drs. Moacir José Buenano Macambira e Jean-Michel Lafon, que ajudaram na obtenção dos dados isotópicos Pb/Pb, e ao Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) do Instituto de Geociências da USP, pelas determinações K/Ar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM, F. F.; NEVES, B. B. de B.; ALVES, J. A. C. (1993) Arcabouço tectônico do cráton do São Francisco - uma revisão. In: DOMINGUEZ J. M. L.; MISI, A. O. *cráton do São Francisco*. Salvador, SBG-Núcleo BA/SE. p. 45-62.
- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S.; EVANGELISTA, H. J.; BRUECKNER, H. (1994) Manifestações do evento transamazônico no Quadrilátero Ferrífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Camboriú., 1994. *Anais*. Camboriú, SBG. v. 1, p. 75-76.
- ALMEIDA, F. F. M. de (1969) Diferenciação tectônica da plataforma brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador, 1969. *Anais*. Salvador, SBG/Núcleo Bahia. p. 29-46.
- ALMEIDA, F. F. M. de (1977) O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 7, p. 349-364.
- ALMEIDA, F. F. M. de (1981) O cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, Salvador, 1981. *Anais*. Salvador, SBG/Núcleo BA/SE. p. 1-10.
- ALMEIDA, F. F. M. de; HASUI, Y. (1984) *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Edgard Blücher. 378p.
- BABINSKI, M.; CHEMALE Jr., F.; SCHUMUS, W. R. (1991) Geocronologia Pb/Pb em rochas carbonáticas do Supergrupo Minas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 3., São Paulo, 1991. *Anais*. São Paulo, SBGq. v. 2, p. 628-630.
- BABINSKI, M.; CHEMALE Jr., F.; SCHUMUS, W. R. (1995) The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Precambrian Re-*

- search, v. 72, p. 235-245.
- BARBOSA, A. L. M. (1966) Síntese da evolução geológica da América do Sul. *Boletim do Instituto Geológico. Escola de Minas de Ouro Preto*, v. 1, p. 91-111.
- BRUECKNER, H. K.; CUNNINGHAM, D.; ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. (2000) Tectonic implications of Precambrian Sm-Nd dates from the southern São Francisco craton and adjacent Araçuaí and Ribeira belts, Brazil. *Precambrian Research*, v. 99, p. 255-269.
- CAMPOS, M. C. N.; FIGUEIREDO, M. C. H. (1995) The Rio Doce orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 8, n. 2, p. 143-162.
- CARD, K. D.; CHURCH, W. R.; FRANKLIN, J. M.; FRAREY, M. J.; ROBERTSON, J. A.; WEST, G. F.; YOUNG, G. M. (1972) The southern province. In: *Variations in tectonic styles in Canada. Geological Association Canadian. Special Paper*, v. 11, p. 335-380.
- CARNEIRO, M. A. (1992) *O complexo metamórfico Bonfim Setentrional - Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano*. São Paulo. 233p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- CARNEIRO, M. A.; NOCE, C. M.; TEIXEIRA W. (1995) Evolução policíclica do Quadrilátero Ferrífero: uma análise fundamentada no conhecimento atual da geocronologia U/Pb e geoquímica isotópica Sm/Nd. *Revista Escola de Minas*, v. 48, n. 4, p. 264-273.
- CHEMALE Jr, F.; ROSIÈRE, C. A.; ENDO, I. (1992) Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: um modelo. *Pesquisas*, v. 18, n. 2, p. 104-127.
- CHEMALE Jr, F.; ROSIÈRE, C. A.; ENDO, I. (1994) The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, v. 65, p. 25-54.
- CORDANI, U. G.; MELCHER, G. C.; ALMEIDA, F. F. M. (1968) Outline of the precambrian geochronology of South América. *Canadian Journal of Earth Science*, v. 5, p. 629-632.
- CORDANI, U. G.; TEIXEIRA, W. (1979) Comentários sobre as determinações geocronológicas existentes para as regiões das Folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguape. In: *Carta do Brasil ao Milionésimo, Folhas SF.3/24 e SG23 Rio de Janeiro, Vitória e Iguape*. Brasília, DNPM/MME/DGM. p. 175-207.
- CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; MÜLLER, G.; QUADE, H.; REIMER, V.; ROESER, H. (1980a) Interpretação tectônica e petrológica de dados geocronológicos do embasamento na borda sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 52, n. 4, p. 785-799.
- CORDANI, U. G.; TEIXEIRA, W.; SIGA, O. Jr. (1980b) Geocronologia do Quadrilátero Ferrífero. *SICEG*, n. 21, p. 27-44.
