

# TECTONOESTRATIGRAFIA DA BACIA ESPINHAÇO NA PORÇÃO CENTRO-NORTE DO CRÁTON DO SÃO FRANCISCO: REGISTRO DE UMA EVOLUÇÃO POLIISTÓRICA DESCONTÍNUA

ANDRÉ DANDERFER<sup>1</sup> & MARCEL AUGUSTE DARDENNE<sup>2</sup>

**Abstract** *TECTONOSTRATIGRAPHY OF THE ESPINHAÇO BASIN IN THE NORTHERN PART OF THE SÃO FRANCISCO CRATON: RECORD OF A DISCONTINUOUS POLYHISTORIC EVOLUTION* This paper presents the tectonostratigraphic evolution of the northern segment of the Espinhaço Range, located in the northern part of the São Francisco craton. The stratigraphic framework was documented in a systematic way through recognition and characterization of eight synthems that are equivalent to unconformity-bounded units: Algodão, São Simão, Sapiranga, and Pajeú (lower interval), Bom Retiro, São Marcos, and Sítio Novo (intermediate interval) and Santo Onofre (upper interval). The Bom Retiro and São Marcos synthems correspond to intracontinental sag basins. The Pajeú, Sítio Novo and Santo Onofre synthems are related to the evolutionary stages of the rift basin; the first two basins were generated by extensional tectonics, and the last one by transcurrent tectonics. The Algodão and Sapiranga synthems are interpreted as rift-sag basins. Finally, the São Simão synthem is related to intracontinental magmatism. Based on these new stratigraphic subdivisions and their regional tectonic context, we conclude that the 'Espinhaço Basin' records a polycyclic depositional history, alternating episodes of distinct tectonic regimes to the long of time.

**Keywords:** Espinhaço, stratigraphy, basin analysis, unconformity-bounded unit, Proterozoic, São Francisco Craton

**Resumo** Neste trabalho apresentam-se os aspectos gerais vinculados com a evolução tectonoestratigráfica do prolongamento setentrional da Serra do Espinhaço, parte integrante da bacia Espinhaço e que se situa na porção norte do Cráton do São Francisco. O arcabouço estratigráfico desse segmento foi reconstruído de forma sistemática, por meio do reconhecimento e da caracterização de oito sintemas, que equivalem a unidades limitadas por discordâncias ou descontinuidades estratigráficas de extensão regional na bacia: Algodão, São Simão, Sapiranga e Pajeú, definindo o intervalo inferior, Bom Retiro, São Marcos e Sítio Novo, remontando o intervalo intermediário, e Santo Onofre, finalizando o empilhamento do Espinhaço. Os sintemas Bom Retiro e São Marcos correspondem ao preenchimento de duas flexuras de interior continental, enquanto as assinaturas sedimentares dos sintemas Pajeú, Sítio Novo e Santo Onofre são compatíveis com o desenvolvimento de bacias do tipo rifte, as duas primeiras geradas por tectônica distensiva e a última unidade, mediante tectônica transcorrente; os sintemas Algodão e Sapiranga são interpretados como o preenchimento de duas bacias do tipo rifte-flexural, ao passo que o Sintema São Simão é relacionado apenas com um magmatismo intracontinental, sem sedimentação associada. Com base nesse contexto e no acervo geocronológico disponível, conclui-se que a bacia Espinhaço registra uma evolução descontínua (no sentido temporal), policíclica (no sentido estratigráfico) e poliistórica, alternando episódios de regimes tectônicos distintos ao longo do tempo.

**Palavras-chaves:** Espinhaço, estratigrafia, análise de bacias, discordância, Proterozóico, Cráton São Francisco

**INTRODUÇÃO** As sucessões estratigráficas da bacia Espinhaço que ocorrem na porção centro-oriental do escudo Atlântico, estão materializadas em dois domínios fisiográficos: a Serra do Espinhaço e a Chapada Diamantina. As rochas sedimentares desses domínios têm sido incluídas, classicamente, no Supergrupo Espinhaço, com evolução bacinal desde o período Estateriano, há cerca de 1.750 Ma, até o Toniano, em torno de 850 Ma (Schobbenhaus 1993). Neste trabalho foram investigados os aspectos da evolução tectonoestratigráfica do prolongamento setentrional da Serra do Espinhaço (Fig. 1), entre os paralelos 11°45' e 14°00'S, para elucidar os eventos de formação de bacia. No contexto geotectônico, essa área situa-se na porção ocidental do corredor de deformação do Paramirim (Alkmim *et al.* 1993), norte do Cráton do São Francisco (Almeida 1977). A maioria dos autores admite origem tafrogênica, intracratônica e aulacogênica para a bacia

Espinhaço nesse local (Sá 1981, Costa & Inda 1982). Já Schobbenhaus (1993) postula a existência de dois riftes superpostos.

O arcabouço tectônico do Espinhaço setentrional é marcado por padrão estrutural de orientação preferencial NNW-SSE, no qual é caracterizado um sistema de dobras e falhas regionais com vergência dupla. Esse arcabouço pode ser abordado segundo quatro compartimentos ou blocos tectônicos, limitados por falhas regionais NNW-SSE (Danderfer 2000). De oeste para leste, estes compreendem os compartimentos (a) Guanambi-Correntina, limitado a leste pela falha do Muquém, (b) Ibotirama, balizado pelas falhas do Muquém e de Santo Onofre, (c) Boquira, situado entre as falhas de Santo Onofre e do Carrapato e (d) Paramirim, exposto a oeste da falha do Carrapato (Fig. 1). As investigações realizadas indicam que a principal família de estruturas tectonometamórficas

1 - Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto; andre@degeo.ufop.br. CEP 35400-000, Ouro Preto, MG

2 - Departamento de Geoquímica e Recursos Minerais, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília; dardenne@tba.com.br. CEP 70910-900, Brasília, DF

desenvolvida na região se relaciona ao último e mais importante evento de transformação da bacia Espinhaço, sem indícios de inversão positiva anterior. Segundo os argumentos de Schobbenhaus (1993) e Danderfer (2000), a idade desse evento é brasileira, entre 650 e 500 Ma.

Esta pesquisa foi motivada pela existência de diversas questões geológicas acerca desse segmento, entre as quais cita-se o conhecimento deficiente de seu arcabouço tectonoestratigráfico. O estudo envolveu a reavaliação de informações publicadas, incluindo dados geocronológicos, atividades de campo, elaboração de mapa geológico digital com auxílio de Sensoriamento Remoto, levantamento de diversas seções transversais à Serra do Espinhaço e detalhamentos estratigráficos e estruturais, cujo acervo em escala 1:250.000 encontram-se em Danderfer (2000).

Nos limites do segmento estudado há vários modelos estratigráficos propostos por diferentes autores, com designações distintas para as unidades litoestratigráficas, mas a maior parte do conhecimento provém dos mapeamentos sistemáticos realizados durante os projetos Chumbo (Schobbenhaus 1972) e Santo Onofre (Costa & Silva 1980). O reconhecimento de unidades limitadas por discordâncias ou descontinuidades estratigráficas regionais na bacia – os *Sintemas* (Chang 1978, Salvador 1994) –, aliado ao controle da geometria estrutural da área, favoreceram organizar e reconstruir o arcabouço desse segmento de modo mais sistemático e eficaz. No total, foram identificados e descritos oito sintemas, cada qual registrando um evento formador de bacia e que, da base para o topo, compreendem os Sintemas Algodão, São Simão, Sapiranga e Pajeú, no intervalo inferior, Bom Retiro, São Marcos e Sítio Novo do intervalo intermediário, e Santo Onofre, o superior do empilhamento Espinhaço (Figs. 1 e 2). Em cada intervalo procurou-se definir os sistemas deposicionais, o estilo de preenchimento bacinal e o sítio tectônico, em base às variações laterais e verticais de fácies de cada unidade. Intrusões de gabro e diabásio são freqüentes, sob a forma de soleiras, mas não ocorrem na pilha sedimentar dos Sintemas Sítio Novo e Santo Onofre.

Neste trabalho, os sintemas são entendidos como ciclos estratigráficos de 1ª ordem, com duração a depender da intensidade de subsidência durante a geração do espaço bacinal que acomodou a unidade. Eles representam unidades estratigráficas quase “naturais” que podem ser empregadas, sem margem de erro maior, para definir o empilhamento e a evolução geológica de uma bacia deformada (Salvador 1994). Ainda assim, as unidades litoestratigráficas são as mais freqüentemente utilizadas em cartografia geológica, motivo pelo qual, neste trabalho, procurou-se formular uma classificação com base em critérios litoestratigráficos (Fig. 2). A sistematização levou em conta as características do arcabouço aqui descrito, visto que as unidades litoestratigráficas também se individualizam por discordâncias regionais, mesmo que as diferenças litológicas sejam pequenas (Salvador 1994). A denominação formal de sintemas limitados por discordâncias e de unidades litoestratigráficas emprega designações existentes para evitar a desnecessária multiplicidade de nomes. Esse procedimento foi possível devido à equivalência relativa entre as unidades estudadas e as cartografadas em projetos anteriores (Fig. 3). Apesar de cumprida a regra da prioridade nas denominações, alguns termos foram redefinidos ou abandonados, ao passo que outros, novos, criados. Por outro lado, um sintema pode englobar uma ou mais formações. No último caso, equivalente a subsintemas e reimodas em um grupo. Ademais, dois ou mais sintemas indivi-

podem constituir um grupo, conforme a conveniência. Por fim, os termos ‘Supergrupo Oliveira dos Brejinhos’, ‘Supergrupo Espinhaço’ e ‘Supergrupo São Francisco’ são empregados para englobar unidades supostamente do Paleoproterozóico superior (Estateriano; 1,8 a 1,6 Ga), do Mesoproterozóico (1,6 a 1,0 Ga) e do Neoproterozóico inferior (Toniano-Criogeniano; 1,0 Ga a 650 Ma), respectivamente.

