

# AS FORMAÇÕES CÓRREGO DA BANDEIRA E CÓRREGO PEREIRA (GRUPO CONSELHEIRO MATA, SUPERGRUPO ESPINHAÇO) NA PORÇÃO NOROESTE DA SERRA DO CABRAL (MG): DEFINIÇÃO DAS SEÇÕES-TIPO E CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE PROVENIÊNCIA SEDIMENTAR

Tiago Carneiro Lopes<sup>1</sup>, Maximiliano de Souza Martins<sup>2</sup>, Jens Götze<sup>3</sup>, Mariana Meireles Leite<sup>1</sup>

1 - Programa de Pós-graduação em Geologia da UFMG, Av. Antônio Carlos, 6.627, Instituto de Geociências Campus da UFMG, 31270-90.

Belo Horizonte, MG. [ticalopes@hotmail.com](mailto:ticalopes@hotmail.com); [ma.mleite@gmail.com](mailto:ma.mleite@gmail.com)

2 - Escola de Minas, DEGEO, UFOP, Campus Morro do Cruzeiro. 35.400-000. Ouro Preto, MG; [maximilianomartins@yahoo.com.br](mailto:maximilianomartins@yahoo.com.br)

3 - Technische Universität Freiberg, Brennhausgasse, 14. 09596, Freiberg, Alemanha, [goteze@mineral.tu-freiberg.de](mailto:goteze@mineral.tu-freiberg.de)

Recebido em 11 de outubro de 2012; aceito em 19 de fevereiro de 2013

**Resumo:** As formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira (Grupo Conselheiro Mata, Supergrupo Espinhaço) possuem maior área de distribuição na terminação periclinal do anticlinal da Serra do Cabral, localizado na porção noroeste da mesma. O mapeamento geológico 1:20.000 desta região, aliado a levantamento de um perfil de detalhe, não só atende aos requisitos de classificação taxonômica de unidades estratigráficas segundo a área de ocorrência, como também coloca em evidência dados importantes para a reconstrução paleotectônica da Bacia Espinhaço e composição das áreas-fonte. A Formação Córrego da Bandeira teria sido depositada em um ambiente marinho plataformar de baixa energia, principalmente na porção SW, localmente com porções mais rasas (sujeitas à ação de ondas de tempestades), com pulsos de sedimentos mais grossos na região N. Esta porção estaria sujeita a climas áridos e contaria com a exposição, intemperismo e transporte de uma porção aflorante do embasamento cristalino, fornecendo feldspato e monazita como material detrítico. Uma plataforma carbonática proximal também seria criada e retrabalhada, fornecendo sedimentos de mesma natureza. Um ciclo regressivo tornaria a bacia mais rasa, iniciando a deposição dos arenitos da Formação Córrego Pereira. A deposição teria ocorrido num ambiente marinho raso a litorâneo, de energia mais alta, com fluxo de sedimentos para NE e N, a partir de um alto local a N. Uma fonte reciclada, ou várias fontes atuando em conjunto são reconhecidas durante os processos de sedimentação da Formação Córrego Pereira.

**Palavras-chave:** Serra do Cabral, Proveniência sedimentar, Supergrupo Espinhaço.

**Abstract:** CÓRREGO DA BANDEIRA AND CÓRREGO PEREIRA FORMATIONS, CONSELHEIRO MATA GROUP, ESPINHAÇO SUPERGROUP, IN THE NORTHWEST PORTION OF SERRA DO CABRAL, MG: DEFINITION OF TYPE CROSS SECTIONS AND CONTRIBUTION TO THE SEDIMENTARY PROVENANCE STUDIES - The Córrego da Bandeira and Córrego Pereira formations (Conselheiro Mata Group, Espinhaço Supergroup) have their widest range area in the Cabral's Hill periclinal end, located in the same area northwest portion. The geological mapping 1:20.000 of this region, combined to detailed section survey of these formations, not just fills the taxonomic stratigraphic unit classification requirements according to the occurrence area, as also put in evidence important data to the Espinhaço Basin paleotectonic reconstruction and the sediments area provenance. The Córrego da Bandeira Formation would have been deposited in a low energy shelf marine environment, mostly in SW portion, locally with shallower regions (subject to wave and storm actions) with coarser sediment pulses in the north region. This portion would be subjected to arid climate having exposition, weathering and transport of the crystalline basement, providing feldspar and monazite as detrital material. A proximal carbonatic shelf would also be created and reworked, providing sediments of the same nature. A regressive cycle makes the basin shallower, starting the Córrego Pereira sandstone deposition. This deposition would take place in a coastal to shallow marine environment, with lower energy and sediment flow to NE and N, having a local high to the N. One recycled source or many sources acting together are recognized during the Córrego Pereira sedimentary processes.

**Keywords:** Cabral hill, Sedimentary provenance, Córrego da Bandeira; Córrego Pereira.

## 1. INTRODUÇÃO

A Serra do Cabral é uma feição geomorfológica do centro-norte de Minas Gerais parcialmente sustentada pelos sedimentos siliciclásticos do Supergrupo Espinhaço que afloram dentro do Cráton São Francisco, compondo parte da bacia homônima (Alkmim & Martins-Neto, 2001).

