

A Formação Gorutuba: sedimentação litorânea a continental na margem leste da Bacia Bambuí (MG)

The Gorutuba Formation: coastal to continental sedimentation on the eastern margin of Bambuí Basin (MG)

Matheus Kuchenbecker^{1,2}, Dora Atman³, Ricardo Diniz da Costa¹, Antônio Carlos Pedrosa-Soares¹, Marly Babinski⁴

¹Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Instituto de Geociências, Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa, Avenida Antônio Carlos, 6.627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG, BR (mk.geologia@gmail.com; biduufmg@gmail.com; pedrosa@pq.cnpq.br)

²Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Instituto de Ciência e Tecnologia, Núcleo de Geociências, Laboratório de Estudos Tectônicos, Campus JK, Diamantina, MG, BR

³Hidrovia Hidrogeologia e Meio Ambiente, Belo Horizonte, MG, BR (dora@hidrovia.com.br)

⁴Universidade de São Paulo - USP, Instituto de Geociências, Centro de Pesquisas Geocronológicas, São Paulo, SP, BR (babinski@usp.br)

Recebido em 22 de julho de 2015; aceito em 7 de março de 2016

Resumo

Propõe-se neste trabalho a formalização da Formação Gorutuba, unidade que engloba os únicos registros remanescentes de ambientes litorâneos e continentais da margem leste da Bacia Bambuí, desenvolvida durante a Orogênese Brasileira. As rochas da Formação Gorutuba são reconhecíveis em três áreas principais. Nas serras da Jaíba e Colonial, a unidade apresenta um pacote basal de brecha composta por clastos de calcário imersos em matriz arcoseana, que indicam o retrabalhamento do calcário da Formação Jaíba, subjacente. Arcósio ocorre na forma de lentes e camadas intercaladas na brecha, tornando-se predominante em direção ao topo da unidade, onde ocorrem corpos isolados de ortoconglomerado. Na Serra do Gorutuba, a unidade apresenta o mesmo arranjo estratigráfico, porém assenta-se diretamente sobre siltito da Formação Serra da Saudade. No Sinclinal de Buenópolis, por sua vez, arenitos arcoseanos com estratificações cruzadas acanaladas e eventuais lentes de conglomerado e pelito assentam-se sobre siltito da Formação Serra da Saudade, não ocorrendo a brecha basal. A Formação Gorutuba registra um período de soerguimento, exposição e erosão da extensa plataforma marinha representada pelo Grupo Bambuí. A brecha basal, que ocorre nas áreas mais a norte, registra importante discordância erosiva, associada ao retrabalhamento por ondas da plataforma carbonática Jaíba, cujo soerguimento se relaciona à intensa atividade tectônica do período. O aumento da contribuição siliciclástica para o topo está associado à progressiva instalação de um sistema fluvial de alta energia, que marca a fase de colmatação da bacia. A composição dos sedimentos siliciclásticos presentes na matriz da brecha e no restante da unidade sugere a exumação de fontes graníticas no Orógeno Araçuai.

Palavras-chave: Formação Gorutuba; Grupo Bambuí; Orógeno Araçuai; Orogênese Brasileira.

Abstract

In this study, we formally introduce the Gorutuba Formation, unit that encompasses the remaining coastal and continental records of the eastern margin of the Bambuí Basin, evolved during the Brasileiro/Pan-Africano Orogeny. In Minas Gerais, the Gorutuba Formation occurs in three main localities. In Jaíba and Colonial ridges, the unit shows a basal layer of breccia composed by clasts of limestone in arcosean matrix, recording the erosion and reworking of the underlying Jaíba Formation. Arcose occurs as layers and lenses within the breccia, and becomes the main rock to the top, where shows some lenses of ortoconglomerate. In Gorutuba and Rompe Gibão ridges, the unit shows the same stratigraphic pattern, but lies on the Serra da Saudade siltstones. In Buenópolis Sincline, on the other hand, arcosean sandstone with through cross stratification and conglomerate lenses lie on siltstones from Serra da Saudade Formation, lacking the basal breccia. The Gorutuba Formation records an uplift, exposure and erosion stage of the wide Bambuí marine platform. The basal breccia, which occurs in the northernmost areas, records an important unconformity, where the Jaíba carbonatic shelf was reworked by waves in response to the tectonic driven uplift. The increase of the sandstones to the top is associated to the gradual installation of a high-energy fluvial system, marking the clogging stage of the basin. The composition of the sandstones and the breccia's matrix suggests the exhumation of granitic sources in the Araçuai Orogen in this period.

Keywords: Gorutuba Formation; Bambuí Group; Araçuai Orogen; Brasileiro Orogeny.

INTRODUÇÃO

A associação de brechas, conglomerados e arcósios que ocorre nos topos das serras do Gorutuba, Rompe Gibão, Colonial e Jaíba, e também na região de Buenópolis, foi tradicionalmente considerada como pertencente à Formação Três Marias (Costa, 1978; Chiavegatto, 1992; Chiavegatto et al., 1997; Iglesias e Uhlein, 2008; Freitas et al., 2008; Costa, 2011). Essa interpretação calcava-se no fato de a Formação Três Marias ser a única unidade do Grupo Bambuí a possuir predominantemente sedimentos em granulometria areia, em contraste com a espessa seqüência pelito-carbonática que caracteriza o restante do grupo.

O recente avanço nos trabalhos de mapeamento geológico da Bacia Bambuí (e.g. projetos Alto Paranaíba, Norte de Minas e Fronteiras de Minas, Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG/ Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG) acarretou um grande acúmulo de informações sobre a Formação Três Marias, permitindo uma melhor caracterização dessa unidade em termos litológicos e paleoambientais. Com esse detalhamento, percebeu-se que as rochas ora mencionadas apresentam características muito diferentes daquelas observadas na Formação Três Marias no restante da bacia.

Tendo como base essas notáveis diferenças litológicas, Kuchenbecker (2014) propôs que essa associação de brechas, conglomerados e arcósios fosse desvinculada da Formação Três Marias, passando a ser designada, em termos litoestratigráficos, por Formação Gorutuba, unidade do Grupo Bambuí restrita à porção leste da bacia em Minas Gerais. Tal proposta está de acordo com os preceitos do Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri et al., 1986) para o estabelecimento de novas unidades, e este trabalho, em atenção ao referido código, cumpre o objetivo de apresentar formalmente a Formação Gorutuba à comunidade geocientífica do Brasil.

Tendo como base os dados apresentados por Kuchenbecker (2014) e por trabalhos anteriores que mencionam essas rochas, serão descritas as características da Formação Gorutuba na região do Sinclinal de Buenópolis e nas serras da Jaíba e Gorutuba, principais locais de ocorrência da unidade.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A Formação Gorutuba é integrante do Grupo Bambuí, principal unidade de cobertura do Cráton do São Francisco (Figura 1), que registra o preenchimento de uma complexa bacia de antepaís (*foreland*) desenvolvida em resposta à edificação diacrônica de orógenos às margens do cráton, durante a amalgamação de Gondwana Ocidental. Em sua porção mineira, o desenvolvimento da bacia relaciona-se à carga litosférica promovida no paleocontinente São Francisco

pela edificação da Faixa Brasília, a oeste, e do Orógeno Araçuaí, a leste (Kuchenbecker, 2014; Reis, 2011a; Martins-Neto et al., 2001).

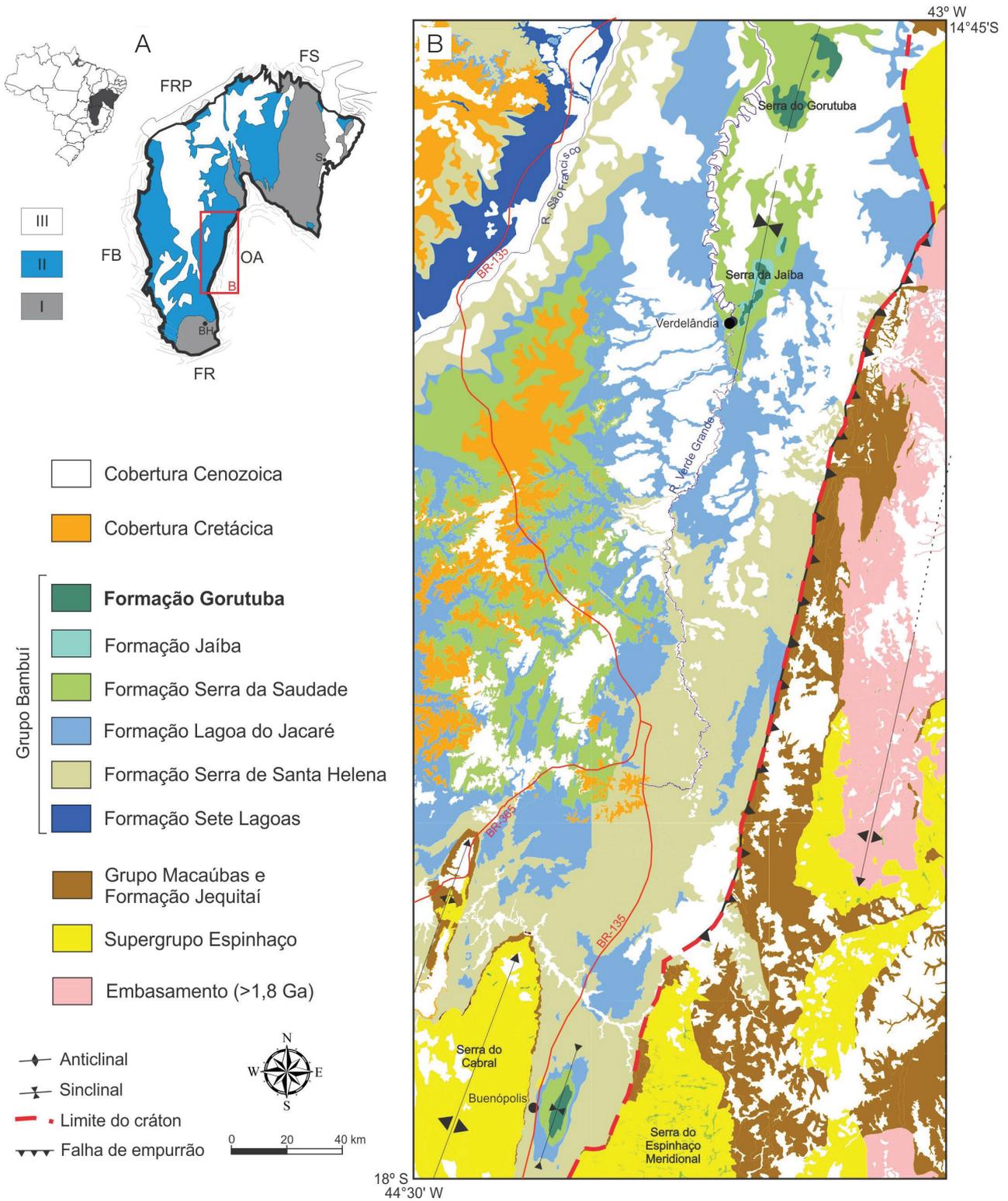
A idade do Grupo Bambuí foi, por muitos anos, motivo de grandes controvérsias na literatura geológica brasileira. Contudo, a ocorrência frequente de zircões detríticos de idade ediacarana (610-550 Ma) (Paula-Santos et al., 2012; 2015; Pimentel et al., 2012; Rodrigues, 2008) e a descoberta de *Cloudina sp.* (Warren et al., 2014), ambos em unidades basais do grupo, fundamentaram o crescente consenso de que a Bacia Bambuí teria sido preenchida entre o Ediacarano e o Cambriano.