**ARCABOUÇO TECTONOESTRATIGRÁFICO Sintema Algodão** O Sintema Algodão é proposto para designar espessa sucessão siliciclástica com ocorrências locais de rochas vulcânicas, sobreposta em discordância às rochas ígneas e metamórficas de médio e alto grau, mais antigas que 1,8Ga, do Complexo Paramirim, da margem centro-sudeste do bloco de Boquira. Esta unidade foi, originalmente, durante o Projeto Chumbo como Formação São Marcos (Schobbenhaus 1972) e considerada como a mais nova da estratigrafia do Espinhaço setentrional. Durante o Projeto Santo Onofre (Costa & Silva 1980) estas rochas foram interpretadas como parte da Unidade Pajeú e posicionadas na base do pacote. Trabalhos subsequentes designaram estas rochas como Formação Pajeú. Na presente investigação, considera-se o Sintema Algodão como seqüência distinta da Unidade Pajeú e representativa da porção basal da estratigrafia da Serra do Espinhaço relativamente mais antiga. A unidade alcança, em alguns locais, até 4.000m de espessura.

Para fins descritivos, o Sintema Algodão pode ser dividido em três conjuntos litofaciológicos distintos, não cartografados até o momento: basal (AGB), intermediário (AGI) e superior (AGS). Em geral, a seção é dominada por fácies terrígenas, com conspícuas variações laterais e verticais de fácies, sobretudo nos conjuntos AGB e AGI, o que dificulta a compreensão de sua arquitetura estratigráfica. O conjunto AGB tem no máximo 750 m de espessura e consiste de conglomerados e brechas sedimentares, em maior volume na base do pacote, e de arenitos feldspáticos com estratificação acanalada e tabular, subordinadamente quartzarenitos e litarenitos médios a muito grossos até microconglomeráticos distribuídos por toda a seção. No conjunto AGI (máx. de 1.800 m) predominam arenitos quartzo-feldspáticos finos a médios, raramente grossos, com intercalações subordinadas de conglomerados e pelitos, ocasionalmente lentes de brecha sedimentar e metabasalto. O conjunto AGS (máx. de 2.000 m) é dominado por arenitos quartzo-feldspáticos, finos a médios, bem selecionados e com estratificação cruzada de grande porte. As características dos conjuntos AGB e AGI indicam deposição em leques aluviais, fluvial entrelaçado e eólico, entremeadas de sedimentos marinhos ou lacustres. Dados de paleocorrente das fácies fluviais sugerem fonte situada a leste. As do conjunto AGB são de deposição eólica.

O Sintema Algodão registra o primeiro episódio de formação de bacia sedimentar na região, com características em parte compatíveis com o preenchimento de rifte. Os conjuntos basal e intermediário, com vulcanismo contemporâneo, denotam elevadas taxas de sedimentação. O superior pode corresponder a uma fase de subsidência mais lenta, talvez relacionada com a compensação termoflexural pós-rifte ou *sag*. Segundo Danderfer (2000), não há uma unidade cronocorrelata ao Sintema Algodão na Chapada Diamantina, mas o autor sugere que esta pode corresponder a uma unidade mais antiga que o magmatismo ácido de 1,75Ga, descrito, na região, como parte da Formação Rio dos Remédios (Schobbenhaus *et al.* 1994, Babinski *et al.* 1994).

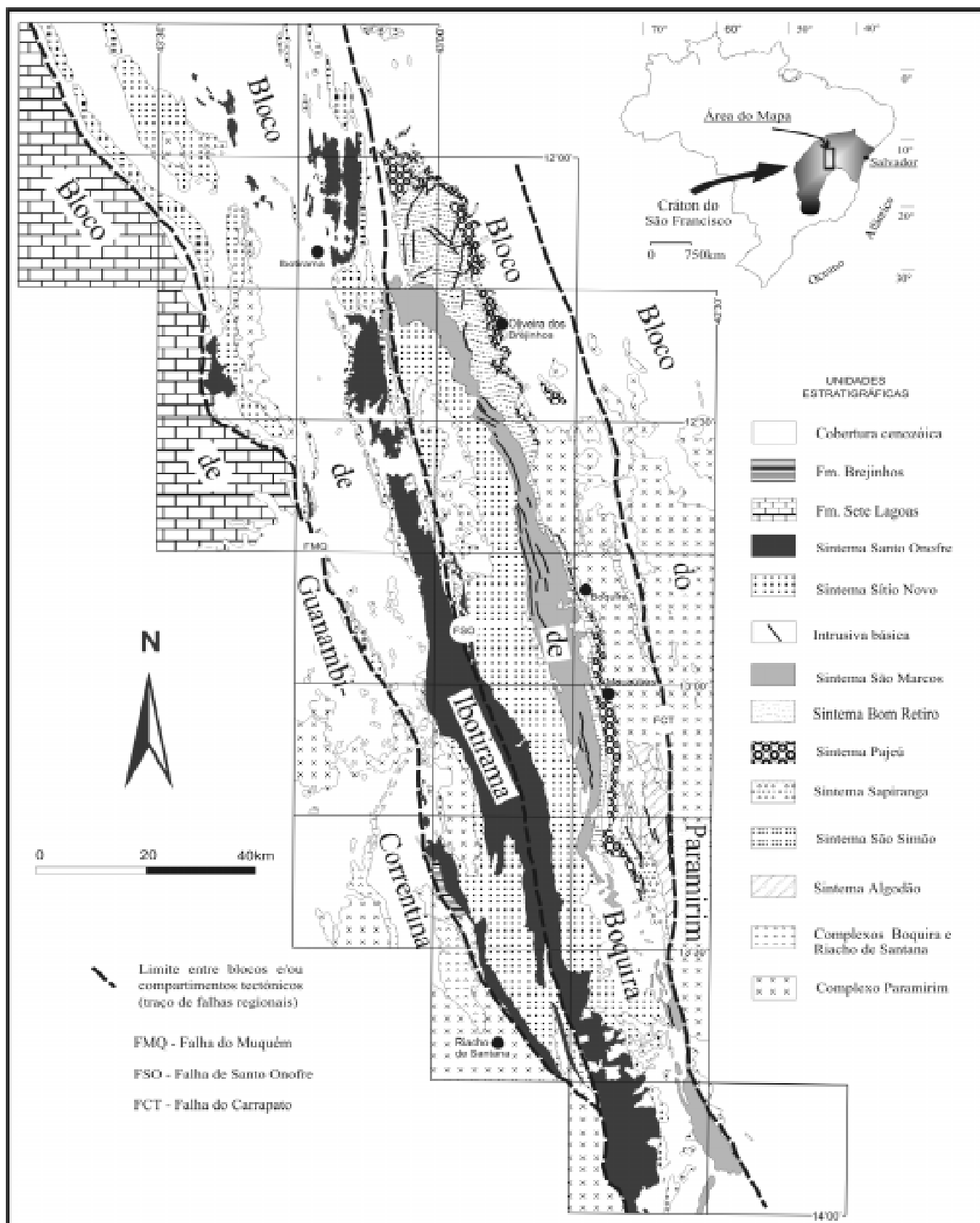


Figura 1 – Mapa geológico do Espinhaço setentrional (mod. de Danderfer 2000).