Os primeiros levantamentos geológicos sistemáticos na Serra do Cabral foram realizados por Viveiros & Walde (1976), correlacionando parte das sequências sedimentares do Supergrupo Espinhaço nesta região com a coluna estratigráfica estabelecida por Pflug (1968) para a parcela meridional da cordilheira, sendo reconhecidas as formações Galho do Miguel, Santa Rita e Córrego dos Borges. A Formação Galho do Miguel corresponderia aos

sedimentos continentais do Grupo Diamantina, ao passo que as formações Santa Rita e Córrego dos Borges seriam os representantes da sedimentação marinha que caracteriza o Grupo Conselheiro Mata de Dossin *et al.* (1990). Souza Filho (1995) amplia a estratigrafia do Supergrupo Espinhaço para esta região, reconhecendo no flanco oeste da Serra do Cabral as formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira. Esta proposta pôde ser confirmada através de mapeamentos geológicos recentes realizados na porção noroeste da Serra do Cabral (Leite, 2010; Lopes, 2012).

Levando-se em consideração a distribuição e a continuidade das exposições rochosas, assim como o elevado grau de preservação das estruturas sedimentares, a porção noroeste da Serra do Cabral é aqui considerada como área-chave para

levantamentos de natureza sedimentar e estratigráfica no Supergrupo Espinhaço.

Objetiva-se neste trabalho formalizar a ocorrência das formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira na porção noroeste da Serra do Cabral. A formalização destas unidades na referida área faz-se necessária frente aos critérios requeridos pelo Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri *et al.*, 1986) e pelo Guia Estratigráfico Internacional (Salvador, 1994), que exigem, dentre outros atributos, i) a distribuição em mapa de um corpo preferencialmente contínuo, ii) a definição da seção que o melhor caracteriza (seção-tipo), iii) quando possível, a caracterização dos aspectos genéticos. Para este último, foram utilizadas técnicas combinadas de estratigrafia e sedimentologia aliadas a estudos de catodoluminescência realizados em seções delgadas. A integração destes dados pode fornecer importantes informações sobre a paleotectônica da bacia e composição das áreas-fonte.

## 2. METODOLOGIA

Numa primeira etapa foi realizado o mapeamento geológico nas escalas 1:100.000 e 1:20.000 na porção meridional do Sinclinal de Covancas, região limítrofe entre as serras do Cabral e da Água Fria, onde foi possível cartografar a ocorrência das formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira (Leite, 2010; Lopes, 2012), ratificando a proposta estratigráfica de Souza Filho (1995). De posse destes dados, foi realizado o levantamento estratigráfico e sedimentológico de detalhe (1:2.000) ao longo do Córrego Buriti Grande, na porção noroeste da Serra do Cabral. Justifica-se a escolha deste perfil para a caracterização da seção-tipo das formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira pela i) distribuição e continuidade das exposições rochosas, ii) preservação das estruturas sedimentares e iii) pelo fato de as duas formações estarem claramente balizadas por seus contatos de base e de topo. A Formação Córrego dos Borges, do Supergrupo Espinhaço, constitui o marcador estratigráfico de base. Por sua vez, a Formação Córrego Pereira é recoberta ora pela Formação Jequitáí ora pelos sedimentos pelito-carbonatados da Formação Serra de Santa Helena, Grupo Bambuí. Os levantamentos de detalhe foram apoiados por uma imagem geocover do satélite LANDSAT-TM e ETM, na composição da banda 7 (R7G4B2), com resolução espacial de 14,25m.

Foram coletadas amostras representativas das formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira em toda a porção ocidental da Serra do Cabral. A partir destas, foram confeccionadas lâminas delgadas e polidas para estudos petrográficos

convencionais e de catodoluminescência (CL), respectivamente.

As análises de CL foram realizadas no Instituto de Mineralogia de Freiberg – Alemanha. De acordo com Götze (2002), a técnica de CL pode ser utilizada para detectar e distinguir diferentes minerais ou gerações de minerais por meio de colorações características emitidas durante a análise. Uma outra aplicabilidade do método diz respeito ao estudo de proveniência de quartzo detrítico (Richter *et al.*, 2003), que se aplica perfeitamente às amostras estudadas (Tabela 1).

Tabela 1 - Correlação entre catodoluminescência e interpretações genéticas para diversos minerais, compilado de Götze & Zimmerle 2000 in Richter *et al.* 2003; Boggs & Krinsley 2006; Götze *et al.* 2002; e Götze 2012 comunicação verbal).