No extremo sul da bacia, o Grupo Bambuí assenta-se sobre complexos tonalito-trondhjemitó-granodiorito (TTG) arqueanos (por exemplo, Tuller et al., 2009; Kuchenbecker et al., 2011b), ou sobre rochas metassedimentares atribuídas ao Supergrupo Rio das Velhas (e.g. Romano, 2007). Em seu limite leste, a unidade possui como embasamento rochas do Grupo Macaúbas, da Formação Jequitai ou do Supergrupo Espinhaço (e.g. Knauer et al., 2011a; Martins et al., 2011a), enquanto na porção norte e nordeste se assenta sobre rochas do Complexo Januária ou do Grupo Paranoá (e.g. Kuchenbecker et al., 2014a, 2014b; Costa et al., 2015; Uhlein et al., 2015; Costa, 1978).

Em Minas Gerais, o Grupo Bambuí é composto por 10 formações, algumas delas de ocorrência restrita (Figura 2). As unidades mais amplamente distribuídas foram definidas nos trabalhos pioneiros de Costa e Branco (1961) e Dardenne (1978, 1981), que as descreveram em amplos perfis regionais, como aquele representado pela rodovia BR-040. Outras unidades foram caracterizadas em trabalhos posteriores, incluindo teses, dissertações e pesquisas independentes. São descritas, nesse contexto, as formações Carrancas (diamictito, arenito, pelito), Sete Lagoas (calcário e dolomito, com intercalações pelíticas), Serra de Santa Helena (pelito com lentes de calcário), Lagoa do Jacaré (calcário, siltito), Serra da Saudade (siltito com intercalações de arenito e calcário) e Três Marias (arenito, arcósio, conglomerado). A nível bacinal, essas unidades configuram ao menos três seqüências deposicionais distintas (Martins e Lemos, 2007; Alkmim e Martins Neto, 2012).

As formações Samburá (conglomerado, arenito) e Lagoa Formosa (conglomerado, siltito, calcário, jaspilito) ocorrem apenas na porção oeste da bacia e representam leques clásticos provenientes das frentes de empurrão da Faixa Brasília (Castro e Dardenne, 2000; Uhlein et al., 2011; Seer et al., 1987). Por sua vez, a Formação Jaíba (calcário) aflora exclusivamente na porção leste da bacia (Chiavegatto et al., 2003; Costa, 2011; Kuchenbecker et al., 2013a) e pode representar uma plataforma carbonática localizada, talvez associada ao soerguimento diferencial de porções da bacia devido à deformação promovida pela edificação do Orógeno Araçuaí (Kuchenbecker, 2014).

A Formação Gorutuba registra a fase de colmatação da Bacia Bambuí, assim como a Formação Três Marias, da qual



I: embasamento (> 1,8 Ga); II: rochas sedimentares Pré-Cambrianas/Cambrianas; III: cobertura cenozoica; OA: Orógeno Araucaí; FR: Faixa Ribeira; FB: Faixa Brasília; FRP: Faixas Rio Preto e Riacho do Pontal; FS: Faixa Sergipana; BH: Belo Horizonte; S: Salvador.

Figura 1. (A) o Cráton do São Francisco e suas faixas marginais (modificado de Alkmim, 2004); (B) mapa geológico simplificado de parte do limite leste da Bacia Bambuí, evidenciando as áreas de ocorrência da Formação Gorutuba (modificado de Kuchenbecker, 2014).

se propõe seu desmembramento. Para fins de comparação com os dados apresentados neste trabalho, descreve-se a seguir, com mais detalhes, a Formação Três Marias.

Concentrada principalmente na porção centro-oeste da Bacia Bambuí, a Formação Três Marias foi objeto de trabalho específico em Chiavegatto (1992) e tem sido intensamente estudada no decorrer dos recentes mapeamentos 1:100.000 realizados na bacia pela CODEMIG (projetos Alto Paranaíba, Norte de Minas e Fronteiras de Minas) e pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (Programa Geologia do Brasil – Pronageo). Nas folhas 1:100.000 Três Marias (Costa et al., 2011), Morada Nova de Minas (Knauer et al., 2011b), Serra das Almas (Martins et al., 2011b), Serra Selada (Reis, 2011b), Morro da Garça (Kuchenbecker et al., 2011a), Andrequicé (Reis et al., 2011), Pirapora (Romano et al., 2013), Várzea da Palma (Costa et al., 2013), Chapadão dos Gerais (Costa e Kuchenbecker, 2013), Rio Piratinga (Kuchenbecker et al., 2014b), Buritis (Kuchenbecker et al., 2014a), Damianópolis (Kuchenbecker et al., 2014c), Córrego Invernada (Costa et al., 2014) e Angical (Kuchenbecker e Costa, 2015), entre outras, a Formação Três Marias aflora abundantemente e apresenta, ao longo dessa imensa área, características litológicas similares.

Em geral, a unidade é composta por arenitos finos, quase sempre arcossianos ou líticos, de coloração verde de cinza quando frescos, e rosa a laranja quando alterados. Com muita frequência, ocorrem siltitos e argilitos violáceos na forma de camadas, lentes ou grandes pacotes, localmente constituindo o litotipo dominante (e.g. Chiavegatto, 1992). Ao longo de toda a porção centro-oeste da Bacia Bambuí, a

Formação Três Marias apresenta contato basal gradacional com a Formação Serra da Saudade.

O acervo de estruturas sedimentares observadas nos arenitos da Formação Três Marias é muito variado. Estratificação plano-paralela e ripples assimétricas, de crista reta a sinuosa e baixa amplitude, ocorrem em todas as áreas. Marcas onduladas simétricas, de porte centimétrico a decimétrico, também são bastante frequentes. Estratificações cruzadas *hummocky* são descritas em diversas porções da bacia e foram interpretadas por Chiavegatto (1992) como registro da ação de ondas de tempestade. Na região de Arinos (MG), essas estruturas podem atingir porte até decamétrico, com amplitudes até métricas. Dobras convolutas ocorrem com frequência, e são entendidas por Costa et al. (2011) como produto da revolução do substrato pelo aporte de fluxos turbulentos. Acamamento heterolítico também é comum, com predomínio de porções *flaser* e *wavy*. Em menor proporção, são observadas estruturas de carga, lineações de partição, estratificações cruzadas tabulares e ciclos com gradação normal e inversa. Nos siltitos e argilitos predomina laminação plano-paralela, e localmente são encontradas dobras convolutas, em geral de porte centimétrico.

As diversas fácies sedimentares descritas na Formação Três Marias, bem como sua distribuição e associação, subsidiam a interpretação de um ambiente marinho plataformal raso para a unidade, especialmente na porção central da bacia (e.g. Chiavegatto, 1992; Costa et al., 2011). São reconhecidos depósitos sob influência de ondas normais e também de ondas de tempestade, bem como depósitos de porções mais profundas da plataforma, em que predomina deposição por decantação, com influência episódica de fluxos turbidíticos possivelmente catalisados pelas