- DELHAL, J.; LEDENT, D.; CORDANI, U. G. (1969) Ages Pb/U, Sr/Rb et Ar/K des formations métamorphiques et granitiques du sud-est du Brésil (États de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). *Annales Societe Géologique de Belgique*, v. 92, p. 271-283.
- DELHAL, J.; DEMAÏFFE, D. (1985) U-Pb Archean geochronology of the São Francisco craton (Eastern Brazil). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 15, n. 1, p. 55-60.
- DORR, J. V. N. (1969) Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *USGS Professional Paper*, n. 641-A, p. 1-110.
- DUSSIN, I. A. (1994) *Evolution structurale de la région de l'Espinhaço meridional, bordure sud-est du craton São Francisco, Brésil*. 250p. PhD Thesis - Université D'Orleans.
- EBERT, H. (1968) Ocorrências da fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipótese sobre a sua origem. *Anais da Academia Brasileira de Ciências. Suplemento*, v. 40, p. 215-229.
- EBERT, H. (1984) *Aspectos da geologia da região de São João del Rei - os Paraibides entre São João del Rei e Itapira e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides*. São Paulo, SBG/Núcleo São Paulo. 114p. (Publicação Especial, n. 12).
- ENDO, I. (1997) *Regimes tectônicos do arqueano e proterozóico no interior da placa sanfranciscana: Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes, Minas Gerais*. São Paulo. 243p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo
- ENDO, I.; MACHADO, R. (1998) The geologia architecture of the Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais – Brasil) after multiple transpressional and trantensional tectonic events. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BASEMENT TECTONICS, 14., Ouro Preto, 1998. *Anais*. Ouro Preto, IBTA/UFOP. p. 126-127.
- EVANGELISTA, H. J. (1985) Petrologia de fases, geotermometria e geobarometria do complexo granulítico Acaiaca, sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3., Belo Horizonte, 1985. *Anais*. Belo Horizonte, SBG/Núcleo Minas Gerais. p. 165-179.

- EVANGELISTA, H. J.; ALKMIM, F. F.; ARSHAK, S. (1992) Metamorfismo progressivo e a ocorrência dos três polimorfos de  $Al_2SiO_5$  (cianita, andaluzita, silimanita) na Formação Sabará em Ibirité, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Escola Minas*, v. 45, n.1-2, p. 157-160.
- FIGUEIREDO, M. C. H.; TEIXEIRA, W. (1996) The mantiqueira metamorphic complex, eastern Minas Gerais state: preliminary geochronological and geochemical results. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 68, n. 2, p. 223-246.
- FIUMARI, S. L.; PADILHA, A. V.; ARAÚJO, M. C. (1985) Complexo Granulítico de Passatempo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3., Belo Horizonte, 1985. *Anais*. Belo Horizonte, SBG/Núcleo Minas Gerais. p. 60-67.
- FUCK, R. A.; SÁ, E. F. J.; PIMENTEL, M. M.; DARDENNE, M. A.; SOARES, A. C. P. (1993) As faixas de dobramentos marginais do cráton do São Francisco: síntese dos conhecimentos. In: DOMINGUEZ, L. J. M.; MISI, A. *O cráton do São Francisco*. Salvador, SBG/SGM/CNPq. p. 161-185.
- GUIMARÃES, D. (1951) *Arqui-Brasil e sua evolução geológica*. Boletim. DNPM/DFPM. Rio de Janeiro, n. 88, p. 1-314.
- HEILBRON, M.; GONÇALVES, M. L.; TEIXEIRA, W.; TROUW, R. A. J.; PADILHA, A.; KAWASHITA, K. (1989) Geocronologia da região entre Lavras, São João del Rei, Lima Duarte e Caxambu (MG). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 61, n. 2, p. 177-199.
- HEILBRON, M. (1993) *Evolução tectono-metamórfica da seção Bom Jardim de Minas (MG)-Barra do Pirai (RJ) - setor setentrional da Faixa Ribeira*. São Paulo. 268p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- HERZ, N.; HURLEY, P. M.; PINSON, W. H.; FAIRBAIRN, H. W. (1961) Age measurements from a part of the Brazilian shield. *Geological Society of American Bulletin*, v. 72, p. 1111-1120.
- HERZ, N. (1970) Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *USGS Professional Paper*, n. 641-B. p. 1-57.
- MACHADO, L. F.; RIBEIRO, M. W.; GONZALEZ, S. R.; SCHENINI, C. A.; SANTOS, A. N.; PALMEIRA, R. C. B.; TEIXEIRA, W.; CASTRO, H. E. F. (1983) *Geologia das Folhas 23/24 Rio de Janeiro e Vitória*. In: Projeto Radambrasil. Rio de Janeiro, DNPM/MME/SG. 304p. (Levantamento de Recursos Naturais 32).