	ULD	Litoestratigrafia		Empilhamento	Interpretação	Sítio	
Neoproterozóico	Sintema Bambuí	Sg. São Francisco	Grupo Bambuí	Fm. Brejinhos		Marinho raso (plataformal)	Flexura cratônica
	Sintema Santo Onofre			Grupo Santo Onofre		Fm. João Dias	Marinho/lacustre profundo (sistema turbidítico de baixa a alta densidade, fluxos detrítico e de massa)
		Fm. Boqueirão					
		Fm. Canatiba					
Mesoproterozóico	Sintema Sítio Novo	Sg. Espinhaço	Grupo Sítio Novo	Fm. Viramundo/ Fm. Garapa (+ Mb Sucurial)	Marinho raso de rampa siliciclástica, com sistema deltaico arenoso associado	Rifte normal	
				Fm. Vereda	Leques aluviais, fluvio-eólico, costeiro		
	Sintema São Marcos		Grupo São Marcos	Fm. Fazendinha	Costeiro a marinho raso plataformal	Flexura cratônica	
				Fm. Mosquito	Deltaico		
				Fm. Riacho do Bento	Costeiro a marinho raso plataformal		
Sintema Bom Retiro	Fm. Bom Retiro	Eólico	Flexura cratônica				
Paleoproterozóico	Sintema Pajeú	Sg. Oliveira dos Brejinhos	Grupo Pajeú	Fm. Bomba	Vulcânico-epiclástico, vulcanoclástico	Rifte (oblíquo ?)	
				Fm. Ipuçaba	Delta-lacustre		
				Fm. Riacho Fundo	Leques aluviais, flúvio-eólico		
	Sintema Sapiranga		Fm. Sapiranga	Leques aluviais, flúvio-eólico e marinho	Rifte-flexura		
	Sintema São Simão		Fm. São Simão	Plutonismo/vulcanismo Continental	?		
Sintema Algodão	Fm. Algodão	Leques aluviais, flúvio-eólico, vulcânico e marinho/lacustre	Rifte-flexura				
Embasamento (Arqueano-Paleoproterozóico)					Discordâncias: I - inconformidade E - erosiva A - angular DE - descontinuidade estratigráfica.		

Figura 2 – Empilhamento estratigráfico da área estudada (Vanderfer 2000), mostrando uma classificação baseada no reconhecimento de unidades limitadas por discordâncias (ULD) e outra na litoestratigrafia convencional.

**Sintema São Simão** O termo é utilizado, neste trabalho, em substituição à ‘Unidade Rio dos Remédios’, proposta por Costa & Silva (1980) e corresponde a um pacote de rochas vulcânicas dispostas em faixas descontínuas e estreitas no extremo sudeste do bloco de Boquira. A mudança se justifica em virtude de o termo ‘Rio dos Remédios’ já ser utilizado para designar uma unidade litoestratigráfica na região da Chapada Diamantina. Ambas unidades estão isoladas na bacia, separadas por mais de 40 km e não há evidências radiométricas que justifiquem a sua correlação, exceto a semelhança litológica.

A porção basal do Sintema São Simão está diretamente sobreposta às rochas do Complexo Paramirim, mas a natureza do contato está obscurecida por cisalhamento associado à falha do Carrapato, a qual afetou rochas acima e abaixo da superfície que as limita. Em princípio, esse sintema não tem posição estratigráfica claramente definida, mas clastos de rochas vulcânicas de composição semelhante à das intercaladas neste sintema ocorrem em conglomerados basais do Sintema Sapiranga, o que sugere que o último é mais jovem que o Sintema São Simão. Por outro lado, este sintema é interpretado como mais jovem que o Sintema Algodão, apesar

Schobbenhaus (1972)		Inda e Barbosa (1978)		Fernandes et al. (1982)		Barbosa e Dominguez (1996)		Schobbenhaus (1993)		Este trabalho							
										Sg. São Francisco	Grupo Bambuí	Fm. Brejinhos					
Grupo Santo Onofre	Fm. Santo Onofre	Grupo Espinhaço Superior	Fm. Santo Onofre	Fm. Canatiba	Grupo Serra Geral	Fm. Santo Onofre	Grupo Santo Onofre	...	Sg. São Francisco	Grupo Bambuí	Fm. Brejinhos						
	...		Fm. Sítio Novo			Fm. Sítio Novo					Fm. Sete Lagoas						
	Fm. São Marcos			Fm. Sítio Novo		Fm. Serra das Veredas				Fm. Salto	Fm. Mosquito	Fm. Serra das Veredas	Fm. Fazendinha	Mb. Mosquito	Sg. Espinhaço	Grupo Sítio Novo	Fm. João Dias
			Mb. Vereda	Fm. Bom Retiro													Mb. Serra da Vereda
			...	Fm. São Marcos												Mb. Mosquito	Fm. Fazendinha
			Mb. Mosquito			Fm. Sítio Novo				...	Fm. Veredas						
			...	Fm. São Marcos		Mb. Mosquito			Fm. Fazendinha	Mb. Mosquito	Fm. Veredas						
	...		Fm. Sítio Novo									...	Fm. Fazendinha				
	Fm. Bom Retiro	Grupo Espinhaço Médio	Fm. São Marcos	Fm. Bom Retiro		Fm. Bom Retiro			Fm. Bom Retiro	Mb. Mosquito	Fm. Bom Retiro	Fm. Bom Retiro	Grupo São Marcos	Fm. Mosquito			
	Fm. Pajeú	Fm. Bom Retiro	Fm. São Marcos		Fm. Bom Retiro		Fm. Bom Retiro	...						Fm. Riacho do Bento	Fm. Riacho do Bento		
	...	Grupo Espinhaço Inferior	Fm. Pajeú	Fm. Pajeú	Fm. Pajeú	Fm. Pajeú	Fm. Pajeú	Fm. Pajeú	Sg. Oliveira dos Brejinhos	Grupo Pajeú	Fm. Bomba						
			Fm. Pajeú								Fm. Pajeú	Fm. Pajeú	Fm. Pajeú	Fm. Bomba			
										Grupo Botuporã	Fm. Ipuçaba						
											Fm. Riacho Fundo						
											Fm. Sapiranga						
										Fm. São Simão							
										Fm. Algodão							

Figura 3 – Comparação simplificada entre as principais prostratigráficas existentes para o Espinhaço setentrional, incluindo a proposta apresentada neste trabalho.

de ausência de contato direto e de evidências de vulcanismo, ou de clastos derivados, similar ao do sistema São Simão. Dados geocronológicos são necessários para elucidar esse ponto.

O Sistema São Simão consiste apenas de rochas vulcânicas ácidas, deformadas em graus variados. Em geral essas rochas são referidas como quartzo-pórfiros, devido à presença de porfiroclastos (fenocristais) de quartzo azulado em matriz félsica muito fina (Costa 1976, Costa & Silva 1980). Predominam riolitos, com rioclastos subordinados. Nas áreas com deformação moderada a alta, essas rochas são quartzo-muscovita-xistos e com foliação milonítica e perda da textura vulcânica. A unidade tem espessura a 500 m na Serra de São Simão.

A falta de evidências diagnósticas de ambiente da pilha vulcânica deste sistema, a ausência de relações de contato evidentes com as demais unidades da bacia Espinhaço, e a ausência de depósitos vulcanoclásticos ou siliciclásticos dificultam a interpretação do ambiente de vulcanismo, mas este é normalmente esperado em sítios vulcânicos associados com bacias tafrogênicas (Orton 1996). Ademais, o sítio deposicional dessa unidade está deslocado em relação ao bacinal anterior. Assim, é apenas possível supor que essa unidade represente o registro de magmatismo ácido, cuja preservação foi favorecida por uma fase subsequente de “captura

tectônica”, talvez relativa a estágio seguinte de formação da bacia. Portanto, essa unidade registra o segundo episódio da evolução da bacia Espinhaço na região e se correlaciona com a Formação Rio dos Remédios, na Chapada Diamantina, com idade de *ca.* 1,75 Ga (Estateriano inferior) e gerada durante o extensivo magmatismo félsico do domínio do paleocontinente Sanfranciscano.

**Sistema Sapiranga** O Sistema Sapiranga, aqui proposto, consiste de conglomerado basal seguido de expressivo volume de arenito. No topo da unidade, ocorrem restritas intercalações de metapelito. Suas exposições distribuem-se ao longo da margem centro-sudeste do bloco de Boiquira e, como o Sistema Algodão, estas rochas foram, durante o Projeto Chumbo (Schobbenhaus 1972), denominadas como Formação São Marcos. Costa & Silva (1980), e trabalhos subsequentes, as incluem na Unidade e/ou na Formação Pajeú, sem maiores considerações. No presente trabalho, o Sistema Sapiranga é interpretado como seqüência distinta e relativamente mais velha do que a Unidade Pajeú e mais jovem do que os sistemas Algodão e São Simão.

No arcabouço estratigráfico estudado, o Sistema Sapiranga está sobreposto às rochas metassedimentares do Sistema Algodão, por contato deposicional brusco, subconcordante e com caráter

semi-regional. Localmente, os estratos acima e abaixo do contato dispõem-se em discreta angularidade. O contato situa-se na base de extenso e espesso pacote de conglomerados que marcam uma mudança brusca no regime deposicional. A presença de clastos de rochas sedimentares e vulcânicas félsicas nos conglomerados mais basais sugere que a área-fonte consistia de unidades sotopostas. A parte mais espessa do Sistema Sapiranga, situada na sua porção central, tem cerca de 3.800 m.

O sistema pode ser dividido em três conjuntos litofaciológicos com expressão areal, não cartografados neste trabalho, e que compreendem o basal (SPB), intermediário (SPI) e o superior (SPS). O conjunto SPB tem até 400 m de espessura e consiste de conglomerado rico em fragmentos de rochas vulcânicas e arenitos feldspáticos, com estratificação cruzada acanalada e planar. O conjunto SPI, de espessura superior a 3000 m, é uma monótona sucessão de arenitos puros a feldspáticos, finos a médios e com estratos cruzados de grande porte. O conjunto SPS, com espessura mínima de 300 m, é composto por arenitos finos a médios, com intercalações subordinadas de pelito e vulcânicas intermediárias (> 50 m de espessura) situadas no topo. De modo geral, a sucessão de fácies da unidade apresenta granodecrescência ascendente. As variações laterais e verticais de fácies mais marcantes ocorrem principalmente no conjunto basal.