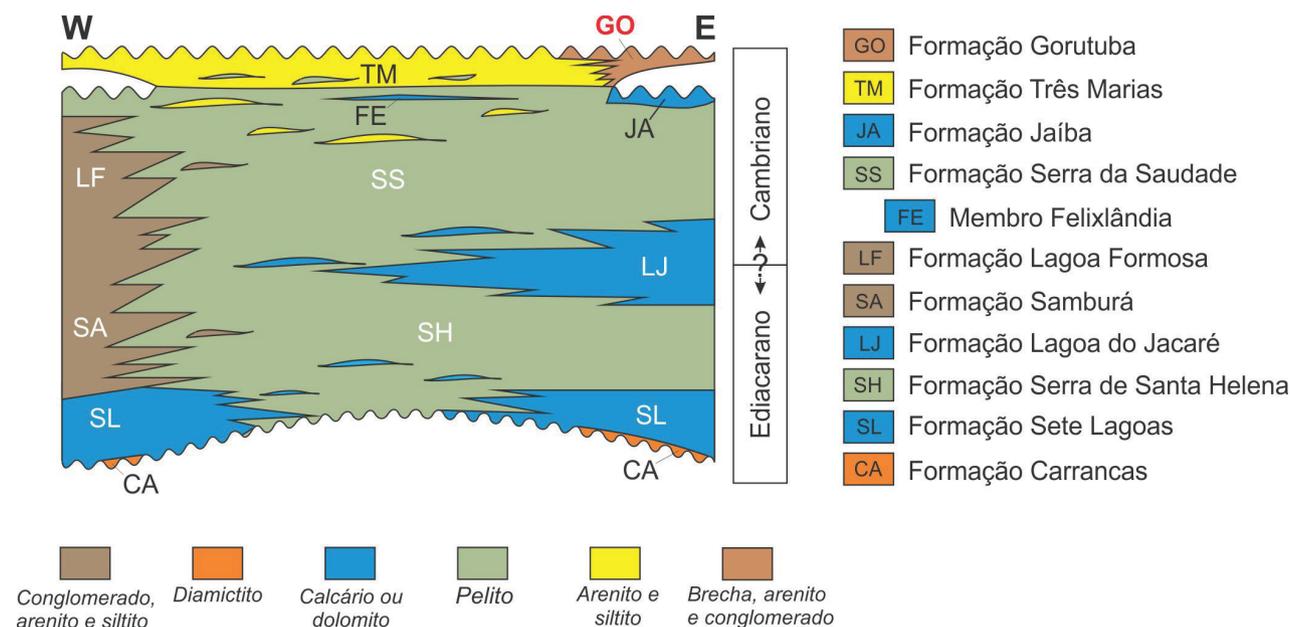


Figura 2. Diagrama estratigráfico da Bacia Bambuí, ilustrando as principais unidades de preenchimento da bacia em Minas Gerais. Destaque para a situação estratigráfica da Formação Gorutuba.

tempestades (Kuchenbecker et al., 2013b,c; Chiavegatto, 1992; Paula et al., 2009). A unidade apresenta padrão deposicional geral regressivo, e a análise estatística de paleocorrentes e da distribuição de fácies, na porção centro-oeste da bacia, sugere que a principal área-fonte desses sedimentos se encontra a noroeste da região de Três Marias (Chiavegatto, 1992).

Conforme Gomes (1988), as rochas da Formação Três Marias experimentaram uma história diagenética complexa, com ao menos quatro estágios distintos, sendo um deles responsável pela precipitação de hematita, que confere cor avermelhada para alguns litotipos (Reis, 2011b).

SERRA DA JAÍBA

A Serra da Jaíba localiza-se no norte do estado de Minas Gerais, configurando uma notável feição residual de relevo às margens do Rio Verde Grande. Entre seu sopé sudoeste e o rio, desenvolveu-se a cidade de Verdelândia (Figura 1), oriunda de povoações indígenas e quilombolas. A principal via de acesso à região é a rodovia MG-401, que liga Verdelândia a Janaúba.

A Serra da Jaíba configura o núcleo de um sinclinal suave de dimensões quilométricas, com eixo nordeste (Figura 3). Na encosta da serra, a Formação Gorutuba recobre a Formação

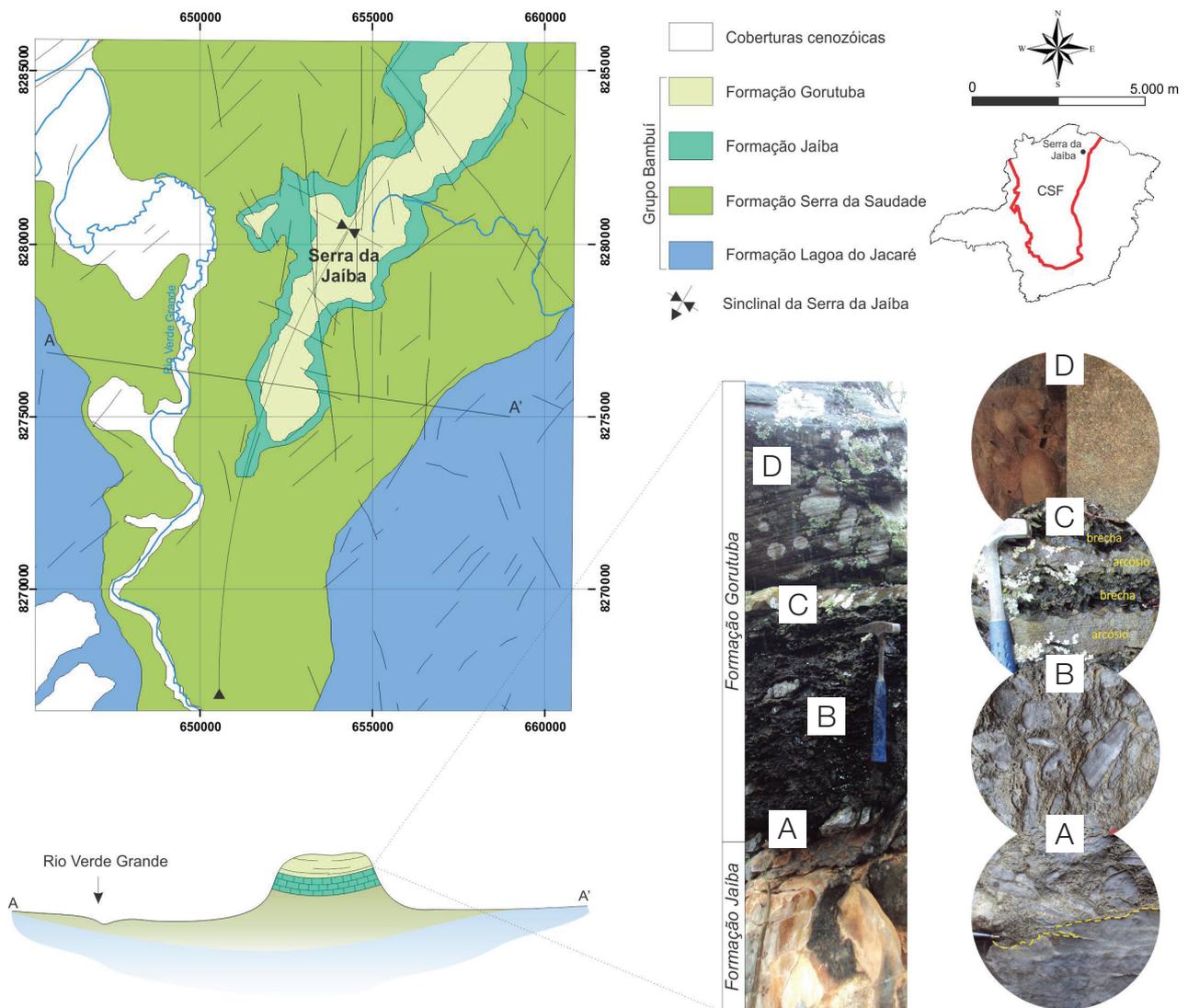


Figura 3. Formação Gorutuba na Serra da Jaíba. Mapa geológico modificado de Kuchenbecker et al. (2013a). Perfil geológico esquemático. No mapa de localização da serra no estado de Minas Gerais, o traço vermelho corresponde ao limite do Cráton do São Francisco, segundo Alkmim (2004). A foto da coluna foi tirada no alto da serra. (A) caráter erosivo do contato basal com a Formação Jaíba; (B) detalhe da brecha formada por clastos de calcário em matriz arcossiana; (C) contato gradacional da brecha com o arcósio que a recobre, materializado pela intercalação entre camadas de arcósio e brecha; (D) detalhe de ortoconglomerado e arcósio, litotipos de topo da Formação Gorutuba.

Jaíba por meio de uma importante discordância erosiva, materializada na forma de contato extremamente irregular, com canais de dimensões até decamétricas. A espessura total da formação ali fica em torno de 35 m, podendo ser maior quando preenchendo paleodepressões.

O contato basal da unidade é marcado pela presença de corpos descontínuos de brecha (0,2 a 5 m de espessura) monomítica, clasto- a matriz-suportada, apresentando seixos a matacões de calcário cinza claro, provenientes da Formação Jaíba. A matriz é arcossiana, e o cimento, carbonático. Localmente se observa gradação normal, e lentes e camadas de arcósio ocorrem intercaladas no topo do pacote, indicando gradação para o espesso pacote arcossiano que se segue.

Acima da brecha basal, a Formação Gorutuba possui duas litofácies principais. Com menor expressão e mais próximo à base do pacote, ocorre conglomerado matriz- a clasto-suportado (Figura 4), com clastos de quartzo, quartzito, calcário e pelito, variando de grânulo a seixos, subarredondados a bem arredondados com esfericidade baixa. A matriz é quartzo-feldspática, em granulometria areia. Os litotipos mais frequentes na porção de topo, no entanto, são arcósios e arcósios conglomeráticos (Figura 2), que ocorrem em bons afloramentos por todo o topo da serra, com exposições de fácil acesso próximas ao Riacho Zabelê (Costa, 2011). Os arcósios podem ser maciços ou apresentar estratificação plano-paralela marcada por lâminas cinza, que tendem a ser mais quartzosas, intercaladas com lâminas brancas ricas em feldspatos. Com frequência, há estratificação cruzada tabular e estratificação acanalada de porte até métrico. Arcósio conglomerático ocorre em corpos tabulares e/ou lenticulares, de espessura métrica. Em geral são arcósios micáceos, de coloração cinza, com seixos e grânulos esparsos de quartzo, filito e carbonato, normalmente arredondados e orientados segundo o acamamento. Bons afloramentos são vistos no “Perfil da Antena”, a leste do distrito de Barreiro do Rio Verde, e no “Morro do Cruzeiro”, uma protuberância que se destaca da serra, a oeste.