CATODOLUMINESCÊNCIA	INTERPRETAÇÃO
Azul fraca	Quartzo de rochas plutônicas ou metamórficas de alto grau
Vermelho-violeta e azul	Quartzo de rochas vulcânicas
Marrom fraca	Quartzo de rochas metamórficas regionais
Verde mudando para azul-violeta rapidamente	Quartzo de rochas plutônicas (graníticas)
Sem ou muito fraca	Quartzo autigênico ou de rochas metamórficas de baixo a médio grau
Verde ou azul transiente	Quartzo hidrotermal ou de rochas pegmatíticas
Azul forte	Feldspato potássico
Verde forte	Plagioclásio
Amarelo forte	Apatita ou zircão
Azul forte	zircão
Amarela-laranja forte	Calcita
Laranja-vermelha forte	Dolomita
Azul escura intermediária	Caolinita, dikita, nacrita, ou pirofilita
Sem	Serpentina, talco ou ilita

As lâminas delgadas polidas foram metalizadas com uma película de carbono para serem analisadas por um microscópio de CL a quente (“*hot cathode*”) HC1-LM (Neuser *et al.*, 1995). O sistema foi operado com aceleração de voltagem a 14kV e corrente de 0,2mA (densidade de corrente de aproximadamente 10 $\mu$ A/mm<sup>2</sup>). Imagens de CL foram capturadas ao vivo durante a operação usando uma vídeo-câmera digital *peltier “cooled”* (KAPPA 961-1138 CF 20 DXC). Espectros de CL em comprimentos de onda no alcance de 380 a 1000nm foram gravados com um espectrográfico *Acton Research SP-2356 digital*

*triple-grating*, com um detector Princeton Spec-10 CCD que foi acoplado ao microscópio de CL por uma guia de fibra de sílica-vidro (Götze & Kempe, 2008). Os espectros de CL foram medidos sobre condições padronizadas (calibração de comprimento de onda por lâmpada Hg-halogênio, diâmetro do *spot* de cerca de 30µm, tempo de medição de 1s) (Neuser et al., 1995).

### 3. ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO REGIONAL

O Cráton do São Francisco (Almeida 1977, Alkmim et al. 1993 e Alkmim 2004) é um segmento crustal que compõe parte do Escudo Atlântico, localizado na porção centro-leste da Plataforma Sul-Americana. As faixas de dobramento adjacentes a este cráton representam o registro das colisões do ciclo Brasileiro.

A Bacia do São Francisco registra toda a sedimentação que ocorreu no interior do cráton homônimo em pelo menos quatro estágios distintos no tempo geológico posterior a 1,8 Ga (Alkmim & Martins-Neto, 2001). Os limites desta bacia coincidem em sua maioria com os limites do Cráton do São Francisco, somente no extremo sul e a nordeste isto não ocorre. Os limites coincidentes estão junto às faixas de dobramentos Araçuai, a leste, Brasília, a oeste, e Rio Preto, a norte (Alkmim et al., 1993).

A região aqui abordada está localizada na porção centro-leste da Bacia do São Francisco, próxima ao contato com o Orógeno Araçuai (Figura 1). Nesta região estão expostos os sedimentos que compõem parte dos supergrupos Espinhaço e São Francisco, assim como o Grupo Areado. Dado o assunto de interesse deste trabalho, só serão caracterizados as unidades proterozóicas desta região – supergrupos Espinhaço e São Francisco.

#### 3.1. Supergrupo Espinhaço

O Serra do Espinhaço estende-se desde a região central de Minas Gerais até a Bahia com aproximadamente 1200km de extensão N-S ao longo do meridiano 44°W (Eschwege, 1822 in Renger 2005).

De todos os segmentos da cordilheira, a Serra do Espinhaço Meridional constitui o principal alvo dos estudos sedimentológicos, estratigráficos, estruturais e econômicos publicados até o presente (Renger, 1979; Renger & Knauer, 1995; Knauer, 2007). Grande parte deste interesse foi motivado inicialmente pela descoberta de diamantes associados aos metaconglomerados da Formação Sopa-Brumadinho no século XVIII.

Aos trabalhos pioneiros de Eschwege (1822) seguiram-se inúmeras contribuições para o esboço estratigráfico desta parcela da serra (e.g. Derby,

1906; Moraes et al., 1937), culminando com as obras de Pflug (1965, 1968), reconhecendo, da base para o topo, as formações São João da Chapada, Sopa Brumadinho, Galho do Miguel, Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego da Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande. Posteriormente, Dossin et al. (1990) dividiram o Supergrupo Espinhaço em dois grupos: i) Grupo Diamantina, composto pelas formações São João da Chapada, Sopa Brumadinho e Galho do Miguel e ii) Grupo Conselheiro Mata composto pelas formações Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego da Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande.

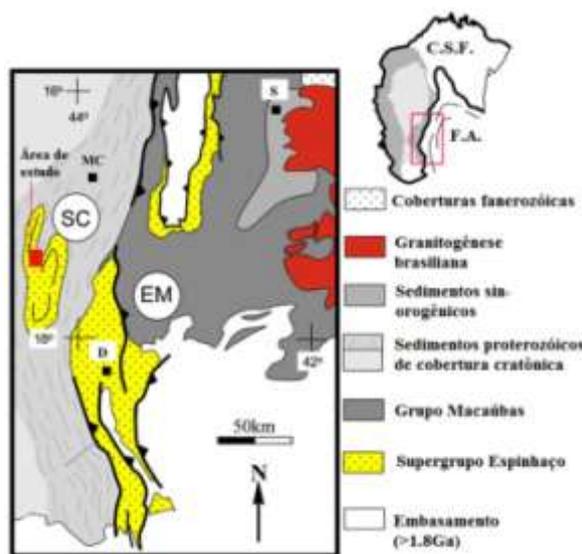


Figura 1- Localização da área de estudo em relação ao Cráton do São Francisco e à Faixa Araçuai. MC=Montes Claros, D=Diamantina e S=Salinas.