Assim, as fácies do conjunto SPB indicam deposição em ambiente de leques aluviais e fluvial, ao passo que as do SPI em ambiente eólico e do SPS em sistemas costeiros. De modo geral, as fácies dessa unidade são semelhantes às do Sistema Algodão, o que sugere um provável segundo episódio de rifteamento na região, seguido de subsidência passiva, talvez termoflexural, como sugere a natureza litológica dos seus intervalos médio e superior.

**Sistema Pajeú** Esta unidade é a seqüência vulcano-sedimentar basal do Espinhaço setentrional mapeada no Projeto Chumbo como Formação Pajeú (Kaul 1970) e, posteriormente, melhor cartografada e descrita no Projeto Santo Onofre (Costa & Silva 1980). As rochas da unidade compreendem conglomerados, arenitos e pelitos, subordinadamente rochas vulcânicas situadas no topo da unidade. O Sistema Pajeú ocorre como estreita e longa faixa na borda leste do bloco de Boquira, descontínua na parte central, e dividida nos segmentos meridional e setentrional. Apesar da descontinuidade, ambos domínios se correlacionam por meio do acervo litofaciológico e posição estratigráfica. No presente trabalho, se mantém a integridade do corpo principal da Formação Pajeú, como descrito na literatura, exceto pela subtração das sucessões dos sistemas Algodão e Sapiranga, aqui definidas. A espessura estimada na porção setentrional do Sistema Pajeú é variável, mas aumenta progressivamente para norte, onde alcança 2.500 m. Contrariamente, no segmento meridional, a espessura aumenta para sul, até atingir valores superiores a 3.000 m.

Grande parte do limite inferior deste sistema é uma superfície de contato com rochas do Complexo Paramirim, a qual define, assim, importante não-conformidade na bacia, exceto no extremo sul, onde a unidade assenta sobre o Sistema Sapiranga, o que é marcado por brusca quebra nas condições de deposição. Grande parte da superfície está sotoposta a fácies areno-conglomeráticas, com evidências de erosão profunda do embasamento. No segmento meridional, a superfície de contato está transformada por deformação e desacoplamento tectônico entre a cobertura e o embasamento, resultante da inversão da bacia (Danderfer 2000).

Na presente investigação, a coluna sedimentar do Sistema Pajeú

é formalmente dividida em três formações, com características próprias. Da base para o topo, estas compreendem as Formações Riacho Fundo, Ipuçaba e Bomba. Na duas primeiras, a sedimentação foi predominantemente siliciclástica e, na última, dominam rochas vulcanogênicas. A Formação Riacho Fundo, com espessura máxima de 2.000 m, foi descrita por Kaul (1970) como membro da Formação Pajeú. A unidade consiste de conglomerados polimíticos maciços e gradacionais, arenitos feldspáticos com estratificação cruzada acanalada e tabular de diversas dimensões. A mesma ocorre por quase toda a extensão da base do Sistema Pajeú, exceto no norte do segmento meridional, onde está ausente e as rochas da Formação Bomba cobrem o Complexo Paramirim.

Em contraste, a Formação Ipuçaba compreende arenitos finos a muito finos, interestratificados com pelitos. Localmente ocorrem brechas intraformacionais. Este arranjo define, aparentemente, ritmicos, ora mais arenosos, ora mais pelíticos, sobrepostos à Formação Riacho Fundo. São comuns, nestas rochas, estruturas de fluxo gravitacional, de deformação penecontemporânea e laminação do tipo *climbing ripples*. A formação ocorre ao longo da porção norte do segmento setentrional e sul do meridional, podendo alcançar espessura pouco superior a 1.000 m. A natureza sedimentar da unidade e dos processos deposicionais são aqui reconhecidos pela primeira vez, o que justifica sua individualização no Sistema Pajeú. Parte relevante de suas rochas foi considerada por Costa & Silva (1980) como produtos de metamorfismo de contato.

A Formação Bomba, como definida por Kaul (1970), reúne as rochas vulcânicas, vulcanoclásticas e epiclásticas félsicas a intermediárias que ocorrem apenas no topo do segmento meridional do sistema Pajeú. A espessura máxima da unidade é de 600 m. As concepções anteriores sobre a gênese e posição estratigráfica desta formação não eram claras, pois suas rochas foram ora definidas como intrusivas, ora extrusivas e, ainda, com ocorrências correlatas com rochas vulcânicas da Formação Rio dos Remédios e, assim, mais velhas do que a sedimentação do Sistema Pajeú, ou mesmo mais nova na pilha sedimentar. Entretanto, a presença de amígdalas e feições de interação com água e sedimentos durante a erupção e a interdigitação de fácies vulcânicas com epiclásticas, esclarecem bem essas questões.

As formações Riacho Fundo e Ipuçaba definem, em conjunto, uma seqüência de fácies terrígenas com baixa maturidade textural e mineral, granodecrescência ascendente, associada a afinamento de camadas e aumento da fração pelítica para o topo. Em ambas, e também na Formação Bomba, há variações verticais e laterais de fácies que, apesar disso, podem ser previsíveis dentro da arquitetura bacinal do Sistema Pajeú. Uma atividade hidrotermal, designada por Danderfer (2000) de hidrotermalismo “verde”, ocorreu nos estágios finais da formação da bacia correspondente e atingindo todas as rochas do sistema descrito, com desenvolvimento de paragêneses com, dentre outros, quartzo, tremolita-actinolita, granada e sulfetos.

O Sistema Pajeú representa o preenchimento típico de rifte durante a evolução da bacia Espinhaço. Estima-se que a geração dessa bacia tenha transcorrido em algum instante do Estateriano, entre 1,75 e 1,65 Ga. As características sedimentares do sistema permitem interpretar a configuração da bacia como dois hemigrábens, com falhas de borda convergentes de orientação próxima de E-W. Nestas sub-bacias, as rochas da Formação Riacho Fundo representam deposição em leques aluviais, fluvial entrelaçado e eólico, cobertas pelas fácies delta-lacustre retrogradacional

da Formação Ipuçaba. Dados de paleocorrentes sugerem aporte axial de sedimentos, paralelo à direção das falhas marginais. No hemigráben meridional, o preenchimento da bacia finalizou com o vulcanismo da Formação Bomba. Segundo Danderfer (2000), na Chapada Diamantina, as formações Ouricuri do Ouro, basal, e Lagoa de Dentro são faciologicamente semelhantes ao Sintema Pajeú, mas sem vulcanismo final.

**Sintema Bom Retiro** O Sintema Bom Retiro consiste de depósitos arenosos que, nos projetos Chumbo (Schobbenhaus 1972) e Santo Onofre (Costa & Silva 1980), foram designados de Formação Bom Retiro e Unidade Bom Retiro, respectivamente. Trabalhos posteriores adotam, sem restrições, os limites e a hierarquia de formação para essa unidade, posicionada na base do intervalo médio do Espinhaço setentrional, imediatamente acima do Sintema Pajeú. A cartografia do Sintema Bom Retiro durante esta pesquisa coincide bastante com a dos trabalhos anteriores e define uma longa e estreita faixa exposta ao longo da borda leste do bloco de Boquira. O seu limite inferior é marcado, por longa extensão, pelo seu contato com rochas do Sintema Pajeú, ora com rochas sedimentares das formações Riacho Fundo e Ipuçaba, ora com vulcânicas da Formação Bomba. Em ambos casos, há uma quebra brusca na sucessão litofaciológica, não raro com certa angularidade entre os estratos. Na parte central, área onde a faixa do Sintema Pajeú é descontínua, as rochas do Sintema Bom Retiro cobrem rochas do Complexo Paramirim, assinalando uma inconformidade. No extremo sul, a unidade está sobreposta às rochas dos sintemas Sapiranga e Algodão.

A arquitetura estratigráfica do Sintema Bom Retiro é, comparativamente às outras unidades, simples e marcada por espessa e monótona seqüência de quartzo-arenitos texturalmente maduros, bem selecionados, com variações laterais e verticais significativas de fácies e estratificações cruzadas de grande porte a gigantes. Estas características contrastam com as das unidades adjacentes e provavelmente retratam condições deposicionais de regime eólico “seco” (i.e., com lençol freático profundo). A espessura da unidade é variável ao longo de sua extensão e situada entre 500 m e mais de 4.000 m no setor setentrional. Os depocentros se situam, aparentemente, nas extremidades sul e norte, coincidindo com os do Sintema Pajeú. As menores espessuras ocorrem no segmento central.