Em lâmina delgada, observa-se quase sempre pequena quantidade de matriz argilosa, muitas vezes rica em hidróxido de ferro, que pode também ocorrer preenchendo microfraturas. O arcabouço apresenta grãos subarredondados a angulosos, e nota-se maior quantidade de plagioclásio em relação a K-feldspatos. Os fragmentos líticos mais comuns são quartzito, quartzito micáceo, xisto e filito, com raros grãos de calcilito. Mica detrítica é muito frequente, por vezes mostrando-se deformada pela compactação da rocha. Como minerais acessórios tem-se zircão, monazita e titanita.

A Serra da Jaíba apresenta continuação para nordeste, destacada da serra principal, que recebe o nome de Serra Colonial. Ali também afloram as formações Jaíba e Gorutuba, na mesma configuração aqui descrita.

Diversos trabalhos realizados na região da Serra da Jaíba trazem descrições das rochas aqui consideradas como pertencentes à Formação Gorutuba. Entre eles, ressaltam-se os trabalhos de Costa (1978), Chiavegatto (1992), Chiavegatto et al. (2003), Iglesias e Uhlein (2008), Costa (2011) e Kuchenbecker et al. (2013a).

SERRAS DO GORUTUBA E ROMPE GIBÃO

A Serra do Gorutuba, que empresta seu nome à unidade aqui apresentada, situa-se no extremo norte de Minas Gerais, entre o município de Gameleiras, a leste, e o distrito de Gado Bravo, a oeste (Figura 5). Trata-se de uma imponente feição de relevo em forma de chapada, que se destaca em meio à planície do São Francisco nessa região. A nordeste dela, a Serra do Rompe Gibão apresenta as mesmas feições geológicas e geomorfológicas.

A Serra do Gorutuba representa, em área, a maior ocorrência da formação homônima, que é a responsável pela sustentação de seu relevo. Ao longo de sua encosta, a Formação Gorutuba recobre os siltitos da Formação Serra da Saudade, em contato erosivo de orientação geral sub-horizontal.

Rochas básicas, descritas inicialmente por Costa (1978) e Chiavegatto et al. (1997), intrudem a Formação Gorutuba na porção SE da serra. A rocha é um diabásio verde escuro com esfoliação esferoidal, quando fresco, e apresenta cor cinza escuro quando alterado. Em microscópio, exhibe granulação fina a média, inequigranular, e é constituída principalmente por clinopiroxênio e plagioclásio, localmente com textura ofítica e amígdalas preenchidas por sílica amorfa, carbonatos e argilominerais (Costa, 1978; Chiavegatto et al., 1997). O corpo principal do dique possui 81 m de espessura (Chiavegatto et al., 1997), mas apófises de espessura decimétrica são encontradas, inclusive na estrada que sobe o contraforte sudeste da serra (Figura 6A).

A Formação Gorutuba, na serra homônima, apresenta espessura máxima de 160 m e exhibe corpos descontínuos de brecha basal, muito semelhantes à brecha descrita na Serra da Jaíba (Figura 6B). A brecha contém grânulos a matacões de calcário cinza, angulosos a subarredondados, imersos em matriz arcossiana média. No flanco sudeste da serra, o pacote de brechas pode alcançar 15 m de espessura, marcando notável contato erosivo. Na porção de topo da brecha, tornam-se frequentes camadas centimétricas a métricas de arcósio, por vezes com estratificações cruzadas tabulares (Figura 6C). Em direção ao topo, passa gradativamente a predominar arcósio, que constitui a principal litologia da unidade. Ocorrem arcósios finos a médios, em geral estratificados, com frequência exibindo estratificações cruzadas acanaladas, ripples assimétricas e estruturas de fluidização (Figuras 6D a F). Localmente, são encontrados clastos

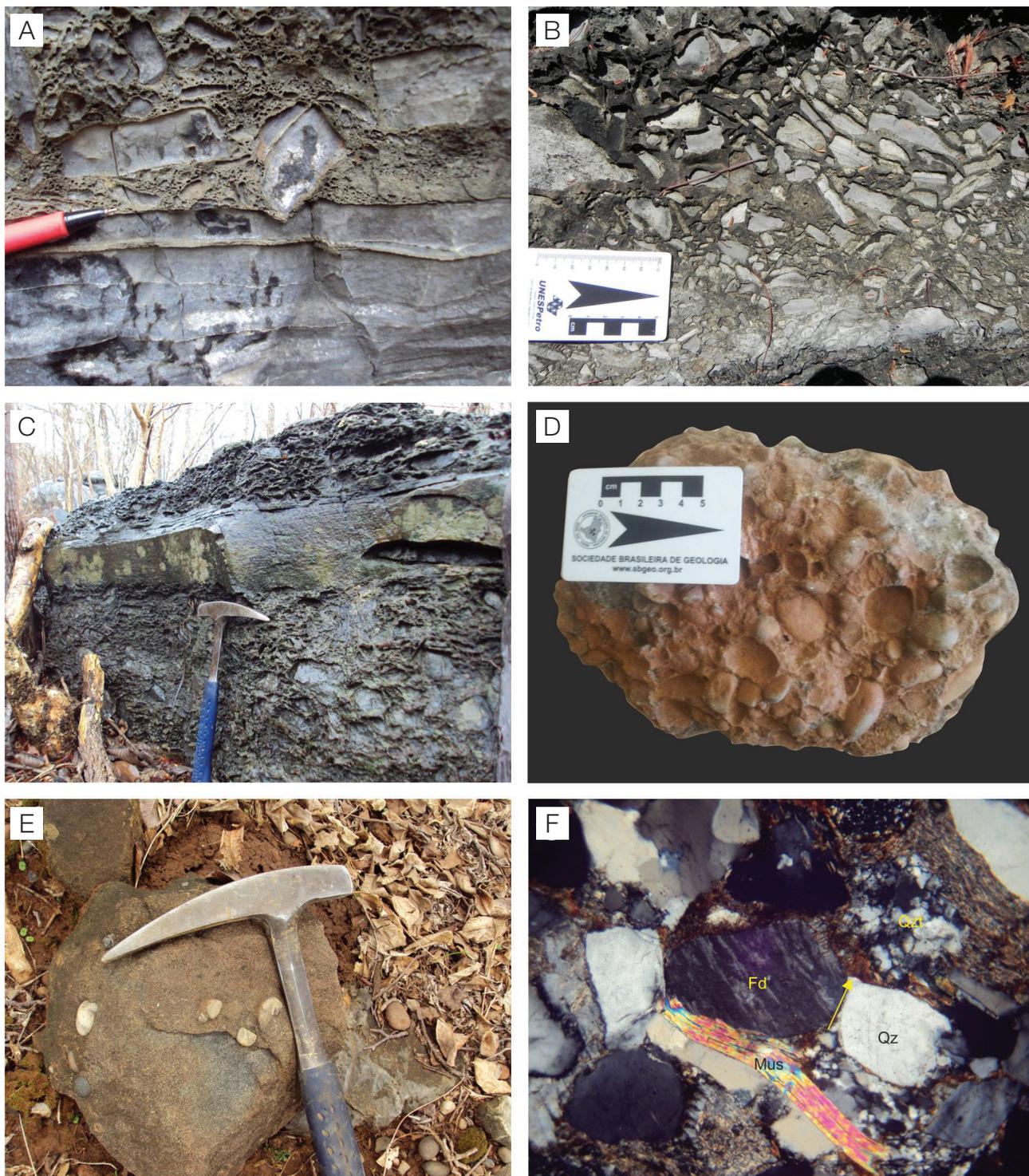


Figura 4. Rochas da Formação Gorutuba na Serra da Jaíba. (A) detalhe do contato basal da unidade com a Formação Jaíba. Nota-se o pronunciado caráter erosivo do contato, bem como a semelhança dos clastos com o calcário subjacente; (B) detalhe da brecha basal, com grânulos a blocos angulosos de calcário imersos em matriz arcossiana (mais resistente à erosão); (C) camada de arcóσιο intercalada em meio à brecha basal; (D) amostra de ortoconglomerado, com seixos arredondados de quartzito e quartzo, em matriz arenosa; (E) arcóσιο conglomerático, com seixos arredondados, de quartzito; (F) fotomicrografia (nicóis cruzados) de arcóσιο, mostrando grãos de quartzo (qz), feldspato (fd), fragmentos líticos de quartzito (qzt) e uma grande palheta de muscovita detritica (mus), deformada pela compactação. A seta vermelha indica cimento ferruginoso.

dispersos, de calcário ou quartzo, em meio aos arcósios. Siltitos são raramente vistos associados aos arcósios, sempre em camadas ou lentes de espessura decimétrica.

Ao microscópio, os arcósios possuem textura clástica, maturidade mineralógica intermediária e alta maturidade textural. A cimentação carbonática é intensa, indicando para a rocha empacotamento frouxo (Chiavegatto et al., 1997). A composição mineralógica principal mostra quartzo, plagioclásio, K-feldspato, fragmentos líticos, muscovita e biotita (detriticas). Como minerais secundários, ocorrem titanita, zircão, apatita, epidoto e turmalina (Chiavegatto et al., 1997).