Viveiros & Walde (1976) realizaram os primeiros levantamentos geológicos sistemáticos na Serra do Cabral, correlacionando as seqüências sedimentares desta com as da Serra Mineira, sendo reconhecidas para o Supergrupo Espinhaço as formações Galho do Miguel, Córrego dos Borges e Santa Rita.

Souza Filho (1995), realizando trabalho de cunho estrutural, reconhece, no flanco oeste da Serra do Cabral, as formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira, ampliando a estratigrafia do Supergrupo Espinhaço para esta região. Segundo este autor, a ocorrência do Supergrupo Espinhaço nesta região é entendida como a expressão do preenchimento de uma calha intracratônica de direção ESE-WNW em tempos pré-cambrianos.

Dupont (1996) atribui a sucessão rítmica que caracteriza o Grupo Conselheiro Mata na região da Serra do Cabral a ciclos transgressivos e regressivos relacionados à evolução mecânica da bacia Espinhaço neste período.

### 3.2. Supergrupo São Francisco

Sob a designação de Supergrupo São Francisco (Pflug & Renger, 1973) são reunidas seqüências deposicionais do Proterozóico Superior: a Formação Jequitá e os grupos Macaúbas e Bambuí em Minas Gerais, a Formação Bebedouro e o Grupo Una, na Bahia (Knauer, 1999).

A unidade recobre quase todo o segmento centro-sul do cráton homônimo, ocorrendo também na região da Chapada Diamantina. As unidades estratigráficas que compõem este supergrupo distribuem-se como coberturas sedimentares sobre o cráton (Formação Jequitá, e parte do Grupo Bambuí, em Minas Gerais Bahia e Goiás e Formação Bebedouro e Grupo Una, na Chapada Diamantina), ou como metassedimentos na Faixa de Dobramentos Araçuai (Grupo Macaúbas e parte do Grupo Bambuí em Minas Gerais).

As formações Jequitá e Bebedouro e o Grupo Macaúbas são constituídos basicamente por (meta) diamictitos e arenitos, cujos processos de deposição foram influenciados, pelo menos, em parte, por processos glaciais (e.g. Karfunkel & Hoppe, 1988; Noce *et al.*, 1993; Uhlein *et al.* 2004).

O Grupo Bambuí de Schöll (1976) abarca grande parte das rochas pelíticas e carbonáticas aflorantes na bacia do Rio São Francisco que foram originalmente designadas como "Série São Francisco" por Derby (1878). Alkmim & Martins-Neto (2001), aprimorando propostas estratigráficas anteriores (e.g. Branco & Costa, 1961; Schöll, 1976; Dardenne, 1978), reconhecem para o Grupo Bambuí, da base para o topo, as formações Carrancas (conglomerados e arenitos), Sete Lagoas (carbonatos e pelitos), Samburá (conglomerados), Serra de Santa Helena (pelitos), Lagoa do Jacaré (carbonatos e pelitos), Serra da Saudade (pelitos) e Três Marias (arenitos arcoseanos). Estas unidades são interpretadas como produto da sedimentação em ambiente marinho plataformar sob condições tectônicas passivas ou ativas (Alkmim & Martins-Neto *et al.* 2001).

### 3.3. Geologia estrutural

Alkmim *et al.* (1993, 1996) dividem a Bacia do São Francisco em três compartimentos estruturais: *i*) compartimento oeste (W), que corresponde ao cinturão de antepaís das faixas Brasília e Rio Preto; *ii*) compartimento central (C), no qual as rochas encontram-se indeformadas; e *iii*) compartimento leste (E), que representa o cinturão de antepaís da Faixa Araçuai. Os compartimentos condizem com a deformação sofrida pelas rochas pré-cambrianas da bacia, onde, nos compartimentos periféricos, os sedimentos do Grupo Bambuí compõem dois cinturões epidérmicos de antepaís, de vergências

opostas. A região ocupada pela Serra do Cabral está, em quase sua totalidade, no compartimento leste de Alkmim *et al.* (1993, 1996).

Os aspectos relacionados da geologia estrutural da área foram investigados com maior detalhe por Souza Filho (1995). Segundo este autor a estruturação da região é constituída por amplas culminações antiformais e depressões sinformais desenvolvidas nas rochas que compõem os supergrupos Espinhaço e São Francisco, com formas abertas e cônicas, exibindo vergência para oeste. As charneiras das dobras apresentam duplo caimento em torno das direções N15E e S15W, com desvios para NNW e SSE.