- MACHADO, N.; CARNEIRO, M. A. (1992). U-Pb evidence of late Archean tectono-thermal activity in the southern São Francisco shield, Brazil. *Canadian Journal of Earth Science*, v. 29, p. 2341-2346.
- MACHADO, N.; NOCE, C. M. (1993) A evolução do setor sul do cráton do São Francisco entre 3,1 e 0,5 Ga baseada em geocronologia U/Pb. In: SIMPÓSIO DO CRATON DO SÃO FRANCISCO, 2., Salvador, 1993. *Anais*. Salvador, SBG/SGM. p. 100-102.
- MACHADO, N.; NOCE, C. M.; OLIVEIRA, O. A. B.; LADEIRA, E. A. (1989) Evolução geológica do Quadrilátero Ferrífero no arqueano e proterozóico inferior, com base em geocronologia U-Pb. In: SIMPÓSIO GEOLOGIA MINAS GERAIS, 5.,/SIMPÓSIO GEOLOGIA BRASÍLIA, 1., Belo Horizonte, 1989. *Anais*. Belo Horizonte, SBG/NMG. p. 1-5.
- MACHADO, N.; NOCE, C. M.; LADEIRA, E. A.; OLIVEIRA, O. A. B. de (1992) U-Pb geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil. *Geological Society of American Bulletin*, v. 104, p. 1221-1227.
- MACHADO, N.; SCHRANK, A.; NOCE, C. M.; GAUTHIER G. (1996) Ages of detrital zircon from archean-paleoproterozoic sequences: implications for greenstone belt setting and evolution of a transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth Planetary Science Letters*, v. 141, p. 259-276.
- MACHADO, R. (1997) *Litogeoquímica e tectônica dos granitóides neoproterozóicos do Cinturão Paraíba do Sul no Estado do Rio de Janeiro*. São Paulo, 215p. Tese (Livre docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- MACHADO, R.; DEMANGE, M. (1992) Granitogênese brasileira no Estado do Rio de Janeiro: caracterização geoquímica, modelo tectônico e considerações geológicas sobre o embasamento e a cobertura do cinturão Ribeira na região. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo, 1992. *Anais*. São Paulo, SBG. v. 1, p. 379-380.
- MARSHAK, S.; ALKMIM, F. F. (1989) Proterozoic contraction/extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics*, v. 8, n. 3, p. 555-571.
- MARSHAK, S.; ALKMIM, F. F.; EVANGELISTA, H. J. (1992) Proterozoic crustal extension and the generation of dome and keel structure in an granite-greenstone terrane. *Nature*, v. 357, p. 491-493.
- MARSHAK, S.; TINKHAM, D.; ALKMIM, F. F.;

- BRUECKNER, H.; BORNSHORST, T. (1997) Dome-and-keel provinces formed during Paleoproterozoic orogenic collapse - core complex, diapirs, or neither?: examples from the Quadrilátero Ferrífero and the Penokean orogen. *Geology*, v. 25, n. 5, p. 145-418.
- MARTINS NETO, M. A. (1993) *The sedimentary evolution of a Proterozoic rift basin: the basal Espinhaço Supergroup, southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais*. Freiburg. 155p. PhD Thesis - Geological Institute, Freiburg University.
- NOCE, C. M. (1995) *Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. São Paulo, 128p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- NOCE, C. M.; TEIXEIRA, W. (1996) Estudos isotópicos em granitóides do Cinturão Mineiro: uma margem continental de idade Transamazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., Salvador, 1996. *Anais*. Salvador, SBG. v. 6, p. 483-485.
- OLIVEIRA, O. A. B. de; TEIXEIRA, W. (1990) Evidências de uma tectônica tangencial proterozóica no Quadrilátero Ferrífero, MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal, 1990. *Anais*. Natal, SBG/Núcleo Norte. p. 2589-2603.
- OLIVO, G. R.; GAUTHIER M.; GARIÉPY C.; CARIGNAN, J. (1996) Transamazonian tectonism and Au-Pd mineralization at the Cauê Mine, Itabira District, Brazil: Pb isotopic evidence. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 9, n. 3-4, p. 273-279.
- PINESE, J. P. P. (1997) *Geogênica, geologia isotópica e aspectos petrológicos dos diques máficos pré-cambrianos da região de Lavras (MG), Porção Sul do cráton São Francisco*. São Paulo, 178p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- QUÉMÉNEUR, J. J. G.; VIDAL, PH (1989) Primeiras datações radiométricas dos granitos de São João Del Rei. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 5., Belo Horizonte, 1989. *Anais*. Belo Horizonte, SBG/Núcleo Minas Gerais. p. 50-54.