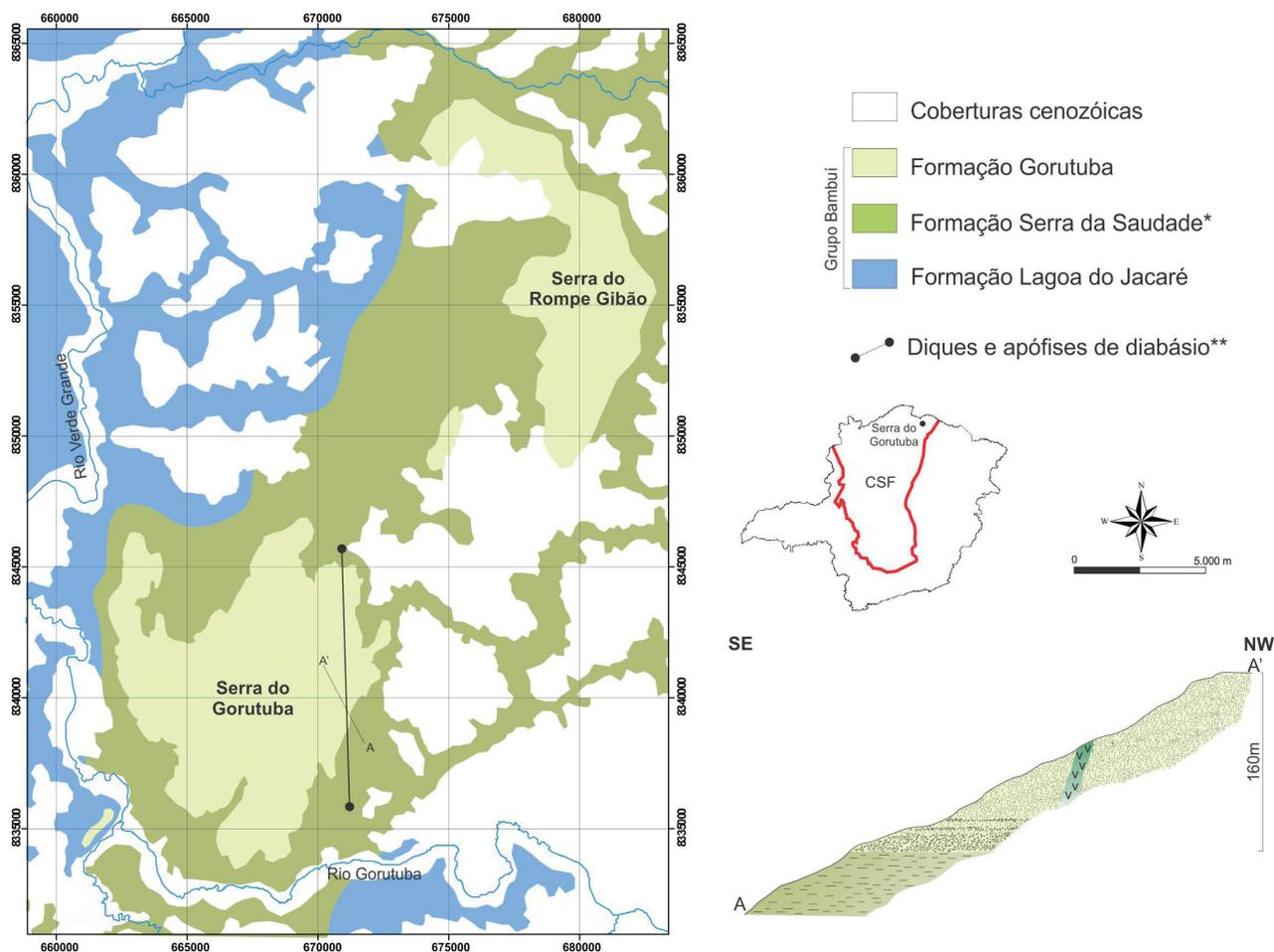
SINCLINAL DE BUENÓPOLIS

O Sinclinal de Buenópolis representa uma importante feição estrutural, localizada na porção centro-norte do limite

oriental da Bacia Bambuí. A cidade de Buenópolis localiza-se às margens da BR-135, entre as serras do Cabral e do Espinhaço (ali chamada de Serra Mineira). Nesse local, as rochas do Supergrupo Espinhaço, assim como aquelas do Grupo Macaúbas, Formação Jequitai e toda a sequência do Grupo Bambuí, configuram um sinclinal aberto, de dimensões quilométricas, tendo em seu núcleo a Formação Gorutuba (Figura 7).

No Sinclinal de Buenópolis, a Formação Gorutuba assenta-se sobre siltitos e argilitos da Formação Serra da Saudade, por meio de contato brusco e erosivo. Nessa área, ao contrário das demais, a Formação Gorutuba encontra-se notavelmente deformada, conformando-se ao sinclinal em planos de até 35° de mergulho.

Na porção basal da unidade, ocorrem arenitos e arcósios médios a grossos, com frequentes camadas e lentes conglomeráticas. Os conglomerados apresentam arcabouço formado



*contato inferido; **localização aproximada.

Figura 5. A Formação Gorutuba na serra homônima. Mapa geológico modificado de Heineck et al. (2003). Perfil geológico esquemático da encosta noroeste da serra, baseado em Chiavegatto et al. (1997). No mapa de localização no estado de Minas Gerais, o traço vermelho corresponde ao limite do Cráton do São Francisco, baseado em Alkmim (2004).

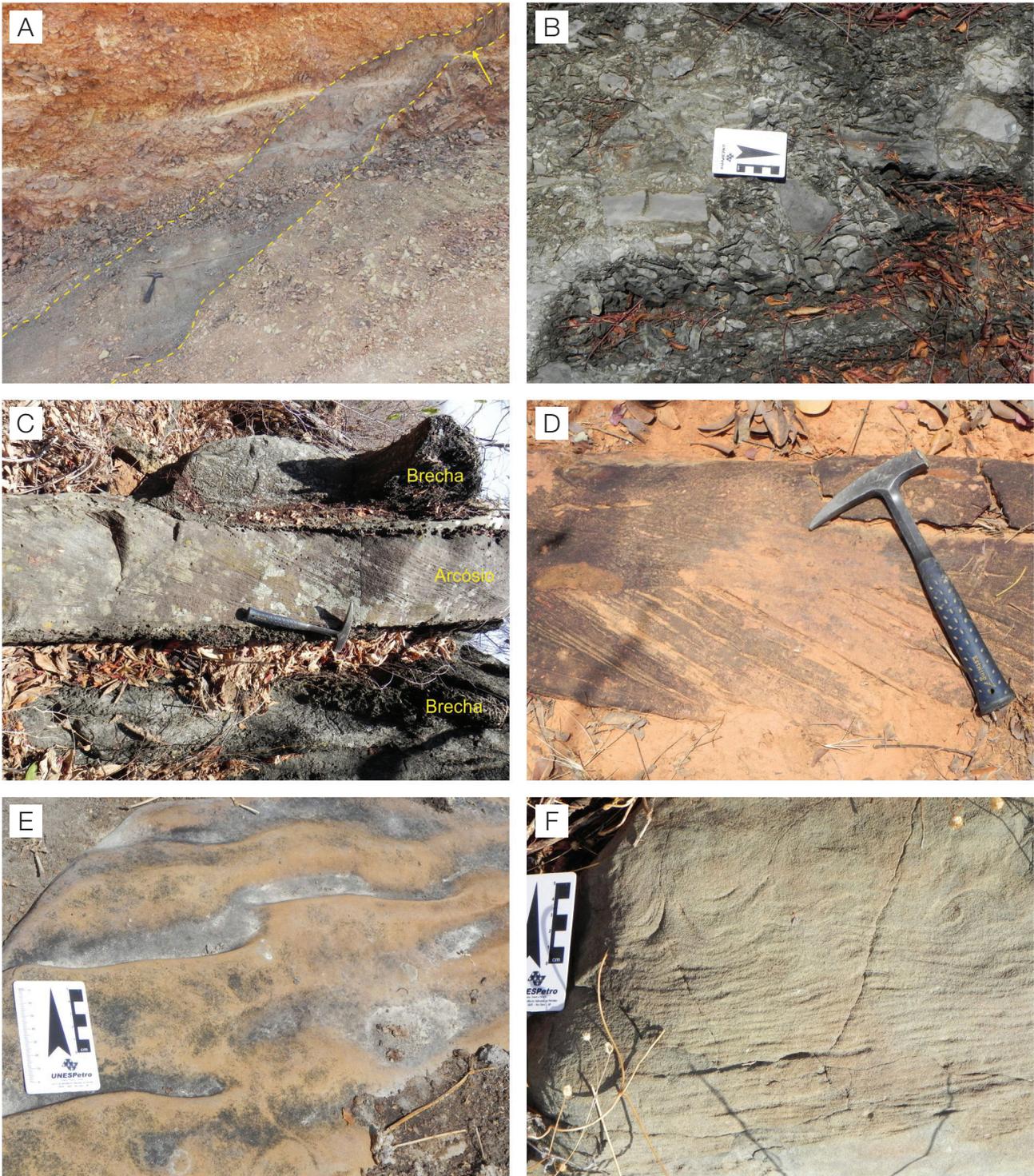


Figura 6. Rochas da Formação Gorutuba e unidades adjacentes na serra homônima. (A) apófise de diabásio intrudindo siltito da Formação Serra da Saudade, logo abaixo do contato com a Formação Gorutuba. A seta amarela indica um xenólito de pelito no diabásio; (B) brecha basal, com grânulos a blocos de calcário em matriz arcósia; (C) camada de arcósio com estratificação cruzada tabular, em meio à brecha; (D) arenito arcósio com estratificação cruzada acanalada (corte oblíquo); (E) ripples assimétricas de crista sinuosa em arenito arcósio; (F) arcósio fino a médio, laminado, com estruturas de escape de fluidos.

por grânulos a blocos (seixos mais frequentes) arredondados ou raramente subangulosos de quartzo, quartzito e filito. Os clastos em geral são sustentados por matriz arenosa média a grossa, semelhante à rocha adjacente. Seixos similares aos observados nas camadas de conglomerado comumente ocorrem dispersos nos arenitos associados.

Para o topo, passam a predominar arcósios finos a grossos, acinzentados quando frescos e avermelhados a alaranjados quando alterados. Em geral, observam-se estratificação plano-paralela e estratificação cruzada acanalada, em *sets* métricos, e localmente ocorrem litotipos maciços. Muito subordinadamente ocorrem camadas e lentes centimétricas a métricas de siltitos ou argilitos laminados. Muscovita e clorita detríticas são feições frequentes em toda a unidade. Raramente podem ocorrer arenitos matricosos, em que grãos de quartzo, feldspato e fragmentos líticos são sustentados por matriz argilossiltosa (Figura 8).