Hercos *et al.* (2008), baseando-se na integração entre dados de campo e de uma seção sísmica (240-RL-300) de direção NW-SE, que termina nos arredores da Serra da Água Fria, apêndice contínuo da porção oeste da Serra do Cabral, reconhecem três diferentes estilos estruturais para a Bacia do São Francisco. Estes domínios estruturais, designados de Oriental, Central e Ocidental, são relacionados a um compartimento tectônico maior, denominado Saliência de Pirapora, onde o embasamento foi envolvido na deformação das rochas da cobertura cratônica (tectônica *thickskinned*). O encurtamento total da área, atribuído ao ciclo Brasileiro (500–700Ma), foi acomodado por dois mecanismos: inversão de falhas normais em resposta ao soerguimento regional do embasamento, e dobramentos na cobertura amplificados por esforços horizontais.

### 4. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A GEOLOGIA DA PORÇÃO MERIDIONAL DO SINCLINAL DE COVANCAS, REGIÃO LIMÍTROFE ENTRE AS SERRAS DO CABRAL E DA ÁGUA FRIA

O grande contraste litológico entre o Supergrupo Espinhaço e o Supergrupo São Francisco na área de interesse faz com que dois compartimentos geomorfológicos bastante distintos sejam reconhecidos (Figura 2).

O primeiro é marcado por chapadas e escarpas que formam a própria Serra do Cabral e a Serra da Água Fria, estendendo-se se por aproximadamente 170km segundo o meridiano, com altitudes médias da ordem de 1000m e atingindo máximo em 1345m. Este domínio é caracterizado pelo relevo recortado e pelas chapadas formadas no topo das serras, em torno da cota de 900m. O Supergrupo Espinhaço aflora nas porções mais elevadas do terreno, seja como um conjunto de cristas de direção N-S que conformam a terminação da Serra do Cabral propriamente dita, seja no altiplano que caracteriza o platô do domínio serrano, onde estão situadas as maiores altitudes. Os litotipos que compõem o

Supergrupo Espinhaço são bem marcados por seus contrastes texturais, em aerofotos e imagens de satélite.

O segundo compartimento é dominado por relevo dissecado, formando grandes áreas rebaixadas nas áreas de ocorrência dos sedimentos pelito-carbonáticos do Grupo Bambuí. Neste domínio predomina o relevo suave e ondulado, com variação de cotas em torno de 550 a 700m (Figura 2).

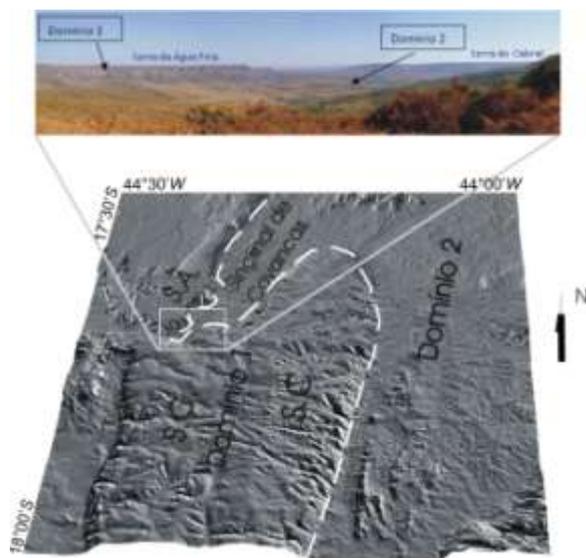


Figura 2 - Compartimentação geomorfológica da região da Serra do Cabral com destaque para a região de estudo em foto de orientação NW-SE. Legenda: S.C. = Serra do Cabral; S.A.= Serra da Água Fria; linha branca tracejada = limite entre os domínios.

Através do mapeamento geológico desta área (Figura 3), as unidades litoestratigráficas atribuídas ao Supergrupo Espinhaço neste trabalho foram consideradas equivalentes a parte do Grupo Conselheiro Mata de Dossin *et al.* (1990) - formações Córrego dos Borges, Córrego da Bandeira e Córrego Pereira. Para o Supergrupo São Francisco foram reconhecidas as formações Jequitai – equivalente cratônico do Grupo Macaúbas, e Serra de Santa Helena, pertencente ao Grupo Bambuí. Todo o conjunto é recoberto discordantemente pela Formação Abaeté, do Grupo Areado.

O metamorfismo das rochas proterozóicas dos supergrupos Espinhaço e São Francisco situa-se na fácies xisto verde baixo ao anquimetamorfismo (Souza Filho, 1995; Leite, 2010). Desta forma, utilizar-se-á a nomenclatura para rochas sedimentares em substituição aos termos metamórficos, uma vez que as texturas e estruturas sedimentares originais encontram-se bem preservadas.