- ROMANO, A. W. (1989) *Evolution tectonique de la région NW du Quadrilatère Ferrifère - Minas Gerais, Brésil*. Nancy. 259p.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. (1984) *Mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente: escala 1:2.500.000*. Brasília, MME/DNPM.
- SHRANK, A.; MACHADO, N. (1996) Idades U/Pb em monazites e zircões do distrito aurífero de Caeté, da mina de Cuiabá e do depósito de Carrapato, Quadrilátero Ferrífero (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39. Recife, 1996. *Anais Recife, SBG*. v. 6, p. 473-475
- SILVA, A.M.; CHEMALE Jr, F.; HEAMAN, L. (1995) The Ibitité gabbro and the Borrachudos granite - the rift-related magmatism of Mesoproterozoic age in Quadrilátero Ferrífero (MG). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 8., Belo Horizonte, 1995. *Anais*. Belo Horizonte, SBG/Núcleo Minas Gerais. p. 89-90.
- SIMS, P. K.; CARD, K. D.; LUMBERS, S. B. (1981) Evolution of early proterozoic basins of the Great Lake region. *Geological Survey Canadian Paper*, v. 81, n.10, p. 379-397.
- SOARES, A. P. C.; DARDENNE, M. A.; HASUI, Y.; CASTRO, F. D. C.; CARVALHO, M. V. A.; REIS, A. C. (1994) *Mapa geológico do estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, COMIG. (Escala 1:1.000.000)
- TEIXEIRA, W. (1982) Geochronology of the Southern part of the São Francisco craton. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 12, n. 1-3, p. 268-277.
- TEIXEIRA, W. (1985) *A evolução geotectônica da porção meridional do cráton do São Francisco, com base em interpretações geocronológicas*. São Paulo. 207p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- TEIXEIRA, W.; FONSECA, A. C.; PADILHA, A. V.; ZAPAROLLI, L. H.; KAWASHITA, K.; KHOURY, M. C. (1985) Esboço da evolução geotectônica da parte sul do cráton do São Francisco: uma interpretação com base nos dados Rb/Sr, K/Ar, Pb/Pb e traços de fissão. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 3., Belo Horizonte, 1985. *Anais*. Belo Horizonte, SBG/Núcleo MG. p. 28-44.
- TEIXEIRA, W.; EVANGELISTA, H. J.; KAWASHITA, K.; BASEI, M. A. S.; TAYLOR, P. N. (1987 a) Complexo granulítico de Acaiaca, MG: idade, petrogênese e implicações tectônicas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 4., Belo Horizonte, 1987. *Anais*. Belo Horizonte, SGB/MG. p. 58-71.
- TEIXEIRA, W.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; TAYLOR, P. N.; VAN SCHUMUS, W. R. (1987b) Archean and early proterozoic crustal evolution in the southern part of the São Francisco craton. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRANITES AND ASSOCIATED MINERALIZATIONS, Salvador, 1987. *Anais*. Salvador, SGM. p. 37-40.

- TEIXEIRA, W.; CANZIAN, F. (1994) A evolução tectonotermal proterozóica do cráton do São Francisco, com base em interpretações geocronológicas K-Ar em rochas do seu embasamento. *Boletim. IG-USP. Série Científica*, v. 25, p. 61-80.
- TEIXEIRA, W.; CARNEIRO, M. A.; NOCE, C. M.; MACHADO, N.; SATO, K.; TAYLOR, P. N. (1996) Pb, Sr and Nd isotope constraints on the Archean evolution of gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco craton, Brazil. *Precambrian Research*, v. 78, p. 151-164.
- TEIXEIRA, W.; MARTINS, V. T. de S. (1996) *Granitos paleoproterozóicos da porção meridional do cráton do São Francisco: estudos Isotópicos de Sr e Nd*. São Paulo, USP/FAPESP. Relatório de Projeto de Pesquisa. 28p.
- THORPE, R. I.; CUMMING, G. L.; KRSTIC, D. (1984) Lead isotope evidence regarding age of gold deposits in the Nova Lima district, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 14, n. 3, p. 147-152.
- VAN SCHMUS, W. R. V. (1982) Evolution of the Archean-early proterozoic transition in the United States. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 12, n. 1-3, p. 278-283.
- VIANA, H. S. (1991) *Folha SF.23-X-C-III, Barbacena: texto explicativo*. Brasília, SNMM/DNPM. 169p.