Ao microscópio, observa-se nos arcósios um arcabouço formado por grãos angulosos de quartzo, feldspato (plagioclásio > K-feldspato) e fragmentos líticos, sobretudo quartzito

e filito. O cimento, quando presente, é carbonático, sendo raramente ferruginoso (Figura 8).

É comum a ocorrência de massas de sericita contornando grãos, provavelmente resultado de metamorfismo incipiente da matriz argilosa. Esse mesmo processo causa recristalização de parte dos grãos do arcabouço, com intensa formação de subgrãos.

DIFERENÇAS EM RELAÇÃO À FORMAÇÃO TRÊS MARIAS

Diante do exposto, ressaltam-se as principais diferenças entre as formações Gorutuba e Três Marias:

- Litotipos: na Formação Três Marias ocorrem arenitos, quase sempre finos, associados a siltitos e argilitos violáceos. Por sua vez, a Formação Gorutuba apresenta brecha monomítica, conglomerado polimítico, arcósios grossos a médios conglomeráticos e arenitos arcossianos médios a finos, com raras e delgadas lentes pelíticas;

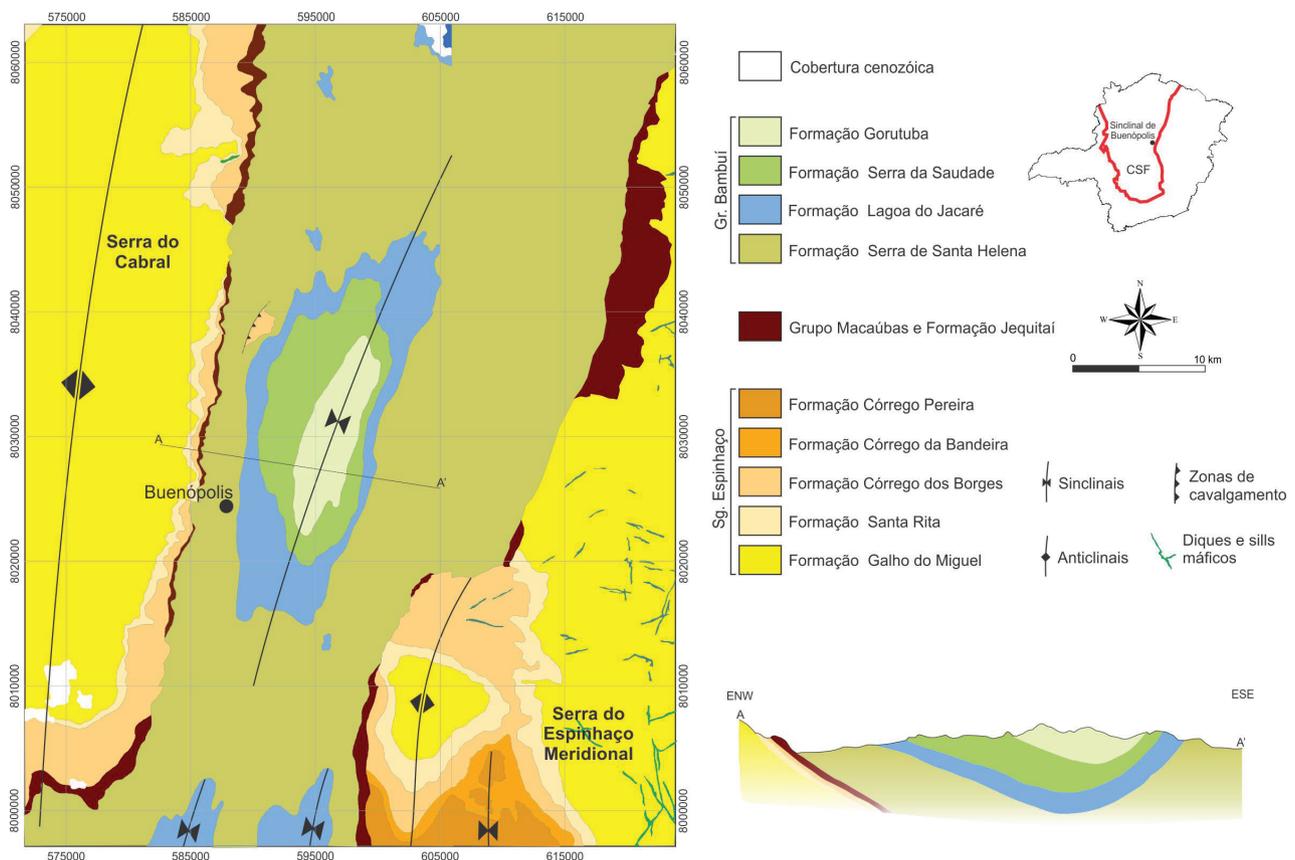


Figura 7. A Formação Gorutuba no Sinclinal de Buenópolis. Mapa geológico baseado nas folhas 1:100.000: Serra do Cabral (Martins et al., 2011a), Corinto (Knauer et al., 2011a), Curimataí (Noce e Fogaça, 1997) e Diamantina (Fogaça et al., 1996). Perfil geológico esquemático. No mapa de localização no estado de Minas Gerais, o traço vermelho corresponde ao limite do Cráton do São Francisco, segundo Alkmim (2004).

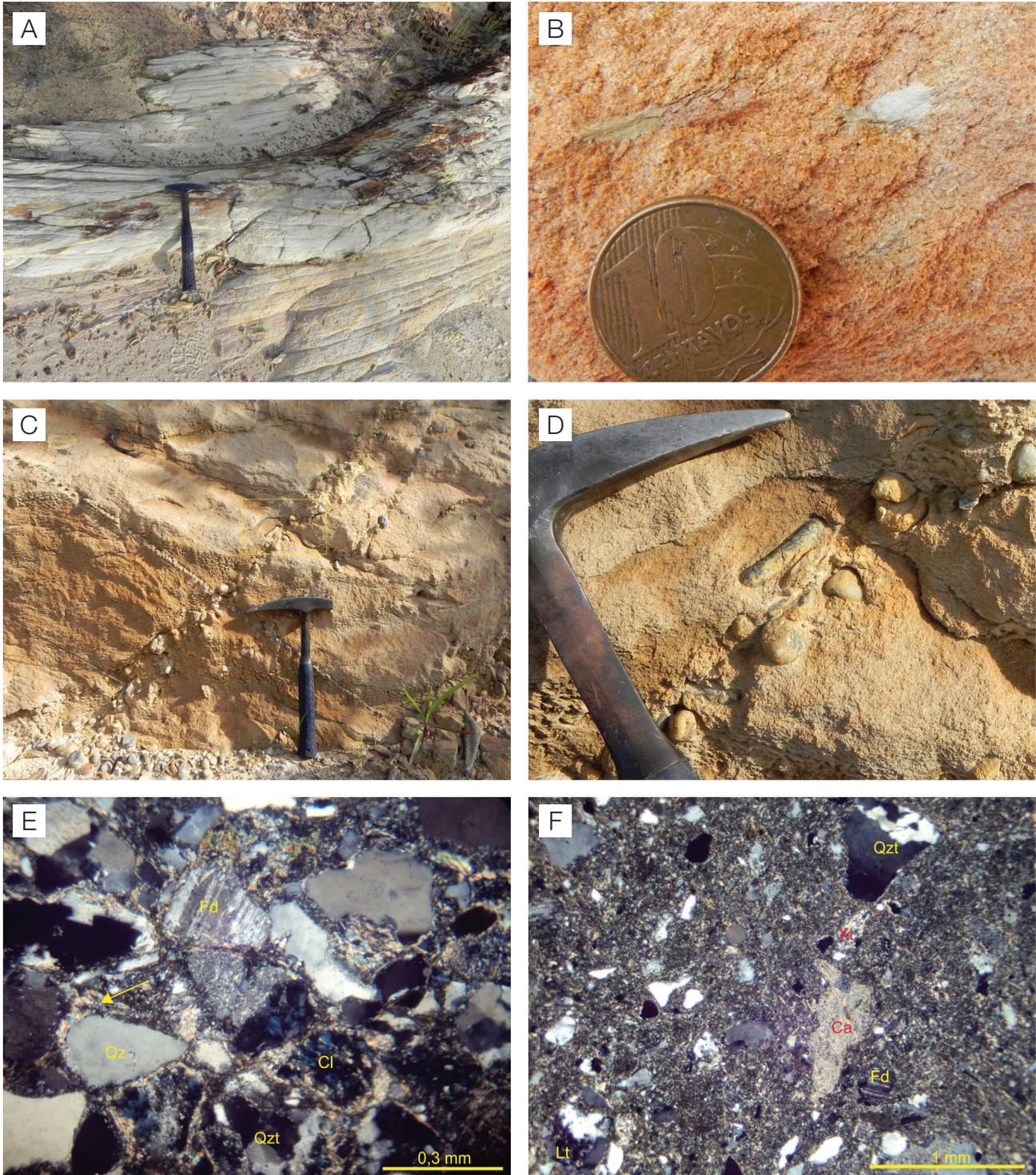


Figura 8. Rochas da Formação Gorutuba no Sinclinal de Buenópolis. (A) arenito arcossiano com estratificação cruzada acanalada de porte métrico; (B) clastos de filito dispersos em arenito grosso, mal selecionado; (C) camadas centimétricas de paraconglomerado em meio a arenito médio a grosso, aflorante no flanco oeste do Sinclinal de Buenópolis; (D) detalhe de uma das camadas anteriormente citadas, exibindo seixos arredondados de quartzo e quartzito, sustentados por matriz arenosa grossa; (E) fotomicrografia (nicóis cruzados) de arcócio, exibindo grãos de quartzo (qz), clorita (cl), feldspato (fd) e fragmentos líticos de quartzito (qzt). A seta amarela indica massa de sericita que contorna os grãos, provavelmente crescida a partir da matriz argilosa preexistente; (F) fotomicrografia (nicóis cruzados) de arenito com grãos de quartzo, quartzito (qzt), feldspato (fd) e xisto (xi), em abundante matriz.