A Formação Córrego dos Borges aflora na região periclinal da grande culminação antiformal da Serra do Cabral. A espessura desta formação é

indeterminada, devido a ausência de seu contato basal. Estima-se uma espessura mínima da ordem de 420m. Em imagem LANDSAT-TM os arenitos da Formação Córrego dos Borges são bem evidenciados pelo contraste de resistência com as unidades pelíticas que o circundam, onde se sobressai. A Formação Córrego dos Borges é caracterizada por arenitos médios, com lâminas de areia grossa de espessura centimétrica (Figura 4A). As estruturas sedimentares presentes são estratificações cruzadas cujos sets variam de 15 a 50cm e base tangencial, estratificações plano-paralelas com estratos de 50cm, estratificações cruzadas do tipo espinha-de-peixe (Figura 4B) e marcas onduladas assimétricas e simétricas com comprimento de onda variando entre 3 e 5cm.

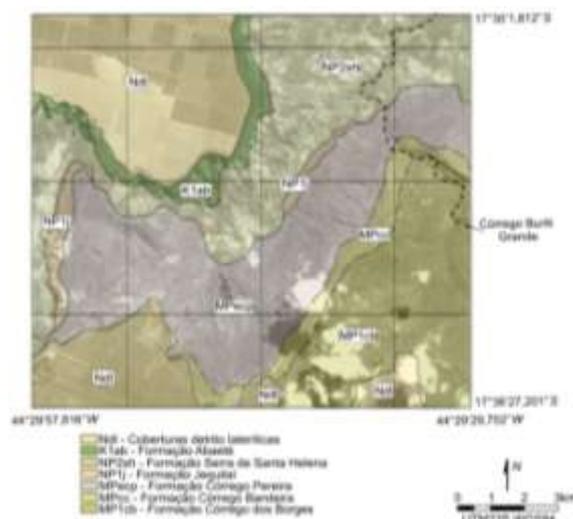


Figura 3 - Mapa litológico simplificado (1:20.000) do Sinclinal de Covancas.

A Formação Córrego da Bandeira possui ocorrência restrita à porção NW da área. O contato basal com a Formação Córrego dos Borges é concordante e gradacional, e a espessura máxima é de aproximadamente 200m. É caracterizada por uma sequência rítmica com siltitos em meio a arenitos finos, com intercalações lenticulares de carbonatos de até 1,0m de espessura na porção sul da área (Lopes, 2012). Os siltitos assumem colorações que vão do amarelo claro ao vermelho, quando alterados (Figura 4C). Podem ser identificados junto às lâminas de areia, micas detríticas e óxidos dispersos. Os arenitos são finos, brancos e puros, ao passo que os arenitos de coloração acinzentada são ricos em óxidos e micas detríticas. Estratificação e laminação plano paralelas são as estruturas sedimentares mais comuns. Marcas onduladas assimétricas, paralelas e sinuosas, e estratificações cruzadas tangenciais e *hummocky* também são encontradas, principalmente nos estratos mais arenosos.