Do exposto se conclui que o contato inferior do sintema marca uma mudança significativa das condições tectônicas. As seqüências dos sintemas Pajeú e Bom Retiro não mostram afinidade ou de relação temporal da deposição com a do Sintema Bom Retiro. Ademais, a deposição das fácies dos sintemas inferiores foi controlada por fatores tectônicos e climáticos que não ocorrem na superior, a qual marca uma aparente quiescência do sítio bacinal. A discordância é marcada pelo aporte de areias composicional e texturalmente maduras e depositadas, sob regime eólico, sobre fácies diversas e de baixa maturidade do Sintema Pajeú.

Assim, o Sintema Bom Retiro é interpretado como produto de sedimentação persistente, de duração relativamente prolongada, sem alterações significativas das condições ambientais e natureza do suprimento de clastos. É provável que esta sucessão reflita o preenchimento de uma flexura intracontinental, formada logo após o evento rifte Pajeú, sob baixa taxa de subsidência, sem movimentos tectônicos significativos. A unidade pode ser correlacionada com as formações Mangabeira, na Chapada Diamantina, e Galho

do Miguel, no Espinhaço meridional, e ser mais antiga do que intrusivas básicas da primeira, de idade 1,51 Ga (Babinski *et al.* 1999).

**Sintema São Marcos** O Sintema São Marcos engloba a seção estratigráfica intermediária do intervalo médio do Espinhaço setentrional, de natureza siliciclástica e situada logo acima do Sintema Bom Retiro. A unidade foi considerada na hierarquia de formação por Schobbenhaus (1972) e utilizada para englobar todo o intervalo médio, de área aflorante mais extensa. Entretanto, o reconhecimento de uma discordância regional nesse intervalo permitiu dividir a formação em duas unidades limitadas por discordâncias. O intervalo médio superior será descrito no Sintema Sítio Novo. Relativamente a outras propostas, o sintema em foco corresponde a uma parte relevante da Formação São Marcos, como descrita por Inda & Barbosa (1978), a quase totalidade da Formação Fazendinha (Grupo Oliveira dos Brejinhos), como definido por Schobbenhaus (1993), ao intervalo superior do Grupo Borda Leste (formações Riacho do Bento e Mosquito) e à parte da Formação Salto, porção inferior do Grupo Serra Geral de Barbosa & Dominguez (1996).

O Sintema São Marcos ocorre no interior de longa faixa de largura variável ao longo de toda a porção centro-oriental do compartimento de Boquira, e se prolonga para sul, onde participa do domínio fisiográfico do Espinhaço central. A espessura da unidade cresce gradualmente de sul e norte em direção à porção central, de cerca de 2.500 m a próximo de 9.000 m. A coluna sedimentar do sintema se subdivide, da base para o topo, nas formações Riacho do Bento, Mosquito e Fazendinha, e correspondem às propostas por Costa & Silva (1980), com ligeiras modificações no traçado dos seus limites cartográficos.

As formações Riacho do Bento (máx. de 2.800 m) e Fazendinha (máx. de 4.000 m) são litologicamente semelhantes e consistem de metarenitos muito finos a grossos, feldspáticos ou micáceos, e com estratificações cruzadas diversas, com intercalações subordinadas de metapelito e raros níveis de metarenito muito grosso a microconglomerático. Os protólitos das rochas de ambas unidades foram predominantemente depositados por fluxos oscilatórios relacionados a correntes de tempestade e de marés. Contudo, a base da mesma consiste de fácies eólica de nível freático elevado. Já a Formação Mosquito (máx. de 2.000 m), originalmente descrita por Kaul (1970), compreende proporções variadas e interestratificadas de metarenitos muito finos a médios e metapelitos, cujos protólitos foram depositados em sistema deltaico com aumento, para o topo, da quantidade de areia e espessamento dos leitos. As relações de contato entre as formações Riacho do Bento e Mosquito, e entre Mosquito e Fazendinha são transicionais, sem evidência de descontinuidades.

Apesar do contato basal do Sintema São Marcos não ser facilmente visível, pois grande parte do mesmo está coberta por sedimentos recentes, o mesmo assinala o aporte significativo de sedimentos arenosos ricos em feldspato, isto é, de menor maturidade e atuação de processos costeiros (eólicos e marés) logo acima das fácies eólicas do Sintema Bom Retiro e, assim, retratando mudança na assinatura sedimentar, na forma de retrabalhamento do aporte sedimentar e, possivelmente também, de área-fonte. No extremo sudeste do Espinhaço a unidade assenta ora sobre as rochas vulcânicas do Sintema São Simão, ora sobre as do Complexo Paramirim, o que sugere, como hipótese inicial, contato inferior por discordância e mudança de regime deposicional.

Os depósitos do Sintema São Marcos materializam o preenchimento de ampla sinéclise intracontinental durante evento de

subsidência flexural de origem incerta (sexto evento da bacia Espinhaço). A espessura máxima se localiza em um único depocentro situado na parte central do bloco de Boquira, com diminuição de espessura para norte e sul.

A evolução do sistema pode ser apreciada mediante três tratos deposicionais. O basal é transgressivo a gradacional depositado em sistemas costeiros e marinho raso plataformais (Formação Riacho do Bento). O intermediário foi depositado em sistema deltaico, aparentemente do tipo marinho-dominado, e é interpretada como um trato de mar alto (Formação Mosquito). O de topo marca o retorno de trato transgressivo-gradacional, de sistemas costeiros e marinho raso plataformais (formação Fazendinha). O predomínio de fácies de granulação muito fina a média sugere que a sedimentação do sistema ocorreu sob lentas taxas de subsidência, com variações eustáticas, mas sem formação significativa de fácies de granulação muito grossa que possam se relacionar a movimentos tectônicos rápidos. Hipoteticamente, as unidades do Sistema São Marcos podem ser correlacionadas com as formações Ipujiara e Guiné na Chapada Diamantina, e depositadas entre 1,2 e 1,5 Ga (do Calimiano ao Ectasiano). Intrusivas básicas consideradas por alguns autores (por ex. Sá 1981), como mais antigas que 1,1 Ga cortam estas rochas.

**Sistema Sítio Novo** O Sistema Sítio Novo ocorre no compartimento Boquira, imediatamente sobreposto ao Sistema São Marcos e, em quase toda extensão do compartimento Ibotirama, cobre rochas do Complexo Paramirim. O sistema se assemelha à sucessão siliciclástica do intervalo médio superior do Espinhaço setentrional e de maior expressão cartográfica na região. Como na unidade anterior, esse sistema proveio da individualização de pacote sobreposto à uma superfície de discordância regional, que dividiria a formação São Marcos aproximadamente ao meio, tal como definida no Projeto Chumbo (Schobbenhaus 1972). A porção inferior corresponderia ao Sistema São Marcos. O termo 'Sítio Novo' foi proposto por Kaul (1970), para referir aos arenitos situados a oeste da Serra da Vereda, e empregado por Schobbenhaus (1972) para designar um membro da Formação São Marcos. Inda e Barbosa (1978) elevaram a unidade à categoria de formação, designação esta também empregado por Inda *et al.* (1984) e Barbosa & Dominguez (1996). A Formação Sítio Novo, como conhecida na literatura, corresponde em extensão às unidades João Dias, Serra dos Brejinhos e Serra das Garapas, do domínio ocidental, e Umbuzeiro e Viramundo, do oriental no Projeto Santo Onofre (Costa & Silva 1980). Contudo, na proposta de Schobbenhaus (1993), a Formação Sítio Novo não foi considerada como unidade litoestratigráfica e incorpora suas rochas no Grupo Santo Onofre, com redefinição do mesmo.

Nesta trabalho, o Sistema Sítio Novo corresponde a quase toda a extensão da Formação Sítio Novo de Inda & Barbosa (1978), somada a rochas da Unidade Serra das Veredas, da porção superior da Unidade Fazendinha e parte da Unidade Serra dos Brejinhos. As rochas rudáceas da Unidade João Dias, consideradas pelos referidos autores como basais à seqüência, não são incluídas neste sistema, por serem interpretadas como de posição estratigráfica superior, isto é, integrarem o acervo do Sistema Santo Onofre, descrito adiante. Da mesma forma, parte da Unidade Serra dos Brejinhos é interpretada como mais nova, e situada acima das brechas João Dias.

A partir destas considerações, propõe-se que o Sistema Sítio Novo consiste de três unidades formais, isto é, as formações Veredas, Viramundo e Garapa. A Formação Veredas, basal ao pacote,

integra a Unidade Serra das Veredas e a porção superior da Unidade Fazendinha (subunidade 2), praticamente como proposto por Costa & Silva (1980). A Formação Viramundo ocorre ao longo do compartimento de Boquira, imediatamente acima da Formação Veredas e seu equivalente no compartimento de Ibotirama é a Formação Garapa. A natureza das três unidades é essencialmente siliciclástica, com alguns espessos horizontes de pelito, dentre os quais, pelo menos três, situados na Formação Viramundo e mapeados por Costa & Silva (1980) como pertencentes à Unidade Umbuzeiro. A relação de contato entre as formações Garapa-Viramundo e Veredas é normalmente concordante, porém em alguns locais pode ser brusca ou gradacional, com mudança significativa no padrão de sedimentação, o que sugere a presença de uma superfície de descontinuidade entre elas. Entretanto, devido ao caráter local e não regional dessa superfície optou-se por manter essas unidades no mesmo sistema. Por outro lado, na porção centro-norte do Bloco de Ibotirama, a Formação Garapa contém um horizonte carbonático que, neste trabalho, é denominado de Membro Sucurial. O contato desta subunidade com rochas sotopostas e sobrepostas é gradacional rápido, sem evidências de descontinuidade da sedimentação. Este membro foi considerado por Costa & Silva (1980) como parte da Unidade Santo Onofre.