- Relações de contato: a Formação Três Marias apresenta contato basal gradacional com a Formação Serra da Saudade. Já a Formação Gorutuba exhibe importante discordância basal e se assenta ora sobre a Formação Jaíba, ora sobre a Formação Serra da Saudade;
- Estruturas sedimentares e ambientes de sedimentação: na Formação Três Marias, o acervo de estruturas sedimentares e a associação das fácies com elas definidas indicam deposição em ambiente marinho plataformal. Na Formação Gorutuba, por sua vez, as fácies sedimentares indicam ambientes fluviais a costeiros;
- Espessura: enquanto a Formação Três Marias apresenta várias centenas de metros de espessura, a Formação Gorutuba representa apenas um resquício do sistema fluvial instalado à borda da bacia, não atingindo 200 m em sua seção mais espessa;
- Proveniência sedimentar: tendo como base a datação de zircões detríticos, a Formação Três Marias tem um espectro mais amplo de fontes sedimentares (paleoproterozoicas a mesoproterozoicas, principalmente, conforme Kuchenbecker, 2014; Rodrigues, 2008), enquanto a Formação Gorutuba exhibe padrão praticamente unimodal de proveniência, com fontes quase exclusivamente ediacaranas (Kuchenbecker, 2014). Além disso, de acordo com Chiavegatto (1992), a principal área-fonte dos sedimentos da Formação Três Marias localiza-se a noroeste da bacia, enquanto na Formação Gorutuba se tem, como sugerido pela distribuição de fácies, fontes exclusivamente a leste.

INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

As rochas da Formação Gorutuba têm sido interpretadas como representantes de um longo período de emergência, exposição e erosão da extensa plataforma marinha registrada pelo Grupo Bambuí (Chiavegatto et al., 1997). Desde o pioneiro trabalho de Costa (1978), os sedimentos siliciclásticos que compõem a unidade são tidos como provenientes do Supergrupo Espinhaço, aludindo à contribuição do Orógeno Araçuaí na sedimentação da unidade.

A brecha basal da Formação Gorutuba, presente nas áreas mais a norte, indica o soerguimento da plataforma carbonática que ali se desenvolvera, responsável pela sedimentação dos calcários da Formação Jaíba. É importante ressaltar que essa unidade carbonática é exclusiva dessa porção da bacia, o que pode sugerir a instalação de uma plataforma carbonática localizada, talvez associada ao soerguimento diferencial de porções da bacia devido à deformação promovida pela edificação do Orógeno Araçuaí. Esse tipo de fenômeno foi reconhecido em outras bacias *foreland* pelo mundo, como na Bacia de Amiran, no Irã (Saura et al., 2012).

O soerguimento da plataforma carbonática Jaíba provavelmente expôs suas rochas ao nível de base das ondas, iniciando a fragmentação e o retrabalhamento do calcário precocemente litificado. A ressedimentação desses fragmentos dá-se em meio à matriz arcossiana, o que é um dado importante, pois reflete o súbito aporte de siliciclásticos à bacia, que pode estar relacionado aos mesmos pulsos tectônicos responsáveis pelo soerguimento da plataforma. Nesse sentido, a grande quantidade de feldspato e mica na matriz da brecha, bem como nas camadas intercaladas de arcósio, sugere a exumação de fontes graníticas no Orógeno Araçuaí.

Com a continuidade do processo, a fonte autóctone de clastos carbonáticos foi progressivamente exaurida, seja por completa erosão (como na Serra do Gorutuba), seja por soterramento (como na Serra da Jaíba), restando ativas apenas as fontes alóctones, siliciclásticas, resultando na sedimentação dos arcósios.

Nesse ponto, a bacia alcançava condições continentais, com a progressiva instalação de um sistema fluvial. A baixa proporção de pelitos, assim como o alto grau de arredondamento dos clastos de quartzo e quartzito, sugere um ambiente fluvial de alta energia, porém não tão próximo da área-fonte. Nesse contexto, os ortoconglomerados que ocorrem são entendidos como depósitos de canais, enquanto os arcósios podem representar barras arenosas. Os raros pelitos podem registrar planícies de inundação localizadas. Os arenitos matricosos, pouco frequentes, podem registrar a ocorrência pontual de fluxos de detritos associados ao sistema fluvial.

É provável que os registros continentais tenham sido bem mais significativos, uma vez que os sedimentos da porção de topo do Grupo Bambuí já estiveram soterrados sob até 3.000 m no passado (Gomes, 1988). Assim, considera-se que a Formação Gorutuba representa o único registro remanescente de ambientes continentais na porção leste da Bacia Bambuí, registrando sua fase de colmatação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Formação Gorutuba reúne os únicos depósitos conhecidos dos ambientes transicionais e continentais associados à borda leste da Bacia Bambuí. Por essa razão, a unidade reveste-se de grande importância científica e é aqui apresentada como um ponto-chave para o entendimento da bacia. As variações faciológicas laterais observadas entre as áreas de ocorrência da unidade ilustram a complexidade e o dinamismo dos ambientes sedimentares desenvolvidos em bordas de bacias *foreland*, e sua análise minuciosa pode revelar importantes detalhes a respeito da evolução tectônica da Bacia Bambuí e, por conseguinte, do Orógeno Araçuaí.

AGRADECIMENTOS

Os autores dedicam especial agradecimento à Codemig e à CPRM, pelo financiamento dos diversos projetos de mapeamento geológico executados pelo Centro de Pesquisas Professor Manoel Teixeira da Costa (CPMTC/UFMG), ação de inestimável valor para o avanço do conhecimento geológico de Minas Gerais e do Brasil. Agradecimentos são devidos também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), em virtude da concessão de auxílios, e aos dois revisores anônimos, pelas valiosas contribuições.

REFERÊNCIAS

- Alkmim, F. F. (2004). O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C. D. R. Carneiro, B. B. Brito-Neves (Eds.), *Geologia do continente sul americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, 17-35. São Paulo: Beca.
- Alkmim, F. F., Martins-Neto, M. A. (2012). Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, Eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 33(1), 127-139.
- Castro, P. T. A., Dardenne, M. A. (2000). The sedimentology, stratigraphy and tectonic context of the São Francisco Supergroup at the southern boundary of the São Francisco craton, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30, 345-437.
- Chiavegatto, J. R. S. (1992). *Análise estratigráfica das sequências tempestíticas da Fm. Três Marias (Proterozoico Sup.)*, na porção meridional da Bacia do São Francisco. Dissertação (Mestrado). Ouro Preto: Escola de Minas, Ufop.
- Chiavegatto, J. R. S., Gomes, N. S., Dardenne, M. A. (1997). Conglomerados oligomíticos da Formação Três Marias na Serra do Gorutuba, norte de Minas Gerais. *IX Simpósio de Geologia de Minas Gerais*, 14, 83-84. Ouro Preto: SBG.
- Chiavegatto, J. R. S., Gomes, N. S., Dardenne, M. A., Delgado, C. E. R. (2003). Estratigrafia do Grupo Bambuí nas regiões do norte de Minas Gerais: uma nova unidade estratigráfica em um contexto de inversão de bacia. *XXII Simpósio de Geologia de Minas Gerais*, 24. Ouro Preto: SBG.
- Costa, D. A. (2011). *Controle lito-estrutural e estratigráfico na hidrogeoquímica e nas concentrações de fluoreto no sistema aquífero cárstico-fissural do Grupo Bambuí, norte de Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado). Belo Horizonte: Instituto de Geociências, UFMG.
- Costa, M. T., Branco, J. J. R. (1961). Roteiro de excursão Belo Horizonte-Brasília. *XIV Congresso Brasileiro de Geologia*, 15, 9-25. Florianópolis: SBG.
- Costa, P. C. G. (1978). Geologia das folhas Januária, Mata do Jaíba, Japoré e Manga, Minas Gerais. *XXX Congresso Brasileiro de Geologia*, 1, 83-97. Recife: SBG.
- Costa, R. D., Kuchenbecker, M. (2013). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Chapadão das Gerais (SE.23-V-D-VI)*. Projeto Norte de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Costa, R. D., Kuchenbecker, M., Chaves, M. L. S. C., Leite, M. M. (2015). *Mapa geológico 1:100.000 da porção mineira das folhas Serra dos Tropeiros (SD.23-Z-A-IV) e Rio Itaguari (SD.23-Z-A-I)*. Projeto Fronteiras de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Costa, R. D., Knauer, L. G., Prezotti, F. P. S., Paula, F. L., Duarte, F. T., Teixeira, L. F. (2011). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Três Marias (SE.23-Y-B-III)*. UFMG/CPRM.
- Costa, R. D., Kuchenbecker, M., Lana, D. F., Romano, A. W., Knauer, L. G. (2014). *Mapa geológico 1:100.000 da porção mineira da Folha Córrego Invernada (SE.23-Y-D-I)*. Projeto Fronteiras de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Costa, R. D., Uhlein, G. J., Kuchenbecker, M., Romano, A. W., Knauer, L. G., Marques, C. S. S., Hoerlle, F. O. (2013). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Várzea da Palma (SE.23-X-C-IV)*. Projeto Norte de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Dardenne, M. A. (1978). Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. *XXX Congresso Brasileiro de Geologia*, 2, 597-610. Recife: SBG.
- Dardenne, M. A. (1981). Os grupos Paranoá e Bambuí na Faixa Dobrada Brasília. *I Simpósio sobre o Cráton do São Francisco*, 140-157. Salvador: SBG/Núcleo BA.
- Fogaça, A. C. C. (1996). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Diamantina (SE.23-Z-A-III)*. Projeto Espinhaço, COMIG/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.