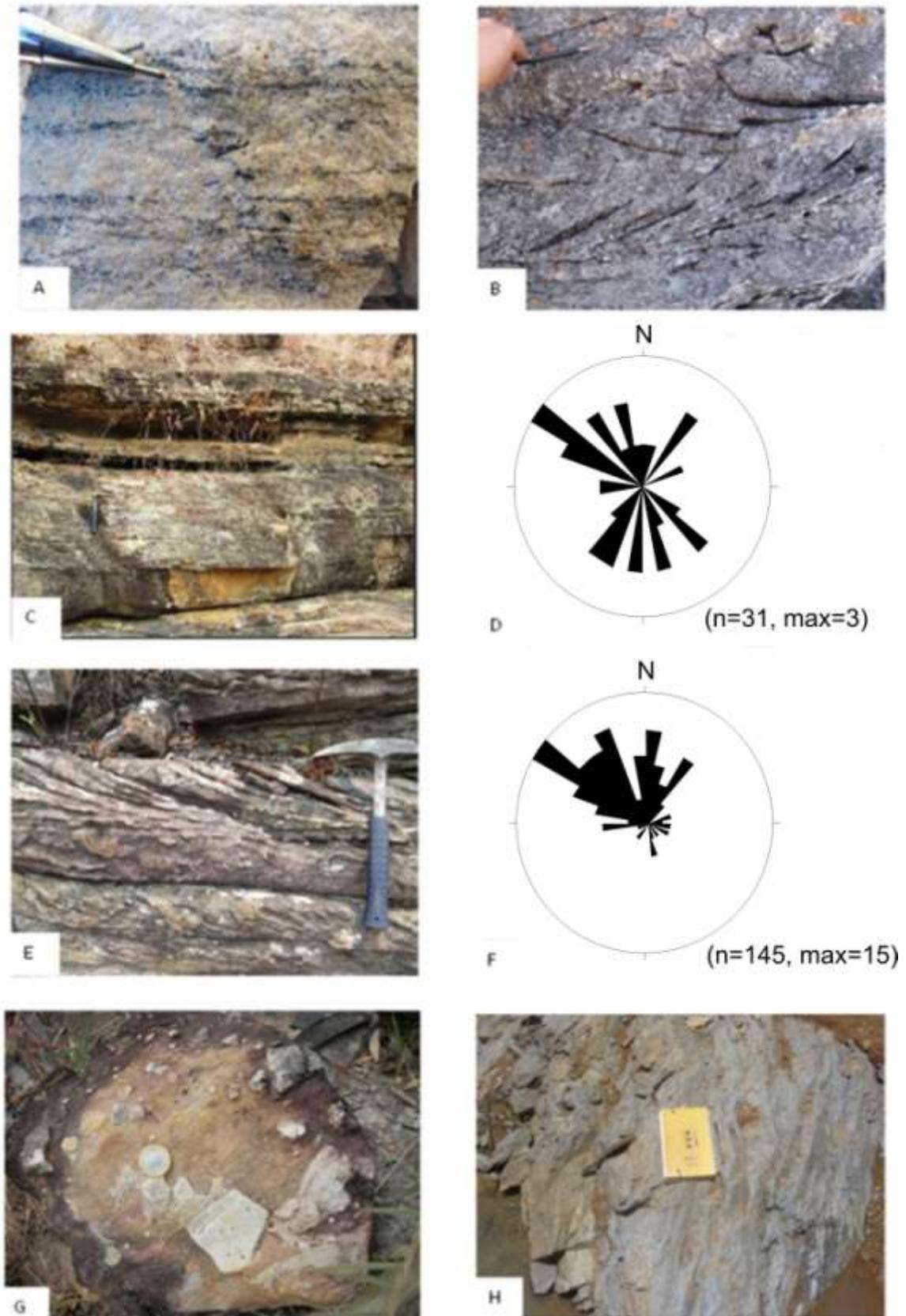


Figura 4 - A) Arenitos médios laminados (Formação Córrego dos Borges); B) Estratificação cruzada espinha de peixe (Formação Córrego dos Borges); C) Siltitos laminados (Formação Córrego da Bandeira); D) Diagrama de rosetas com vetores de paleocorrentes (Formação Córrego da Bandeira); E) Arenito com estratificação tangencial (Formação Córrego Pereira); F) Diagrama de rosetas com vetores de paleocorrentes (Formação Córrego Pereira); G) Diamictito com seixos e blocos (Formação Jequitai); H) Lente carbonática (Formação Serra de Santa Helena).

Os vetores gerais de paleocorrente para a Formação Córrego da Bandeira apresentam padrão bipolar, orientado aproximadamente na direção N-S, com pequenas dispersões próximas a direção E-W (Figura 4D).

A Formação Córrego Pereira também se restringe à porção noroeste desta área. Seu contato inferior se dá de forma gradacional. Esta unidade é caracterizada por um pacote aproximadamente homogêneo de arenitos finos, com estrutura predominantemente maciça, formando grandes bancos arenosos de espessura métrica. Os grãos são arredondados e de alta esfericidade, sendo 95% deles de quartzo, ocorrendo raros planos micáceos. As estruturas sedimentares principais são estratificações cruzadas de pequeno porte com sets cruzados com espessura variando de 15 a 20cm (Figura 4E), com base tangencial, truncados no topo. Também são observadas marcas onduladas paralelas com cristas sinuosas e assimétricas. O vetor geral de paleocorrente para a Formação Córrego Pereira apresenta-se unipolar, com aporte de sedimentos para NW, com dispersões para N (Figura 4F). A espessura máxima não ultrapassa os 140m.

A Formação Jequitáí aflora de forma descontínua como estreitas faixas entre as formações Córrego Pereira e Serra de Santa Helena. Assenta-se sobre a Formação Córrego Pereira em contato brusco e, algumas vezes, erosivo. A espessura máxima não pôde ser determinada em virtude, principalmente, da ausência das relações de contato com a Formação Serra de Santa Helena, mas, estima-se uma espessura mínima de 50m. Esta unidade é representada por diamictitos com intercalações lenticulares de arenitos finos imaturos. Quando frescos, os diamictitos são cinza-esverdeados e quando alterados, a matriz se mostra esbranquiçada ou arroxeadada (Figura 4G). A matriz é geralmente silto-arenosa, imatura. A composição dos clastos é heterogênea, com predomínio de quartzo, arenitos, siltitos e carbonatos. Os clastos são subangulosos, variando de seixos em sua grande maioria, a blocos e raros matacões.

A Formação Serra de Santa Helena é a única unidade do Grupo Bambuí na área mapeada, aflorando continuamente em toda a porção setentrional. Recobre as formações Córrego da Bandeira e Jequitáí por contato brusco. A espessura desta unidade é de difícil determinação, principalmente devido ao manto de intemperismo que o recobre e pela ausência de afloramentos contínuos. Esta formação é constituída por um pacote de siltitos/argilitos laminados, esverdeados a acinzentados quando fresco, com colorações de alteração variando do amarelado ao rosado. Quando frescos apresentam aspecto ardoso.

Subordinadamente ocorrem lentes carbonáticas e camadas de arenitos finos (Figura 4H).