A espessura estimada do Sistema Sítio Novo varia de um local ao outro dentro de um mesmo compartimento, mas é contrastante se comparados os oriental e ocidental. No bloco de Boquira, varia de 4.000 a 12.000 m, com depocentro em forma de calha de direção NNW-SSE, a leste da falha de Santo Onofre. No bloco de Ibotirama, varia entre 1.500 e 2.000 m, sem evidência de uma tendência de espessamento que marque depocentro preferencial.

A Formação Veredas (máx. de 2.000 m) consiste de pacote arenoconglomerático, com marcantes variações laterais e verticais de fácies. As rochas desta unidade compreendem conglomerados e microconglomerados oligomíticos ortoquartzíticos e diamictitos arenosos, localizados preferencialmente na base do pacote, arenitos finos a muito grossos e variáveis entre quartzo-arenitos, arenitos feldspáticos a líticos, com variada estratificação cruzada e interestratificados, em proporções variadas, e raros metapelitos. Como registrado por Fleischer (1971), Schobbenhaus (1972) e Costa & Silva (1980), a porção intermediária da seção contém um horizonte de média de 10m de metarenito com dumortierita e/ou cianita.

As formações Viramundo (máx. de 9.500 m) e Garapa ( $\pm$  1.500 m) são litologicamente semelhantes e consistem de arenitos muito finos a grossos, raramente muito grossos, puros a feldspáticos e com estratificação cruzada diversa. Camadas e lentes de metapelito são subordinados, mas, em particular na Formação Viramundo, ocorrem como alguns horizontes espessos (Unidade Umbuzeiro de Costa & Silva 1980). Localmente ocorrem leitos de microconglomerado. O Membro Sucurial tem cerca de 300 m de espessura e consiste de mármores dolomíticos e calcíticos com estromatólitos, situados entre metapelitos basais e metarenitos da Formação Garapa.

O limite inferior do Sistema Sítio Novo é uma superfície de erosão profunda da porção superior do Sistema São Marcos e diagnosticado, em boa parte, por conglomerados basais, bem como pela descontinuidade deposicional entre as unidades. Ademais, as intrusões básicas no pacote inferior não alcançam esta superfície. No bloco de Boquira, a discordância separa as rochas dos Sistemas São Marcos e Sítio Novo, o que acompanhado pela brusca mudança na natureza das fácies sedimentares e ambientes deposicionais. Rochas sotopostas, pertencentes ao topo do Sistema São Marcos, foram depositadas em ambiente marinho



plataformal (Formação Fazendinha), ao passo que as sobrepostas são continentais (Formação Veredas), localmente com diamictitos contendo fragmentos de arenito sem deformação e metamorfismo, e arenitos líticos e argilosos (grauvacas), o que sugere erosão de rochas sotopostas, inclusive de máficas intrusivas. No bloco de Ibotirama, as rochas clásticas do Sintema Sítio Novo transgridem rochas cristalinas ao longo de uma não-conformidade.

Apesar da semelhança de pacote sedimentar entre os Sintemas Sítio Novo e São Marcos, o arcabouço estratigráfico do primeiro é distinto e evoluiu em sistema bacinal próprio. A natureza clástica do Sítio Novo sugere o preenchimento de possível rifte assimétrico, extenso e originado durante o sétimo evento geodinâmico da bacia Espinhaço. A falha de Santo Onofre, de direção NNW-SSE, possivelmente define o limite entre os blocos da lapa, a oeste, e da capa, conformando geometria do tipo hemigráben. A espessura da unidade varia de acordo com a posição na bacia, alcançado até 12.000 m na capa e menos de 2.000 m na lapa. O preenchimento inicial do rifte ocorreu com os protólitos das rochas da Formação Veredas, sobretudo no bloco da capa, com depósitos de leques aluviais, fluvial e eólico na base, e de zona costeira no topo com evidências de deposição já no estágio de golfo. A presença de dumortierita em determinado intervalo sugere deposição de evaporitos. O preenchimento do restante e mais volumoso do hemigráben realizou-se com depósitos que variam de litorâneo a marinho raso de rampa siliciclástica, com alguma influência deltaica (Formação Viramundo). Durante a sedimentação houve competição entre processos dominados por ondas normais, de tempestade e correntes de maré. Na capa, o equivalente desta pilha são as rochas da Formação Garapa, na qual ocorrem apenas fácies depositadas em sistemas litorâneo e marinho raso plataformal. Localmente ocorrem mármore com estromatólitos, com os do Membro Sucursal.

O Sintema Sítio Novo pode ser correlacionado com formações do Grupo Chapada Diamantina, supostamente no Esteniano, durante algum intervalo entre 1,0 e 1,2 Ga.. Aquelas formações ocupariam o espaço gerado na borda flexural do rifte. Dados radiométricos pelo método Pb-Pb dos mármore estromatólíticos deste sintema foranearam idade de  $1.140 \pm 140$  Ma (Babinski *et al.* 1993).

**Sintema Santo Onofre** O termo ‘Santo Onofre’ foi empregado no Projeto Chumbo (Schobbenhaus 1972) para englobar praticamente toda a cobertura composta de rochas vulcânicas e sedimentares do Espinhaço setentrional. O termo também foi utilizado em alguns trabalhos de síntese posteriores (por ex. Fernandes *et al.* 1982). Trabalhos posteriores o empregaram de forma a conter apenas parte ou todo o intervalo superior, ou, ainda, parte do intervalo médio do Supergrupo Espinhaço. Inda & Barbosa (1978), Inda *et al.* (1984) e Barbosa & Dominguez (1996) a consideram na hierarquia de formação, ao passo que Costa & Silva (1980) na de unidade e Schobbenhaus (1993) na de grupo, mas os limites da mesma variam entre os autores. Neste trabalho, o Sintema Santo Onofre compreende as unidades Boqueirão, Santo Onofre e João Dias, tal como mapeadas e informalmente designadas por Costa & Silva (1980), e englobando quase todo o intervalo superior do Espinhaço setentrional.

O sintema está exposto ao longo de toda a extensão oriental do bloco de Ibotirama e ocidental do bloco de Boqueira, seccionado em boa parte pela falha de Santo Onofre. A unidade também ocorre junto a falha do Muquém, limite entre os blocos de Ibotirama e Guanambi-Correntina, na forma de faixas descontínuas estreitas e

extensão variada. Mesmo desmembrada, os vários segmentos são perfeitamente correlacionáveis, tanto pelas fácies características quanto pela posição estratigráfica definida.

O sintema contém três formações com características sedimentares distintas e denominadas de Canatiba, Boqueirão e João Dias. Estas unidades são essencialmente siliciclásticas, com predomínio de pelitos na primeira, sedimentos pelítico-psamíticos na Formação Boqueirão e ruditos na Formação João Dias. As relações de contato mostram que a Formação Canatiba situa-se na base do sintema, mas, para oeste, lateralmente se interdigita e, em direção ao topo, passa gradualmente para a Formação Boqueirão. Estas relações ocorrem a leste e oeste da falha de Santo Onofre. Por outro lado, a Formação João Dias se situa no topo do sintema, mas, em algumas seções a leste, se interdigita lateralmente com a Formação Boqueirão. Isto mostra que a configuração regional e relações estratigráficas entre as unidades deste sintema são complexas e marcadas por amplas variações verticais e laterais de fácies. A espessura do sintema é superior a 4.000 m, mas incerta devido ao grau avançado de encurtamento tectônico de parte da sucção e a movimentos ao longo da falha de Santo Onofre que resultaram em complicações estruturais do arcabouço estratigráfico. Isto, por seu turno, dificulta a identificação de depocentros. Aparentemente, a unidade se depositou em várias calhas profundas de orientação NNW-SSE.

A Formação Canatiba (mín. 1.200 m) é dominada por metapelitos, em geral carbonosos, cujo topo contém intercalações de arenito fino a médio. Essas rochas foram descritas, pela primeira vez, por Schobbenhaus (1972). O autor a situou na Formação Santo Onofre, mas Costa & Silva (1980) a individualizam sob a denominação de fácies Canatiba da Unidade Santo Onofre. Trabalhos subsequentes não a reconhecem como unidade independente. Já Fernandes *et al.* (1982) utilizam esse termo para definir uma sucessão mais extensa no segmento estudado. No presente trabalho adota-se como área de ocorrência da unidade a cartografada por Costa & Silva (1980), com pequenas variações dos seus limites. A sua área de ocorrência limita-se à parte central do Espinhaço setentrional, onde assenta sobre a Formação Viramundo, do Sintema Sítio Novo, e, assim, representando a porção basal do Sintema Santo Onofre.