- Freitas, A. M., Pereira, C., Costa, D. A. (2008). *Geologia e hidrogeologia de Jaíba, Verdelândia e Varzelândia, norte de Minas Gerais*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Belo Horizonte: Instituto de Geociências, UFMG.
- Gomes, N. S. (1988). Contribuição à petrologia à diagênese dos arenitos da Formação Três Marias, Bacia do São Francisco, MG. *XXXV Congresso Brasileiro de Geologia*, 961-974. Belém: SBG.
- Heineck, C. A., Vieira, V. S., Drumond, J. B. V., Leite, C. A. S., Lacerda Filho, J. V., Valente, C. R., Lopes, R. C., Malouf, R. F., Oliveira, C. C., Sachs, L. L. B., Paes, V. J. C., Junqueira, P. A. (2003). *Folha SE.23-Belo Horizonte*. In: C. Schobbenhaus, J. H. Gonçalves, J. O. S. Santos, M. B. Abram, R. Leão Neto, G. M. M. Matos, R. M. Vidotti (Eds.), *Carta geológica do Brasil ao milionésimo, Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil*. Brasília: CPRM.
- Iglesias, M., Uhlein, A. (2008). Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra do Jaíba, norte de Minas Gerais. *Geonomos*, 16(1), 21-27.
- Knauer, L. G., Ribeiro, B. H., Freimann, M., Ferreira, M. P., Romano, A. W. (2011a). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Corinto (SE.23-Z-A-II)*. UFMG/CPRM.
- Knauer, L. G., Costa, R. D., Freimann, M., Ferreira, M. P. (2011b). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Morada Nova de Minas (SE.23-Y-D-IV)*. Projeto Alto Paranaíba, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Kuchenbecker, M. (2014). *Relações entre coberturas do Cráton do São Francisco e bacias situadas em orógenos marginais: o registro de datações U-Pb de grãos detriticos de zircão e suas implicações geotectônicas*. Dissertação (Doutorado). Belo Horizonte: Instituto de Geociências, UFMG.
- Kuchenbecker, M., Costa, R. D. (2015). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Angical (SD-23-Y-D-V)*. Projeto Fronteiras de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Kuchenbecker, M., Atman, D., Costa, R. D. (2013a). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Barreiro do Jaíba (SD.23-Z-C-VI)*. Projeto Norte de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, <<http://www.portaldageologia.com.br/mapa.html>>.
- Kuchenbecker, M., Costa, R. D., Gomes, D. G. C., Figueiredo, R. A., Gouveia, G. V., Pimenta, J. S. (2014a). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Buritis (SE.23-Y-D-IV)*. Projeto Fronteiras de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, <<http://www.portaldageologia.com.br/mapa.html>>.
- Kuchenbecker, M., Costa, R. D., Pimenta, J. S. (2013b). A Formação Três Marias no extremo noroeste de Minas Gerais. *XVII Simpósio de Geologia de Minas Gerais e XIII Simpósio de Geologia do Sudeste – Geosudeste 2013*. Juiz de Fora: SBG.
- Kuchenbecker, M., Costa, R. D., Pimenta, J. S. (2014b). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Rio Piratinga (SE.23-Y-D-I)*. Projeto Fronteiras de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Kuchenbecker, M., Costa, R. D., Pimenta, J. S. (2014c). *Mapa geológico 1:100.000 da porção mineira das folhas Damianópolis (SE.23-Y-B-IV) e Lagoa Grande (SE.23-Y-A-VI)*. Projeto Fronteiras de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Kuchenbecker, M., Fragoso, D. G. C., Costa, R. D., Reis, H. L. S., Graça, R. F. P. (2011a). *Geologia e recursos minerais da Folha Morro da Garça (SE.23-Z-A-IV), escala 1:100.000, estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: UFMG/CPRM.
- Kuchenbecker, M., Lopes-Silva, L. L., Pimenta, F., Pedrosa-Soares, A. C., Babinski, M. (2011b). Estratigrafia da porção basal do Grupo Bambuí na região de Arcos (MG): uma contribuição com base em testemunhos de sondagem. *Geologia USP – Série Científica*, 11(2), 45-54.
- Martins, M., Lemos, V. B. (2007). Análise estratigráfica das sequências neoproterozoicas da Bacia do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(4), 156-167.
- Martins, M. S., Karfunkel, J., Uhlein, A., Lopes, T. C., Fonseca, A. F. F., Leite, M. M., Uhlein, G. J., Freire, G. R. (2011a). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Serra do Cabral (SE.23-X-C-V)*. UFMG/CPRM.
- Martins, M. S., Lopes, T. C., Martins, F. R., Santos, R. L., Sena, R. T., Pedrosa-Soares, A. C. (2011b). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Serra das Almas (SE.23-Y-B-II)*. Projeto Alto Paranaíba, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Martins-Neto, M. A., Pedrosa-Soares, A. C., Lima, S. A. A. (2001). Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from Late Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco craton and Araçuaí fold belt, Eastern Brazil. *Sedimentary Geology*, 141/142, 343-370.

- Noce, C. M., Fogaça, A. C. C. (1997). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Curimataí (SE.23-X-C-VI)*. Projeto Espinhaço, Comig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Paula, F. L., Duarte, F. T., Teixeira, L. F. (2009). *Mapeamento geológico da porção norte da Folha Três Marias – SE.23-Y-B-III*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Belo Horizonte: Instituto de Geociências, UFMG.
- Paula-Santos, G. M., Babinski, M., Caetano-Filho, S., Kuchenbecker, M. (2012). Abordagem quimioestratigráfica (C, O) e geocronológica da Formação Sete Lagoas na região de Vespasiano, MG: uma unidade cambriana? *XLVI Congresso Brasileiro de Geologia*. Santos: SBG.
- Paula-Santos, G. M., Babinski, M., Kuchenbecker, M., Caetano-Filho, S., Trindade, R. I., Pedrosa-Soares, A. C. (2015). New evidence of an Ediacaran age for the Bambuí Group in southern São Francisco craton (Eastern Brazil) from zircon U–Pb data and isotope chemostratigraphy. *Gondwana Research*, 28(2), 702-720.
- Petri, S., Coimbra, A. M., Amaral, G., Ojeda, H. O., Fúlfaro, V. J., Ponçano, W. L. (1986). Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 16(4), 372-376.
- Pimentel, M., Della Giustina, M. E. S., Rodrigues, J. B., Junges, S. L. (2012). Idades dos grupos Araxá e Bambuí: implicações para a evolução da Faixa Brasília. *XLVI Congresso Brasileiro de Geologia*. Santos: SBG.
- Reis, H. L. S. (2011a). *Estratigrafia e tectônica da Bacia do São Francisco na zona de emanções de gás natural do baixo Rio Indaiá (MG)*. Dissertação (Mestrado). Ouro Preto: Escola de Minas, Ufop.
- Reis, H. L. S. (2011b). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Serra Selada (SE.23-Y-B-V)*. Projeto Alto Paranaíba, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Reis, H. L. S., Costa, R. D., Prezzotti, F. P. S., Tedeschi, M., Fonseca, H. A. M., Kuchenbecker, M. (2011). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Andrequicé (SE.23-Z-A-I)*. UFMG/CPRM.
- Rodrigues, J. B. (2008). *Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí: um estudo de zircões detríticos e Idades Modelo Sm-Nd*. Tese (Doutorado). Brasília: Instituto de Geociências, UnB.
- Romano, A. W. (2007). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Pará de Minas (SE.23-Z-C-IV)*. UFMG/CPRM.
- Romano, A. W., Knauer, L. G., Costa, R. D., Oliveira, D. V., Barroso, M. F., Serrano, P. M. (2013). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Pirapora (SE.23-X-C-I)*. Projeto Norte de Minas, Codemig/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Saura, E., Embry, J. C., Vergés, J., Hunt, D. W., Casciello, E., Homke, S. (2012). Growth fold controls on carbonate distribution in mixed foreland basins: insights from the Amiran foreland basin (NW Zagros, Iran) and stratigraphic numerical modeling. *Basin Research*, 24, 1-23.
- Seer, H. J., Moraes, L. C., Fogaça, A. C. C. (1987). Faciologia e estruturação tectônica dos metassedimentos com diamictitos e jaspilitos da região de Lagoa Formosa, MG (Grupo Bambuí?). *IV Simpósio de Geologia de Minas Gerais*, 199-213. Belo Horizonte: SBG.
- Tuller, M. P., Ribeiro, J. H., Signorelli, N., Féboli, W. L., Pinho, J. M. M. (2009). *Projeto Sete Lagoas-Abaeté, estado de Minas Gerais: texto explicativo*. Belo Horizonte: CPRM.
- Uhlein, A., Baptista, M. C., Seer, H. J., Caxito, F. A., Uhlein, G. J., Dardenne, M. A. (2011). A Formação Lagoa Formosa, Grupo Bambuí (MG): sistema deposicional de leque submarino em Bacia de Ante-Pais. *Geonomos*, 19(2), 163-172.
- Uhlein, A., Perrella, P., Uhlein, G. J., Neiva, G. S., Souza, R. D. (2015). *Mapa geológico 1:100.000 da Folha Januária (SE.23-Z-C-II)*. Projeto Fronteiras de Minas. CODEMIG/UFMG. Acesso em 01 de julho de 2015, < <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>.
- Warren, L. V., Quaglio, F., Riccomini, C., Simões, M. G., Poiré, D. G., Strikis, N. M., Anelli, L. E., Strikis, P. C. (2014). The puzzle assembled: Ediacaran guide fossil *Cloudina* reveals an old proto-Gondwana seaway. *Geology*, DOI: 10.1130/G35304.1