A Formação Boqueirão (mín. 4.000 m) consiste de pelitos, carbonosos ou não, e arenosos de granulação fina a muito grossa, até microconglomerados, mapeados por Costa & Silva (1980) sob a denominação de, respectivamente, unidades Santo Onofre e Boqueirão. A unidade corresponde à Formação Santo Onofre de Schobbenhaus (1972), Inda & Barbosa (1980) e Barbosa & Dominguez (1996) ou a parte da Formação Canatiba de Fernandes *et al.* (1982). Contudo, dados de campo mostram que os efeitos de interdigitação em toda a área de ocorrência da unidade dificultam a individualização uma unidade com predomínio de arenitos e outra de pelitos. Além dessas rochas, a unidade também contém, de forma subordinada, camadas de conglomerado interestratificadas com pelitos e arenitos. Os contatos inferior, com a Formação Canatiba, e superior, com a Formação João Dias, são marcados por amplas interdigitações laterais e verticais, sem discordância ou quebra significativa na sedimentação.

As rochas da Formação João Dias (mín. 500 m), descritas por Rego (1926) e Beurlen (1970), são restritas e foram cartografadas, no Projeto Santo Onofre (Costa & Silva 1980), ao longo da borda ocidental do bloco de Ibotirama. Estas consistem de brechas sedimentares e, em menor volume, conglomerados, às vezes difusamente interestratificados com arenitos grossos a muito grossos, às vezes microconglomeráticos, e raros pelitos carbonáticos

e chert laminado. Estas rochas sustentam cristas baixas e ocorrem em faixas estreitas descontínuas. O significado destas rochas quanto a sua origem (sedimentar ou tectônica) e posição estratigráfica sempre foi questão aberta, o que relegou a sua importância e significado geológico na evolução da bacia Espinhaço a um segundo plano. Entretanto, Schobbenhaus (1993) esboça a evolução da parte superior do Supergrupo Espinhaço e coloca a Unidade João Dias na base do Grupo Santo Onofre, por ele redefinido, acrescido das rochas siliciclásticas das unidades Garapa, Boqueirão e Santo Onofre de Costa & Silva (1980). Já Danderfer (2000), constatou que as rochas rudáceas João Dias estão lateral e complexamente interdigitadas com os da Formação Boqueirão e/ou dominam algumas partes do topo do Sintema Santo Onofre.

O contato inferior do Sintema Santo Onofre, frente ao arcabouço tectônico do Espinhaço, se caracteriza de três formas. No compartimento tectônico de Boquira, embora concordante, o contato com as rochas do Sintema Sítio Novo é deposicional brusco e evidenciado pelo recobrimento de sedimentos marinhos plataformais do Sintema Sítio Novo pelas fácies pelágicas e hemipelágicas da Formação Canatiba do Sintema Santo Onofre e, assim, por mudança repentina de fácies, ambientes e sistema deposicional. No compartimento de Ibotirama, o contato é por discordância angular, bem visível em imagem de satélite, entre os turbiditos da Formação Boqueirão as rochas do Sintema Sítio Novo sotoposto. Em trabalhos de campo, a discordância angular é dada pela direção N-S dos estratos do Sintema Sítio Novo e NNW-SSE das camadas do Sintema Santo Onofre. Por fim, nesse compartimento, a discordância se materializa pela erosão de rochas do Complexo Paramirim e do Sintema Sítio Novo, expostas por soerguimento, com isto passando a atuar como área-foante do Sintema Santo Onofre.

Ao longo da porção ocidental da Serra do Espinhaço, acima das brechas sedimentares da Formação João Dias ocorrem duas unidades litologicamente distintas e conhecidas sob a denominação de Formação Brejinhos, constituída de pelitos, e a Formação Sete Lagoas, composta de calcarenitos com intercalações subordinadas de calciruditos e calcissilitos. Ambas pertencem ao grupo (Sintema) Bambuí e assentam sobre rochas do Sintema Santo Onofre por meio de desconformidade que separa ambientes deposicionais contrastantes. Contudo, a relação entre elas não é clara, uma vez que aflora em regiões distintas, sem relação direta de contato. O contato entre o Sintema João Dias e a Formação Sete Lagoas é, em alguns locais, um horizonte de chert finamente acamadado, ainda pouco compreendido no cenário bacinal. As feições sedimentares dessas unidades são típicas de ambiente marinho raso, com retrabalhamento por ondas e tempestades.

O Sintema Santo Onofre é o registro do último evento de preenchimento da bacia principal nos domínios da área investigada. Sua assinatura sedimentar é compatível com o desenvolvimento de uma bacia do tipo *strike-slip*, ou transtrativa, cuja atividade tectônica deflagrou a profunda erosão no bloco de Ibotirama e formação da discordância angular com rochas do Sintema Sítio Novo, subjacentes. Ao longo da falha do Muquém, borda principal da bacia, formaram-se hemigrábens preenchidos principalmente por fácies de granulação grossa a muito grossa, depositadas em leques deltaicos da Formação João Dias. Ao longo do eixo principal da bacia, interpretada como calha sinformal de bloco baixo situado a leste dos hemigrábens, o preenchimento deu-se às custas de amplas variações verticais e laterais de fácies de granulação muito fina a muito grossa geradas por fluxos gravitacionais de sedimentos de alta e baixa densidade, ou hiperconcentrados. Boa parte da sucessão definida pela Formação Boqueirão é interpreta-

da como leques de talude submarino, canalizados e espriados, e a outra parte, como de base-de-talude. A fácies de granulação muito fina a fina da Formação Canatiba, intervalo inferior do Sintema Santo Onofre, consiste de turbiditos de baixa a alta densidade depositados ao sopé do talude e fundo de bacia.

O sítio de sedimentação do sintema foi, aparentemente, uma bacia lacustrina ou fiorde tectônico com água marinha, em ambos casos profunda. Danderfer (2000) e Schobbenhaus (1993) propõem que o Sintema Santo Onofre é contemporâneo ao Grupo Macaúbas e à Formação Jequitaiá, porção meridional do Cráton do São Francisco, e talvez à Formação Bebedouro, Chapada Diamantina. Danderfer (2000) interpreta a origem da bacia como produto de tectônica transcorrente durante o Toniano (800 a 900 Ma). Macedo & Bonhomme (1984) obtiveram idades Rb-Sr e K-Ar em torno de 900 Ma e 760 Ma em argilo-minerais respectivamente das formações Bebedouro e Salitre (equivalente à Formação Sete Lagoas na Chapada Diamantina), e Buchwaldt *et al.* (1999) dataram zircões detríticos de diamictitos da Formação Jequitaiá pelo método da evaporação de Pb obtendo idade de 900Ma.

### **CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOLOGIA DA BACIA ESPINHAÇO**

As investigações regionais realizadas no Espinhaço setentrional, permitiram elucidar diversas questões geológicas pendentes acerca desse segmento e trazer novas e importantes descobertas ao entendimento da evolução tectonoestratigráfica daquela bacia. Com base na integração de dados, foi possível tecer novas conjecturas sobre a geologia dessa bacia, a saber:

(i) A bacia Espinhaço é policíclica, pois se caracteriza por diversos ciclos estratigráficos de 1ª ordem e/ou de formação de bacia, é multitemporal, porque o ciclo se desenvolveram em determinados períodos, separados por intervalos de tempo registrados por discordâncias, e é polliistórica (*sensu* Klein 1987), uma vez que cada ciclo é a resposta a determinado processo geodinâmico e/ou de subsidência tectônica definido no tempo e no espaço.

(ii) A partir do quadro tectonoestratigráfico apresentado, definido por 6 ciclos resultantes de subsidência e 2 por flexura passiva, conclui-se que o registro sedimentar da bacia é episódico no tempo geológico e que as discordâncias devem registrar grande parte do tempo envolvido no desenvolvimento da bacia Espinhaço. Assim, é impraticável a aplicação da Estratigrafia de Sequências na análise do seu preenchimento, já que o método avalia ciclos de 3ª ordem em uma bacia de 1ª ordem (por ex. Miall 2000).

(iii) As espessuras máximas das unidades identificadas no Espinhaço setentrional, embora mereçam ser melhor avaliadas, não estão dispostas em um único depocentro bacinal, pois os processos formadores de bacias variaram de um evento ao outro, com migração de depocentros. Assim, os processos tectônicos associados a algumas bacias rotacionaram empilhamentos estratigráficos prévios e inibiram a deposição em depocentros anteriores.

(iv) Grandes volumes do preenchimento da bacia foram provavelmente suprimidos do registro sedimentar durante os eventos de formação de bacias, em virtude do soerguimento excessivo de alguns blocos crustais e conseqüente erosão. Da mesma forma, a configuração da Serra do Espinhaço é fruto da erosão parcial durante o Fanerozóico imposta sobre o seu arcabouço tectônico final (moldado pelo evento Brasileiro). Assim, a extensão cartográfica atual das unidades não corresponde mais aos limites originais de cada bacia.

(v) O termo 'Ciclo Espinhaço', no sentido do Ciclo de Wilson,

deve ser abandonado, pois não envolve abertura de bacia por simples rifteamento, seguido de preenchimento e orogênese.

(vi) O termo 'Aulacógeno do Espinhaço' (Costa & Inda 1982) também não condiz com o modelo exposto, pois o mecanismo geodinâmico de geração de aulacógenos, como atualmente entendido, dificilmente se aplica à bacia Espinhaço, mas não exclui a possibilidade de se aplicar a um ou outro ciclo.

(vii) Sugere-se que a Estratigrafia de Sintemas seja utilizada como novo modelo de investigação da bacia Espinhaço, em substituição à clássica litoestratigrafia. Assim, o termo 'Supergrupo Espinhaço' deve ser abandonado ou criteriosamente revisado, com restrição de emprego.

(viii) Assim, o termo 'bacia Espinhaço' define mais um local de acumulação de bacias sucessivas e superpostas no tempo geológico de evolução da placa Sanfranciscana, a exemplo da bacia do Paraná na placa Sul-Americana (por ex. Milani 1997), ao invés de uma bacia singular de evolução contínua, sem descontinuidades

significativas e resultante de apenas um único evento geodinâmico. Apesar de óbvia no estudo de bacias fanerozóicas, esta consideração é pouco entendida, ou mesmo desconsiderada, no estudo de bacias mais antigas, o que resulta na elaboração de modelos inconsistentes com a Tectônica Global (por ex. Allen & Allen 1990), sobretudo com relação ao *timing* dos processos geológicos e que resultam, em geral, em histórias geológicas demasiadamente longas, inexplicáveis à luz dos processos envolvidos na formação de bacias sedimentares.

**Agradecimentos** À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (processo nº CEX-864/96), instituição que financiou boa parte das despesas necessárias para a realização deste trabalho, ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília pelo suporte institucional, a Eliane Quintão pela revisão ortográfica do original e aos revisores da RBG pelas sugestões e críticas ao manuscrito.

## Referências

- Allen P.A. & Allen J.H. 1990. *Basin analysis*. Principles and applications. Oxford, Blackwell. 451p.
- Alkmim F.F., Neves B.B.B., Alves J.A.C. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco - uma revisão. In: J. M. Dominguez & A. Misi (ed.). *O Cráton do São Francisco*. Salvador, SBG/SGM/CNPq, 45-62.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências*, 7:349-364.
- Babinski M., van Schmus W.R., Chemale F., Neves, B.B.B., Rocha A.J.D. 1993. Idade isocrônica Pb/Pb em rochas carbonáticas da Formação Caboclo, em Morro do Chapéu, BA. In: SBG, Simp. do Cráton do São Francisco, 2, Salvador, *Anais*, p.160-163.
- Babinski M., Neves B.B.B., Machado N., Noce C.M., Uhlein A., van Schmus W.R. 1994. Problemas da metodologia U-Pb em zircões de vulcânicas continentais: caso do Grupo Rio dos Remédios, Supergrupo Espinhaço, Bahia. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 38. Camboriú, *Anais*, 2:409-410.
- Babinski M., van Schmus W.R., D'Agrella Filho M., Trindade R.I.F., Ernesto M. 1999. Contribuição à geocronologia da Chapada Diamantina. In: SBG, Simp. Nac. Estudos Tectônicos, 7, Lençóis, *Anais*, 118-120.
- Barbosa J.S.F. & Domingues J.M.L. coords. 1996. *Geologia da Bahia: texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo*. Salvador, Sec. Ind., Com e Min./SGRM, 440p.
- Beurlen H. 1970. *Geologia da Folha Paratinga - Bahia*. Recife, SUDENE/DRN, 49p. (Série Geol. Regional 12).
- Buchwaldt R., Toulkeridis T., Babinski M., Santos R., Noce C. M., Martins Neto M., Hercos C. M. 1999. Age determination and age related provenance analysis of the Proterozoic glaciation event in central eastern Brazil. In: South American Symposium on Isotope Geology, 2, Cordoba, *Anais*, p. 387-390.
- Chang K.H. 1975. Unconformity-bounded stratigraphic units. *Geol. Society of America Bulletin*, 86(11):1544-1552.
- Costa L.A.M. coord. 1976. *Projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Francisco - LETOS*. Rio de Janeiro, PROSPEC S/A, convênio DNPM/CPRM, 557p. (Relatório Final Integrado, v.1)
- Costa L.A.M. & Inda H.A.V. 1982. O aulacógeno do Espinhaço. *Ciências da Terra*, 2:13-18.
- Costa L.A.M. & Silva W.G. 1980. *Projeto Santo Onofre, mapeamento geológico*. Rio de Janeiro, TRISERVICE, convênio DNPM/CPRM, 374p. (Relatório Final Integrado, v.1)
- Danderfer A. 2000. *Geologia Sedimentar e Evolução Tectônica do Espinhaço Setentrional*. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, Tese de Doutorado, 498p.
- Dominguez J.M.L. 1993. As coberturas do Cráton do São Francisco: uma abordagem do ponto de vista da análise de bacias. M. Dominguez & A. Misi (ed.). *O Cráton do São Francisco*. Salvador, SBG/SGM/CNPq, p. 137-159.
- Dominguez J.M.L. 1996. As coberturas plataformais do Proterozóico médio e superior. In: J. F. S. Barbosa & J. M. Dominguez (eds.) *Geologia da Bahia*. Salvador, SICM/SGRM, p. 105-125.
- Fernandes P., Montes M.L., Brás G., Montes A., Silva L., Oliveira F., Ghignone J.I., Siga Jr. O., Castro, H. 1982. Geologia. In: MME/SG, *Projeto Radambrasil*. Folha Brasília, Brasília, p. 25-204.
- Fleischer R. 1971. *Observações geológicas sobre a dumortierita da Serra das Veredas*. Min. e Met., 54:21-24.
- Inda H.A.V. & Barbosa J.F. 1978. *Texto explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia, escala 1:1.000.000*. Salvador, SME/CPM, 137 p.
- Inda H.A.V., Schorscher H.D., Dardenne M.A., Schobbenhaus C., Haralyi N.L.E., Branco P.C.A., Ramalho R. 1984. O Cráton do São Francisco e a faixa de dobramento Araçuaí. In: C. Schobbenhaus, C. A. Campos, G. R. Derze, H. E. Asmus (ed.) *Geologia do Brasil*. Brasília, DNPM, p. 194-284.
- Kaul P.F.T. 1970. *Geologia da quadrícula Boquira, Bahia*. Recife, SUDENE/DRN/DG, 59p. (Relatório interno).
- Klein G.deV. 1987. Current aspects of basin analysis. *Sedimentary Geology*, 50:95-118.
- Macedo M. H. F. & Bonhomme M. G. 1984. Contribuição à cronoestratigrafia das formações Caboclo, Bebedouro e Salitre na Chapada Diamantina (BA) pelos métodos Rb-Sr e K-Ar. *Rev. Bras. de Geociências*, 14(3):153-163.
- Miall A.D. 1990. *Principles of sedimentary basin analysis*. 2ª ed. New York, Springer-Verlag. 668p.
- Milani E.J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 255p.

*Tectonoestratigrafia da Bacia Espinhaço na porção centro-norte do Cráton do São Francisco: registro de uma evolução poliiistórica descontínua*

- Orton G.J. 1996. Volcanic environments. In: Reading, H. G. ed. *Sedimentary Environments: Process, Facies and Stratigraphy*, 3ªed. Oxford, Blackwell Science, p. 485-567.
- Rego L.F.M. 1926. *Reconhecimento geológico da parte ocidental do Estado da Bahia*. Rio de Janeiro, SGM, p. 33-54. (Boletim 17).
- Sá E.F.J. 1981. A Chapada Diamantina e Faixa Santo Onofre: um exemplo de tectônica intra-placa no Proterozóico Médio do Cráton S. Francisco. In: H. A. A. V. Inda, M. M. Marinho e F. B. Duarte (ed.) *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia*, Salvador, 4:111-120.
- Salvador A. 1994. *International Stratigraphic Guide*. Colorado, IUGS/GSA, 214p.
- Schobbenhaus C. 1972. *Relatório geral sobre a geologia da região setentrional da Serra do Espinhaço - Bahia Central*. Recife, SUDENE/DRN/DG, 91 p. (Série Geologia Regional 19)
- Schobbenhaus C. 1993. *O Proterozóico Médio do Brasil com ênfase à região Centro-Leste: uma revisão*. Universidade de Freiburg, Freiburg, Tese de Doutorado, 166p.
- Schobbenhaus C., Hoppe A., Baumann A., Lork A. 1994. Idade U-Pb do vulcanismo Rio dos Remédios, Chapada Diamantina, Bahia. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 38, Camboriú, *Anais*, 2:397-399.

Manuscrito A-1267

Recebido em 02 de novembro de 2001

Revisão dos autores em 15 de dezembro de 2002

Revisão aceita em 20 de dezembro de 2002