O Sinclinal de Covancas é a grande estrutura presente na área (Figura 2). Os sedimentos do Supergrupo Espinhaço compõem o flanco leste desta estrutura, expondo, em seu núcleo, parte dos sedimentos do Supergrupo São Francisco. O Córrego Buriti Grande, afluente da margem direita do Córrego Riachão e do Rio Jequitáí, é um curso d'água que secciona perpendicularmente a orientação geral dos planos de acamamento sedimentar das rochas das formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira na terminação periclinal do anticlinal da Serra do Cabral. Esta conformação estrutural fez com que o Córrego Buriti Grande fosse escolhido como o local apropriado para o levantamento estratigráfico de detalhe que melhor pode caracterizar a seção-tipo das formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira na porção noroeste da Serra do Cabral (Figura 3).

## 5. SEÇÃO-TIPO, PETROGRAFIA E CATODOLUMINESCÊNCIA DAS FORMAÇÕES CÓRREGO DA BANDEIRA E CÓRREGO PEREIRA

### 5.1. Formação Córrego da Bandeira

A coluna de detalhe ao longo do Córrego Buriti Grande coloca em evidência as principais estruturas e variações texturais e composicionais desta formação (Figura 5). A espessura, nesta parte da área, atinge valores da ordem de 200m.

O contato com a Formação Córrego dos Borges é gradacional, marcado pela transição entre os arenitos médios da Formação Córrego dos Borges para arenitos impuros de granulometria fina a média, de coloração cinza-esbranquiçada, atribuídos a Formação Córrego da Bandeira. A base do pacote é caracterizada pela intercalação aproximadamente rítmica entre arenitos finos e médios de composição variada, ora puros, ora com fragmentos de feldspato. As principais estruturas sedimentares são dadas por laminações e estratificações plano-paralelas, definindo bancos de espessura decimétrica (Figura 5A). Localmente ocorrem estratificações cruzadas, com sets cruzados da ordem de 50cm de espessura (Figura 5B).

O pacote se mantém homogêneo no intervalo compreendido entre 20 a 60m, apresentando poucas variações texturais, estruturais e composicionais. A partir de 60m observa-se nova mudança no comportamento estratigráfico da Formação Córrego da Bandeira: passam a predominar arenitos finos intercalados a pelitos, representados principalmente por siltitos de coloração acinzentada. A estas porções, associam-se estratificação plano-paralela, ao passo que nos intervalos marcados por arenitos finos ocorrem

estruturas do tipo *hummocky* e estratificações cruzadas, associadas à variação granulométrica local (figuras 5C e 5D). Marcas onduladas assimétricas, paralelas ou sinuosas, são observadas nos siltitos, com comprimentos de onda variando de 2 a 5cm e amplitude por volta de 1cm.



Figura 5 - Coluna de detalhe para a Formação Córrego da Bandeira levantada no Córrego Buriti Grande. A) arenito fino laminado; B) estratificação cruzada hummocky; C e D) acamamento ondulado com variações granulométricas; E) arenito imaturo com níveis de óxidos.

O topo da Formação Córrego da Bandeira é caracterizado pelo aumento na granulometria dos sedimentos, prevalecendo arenitos médios sobre arenitos finos e siltitos. Os arenitos são esbranquiçados ou acinzentados e, em geral, bem selecionados. Quando acinzentados são mais imaturos, com micas detríticas e óxidos, notadamente hematita (Figura 5E). As principais estruturas sedimentares são estratificações cruzadas, estruturas sigmoidais de pequeno porte (da ordem de 20cm) e estruturas convolutas associadas aos níveis de óxidos.

Em lâmina delgada nota-se imaturidade textural e composicional das amostras, tendo a maioria pelo menos três classes granulométricas, grãos subangulosos e presença de matriz micácea.

Associam-se aos quartzo-arenitos micas detríticas, fragmentos líticos, carbonatos e, em menor proporção, feldspatos, massas de argilo-minerais e opacos (Figura 6A, 6B). A maioria das amostras apresenta-se estruturada, mostrando gradação e/ou laminação, muitas vezes deformada ou ondulada.

A CL evidenciou também altas concentrações de feldspato, podendo chegar a 30% de algumas lâminas (Figura 6C). Além dos feldspatos, a CL destaca também partes dominadas por carbonatos (Figura 6D).

Através da catodoluminescência (CL) foram identificados três tipos diferentes de grãos de quartzo na Formação Córrego da Bandeira, com CL mais alta arroxeadada, CL azul fraca e amarronzada fraca, indicando proveniências distintas para estes minerais (Figura 6E). Comumente são observados minerais com halos amarelados (radioativos), atingindo cerca de 2% de grãos com esta característica (Figura 6E). Possivelmente são grãos de monazita apontados pela alta concentração de elementos terras raras (Figura 6F). Zircões detríticos também são observados por CL (Figura 6G, 6H).

## 5.2. FORMAÇÃO CÓRREGO PEREIRA

A Formação Córrego Pereira faz contato normal, gradacional, com a Formação Córrego da Bandeira, já com as formações Jequitai e Serra de Santa Helena o contato é brusco. Em imagem LANDSAT-TM é possível notar esta unidade pelo contraste positivo de relevo com as unidades circundantes.

Ao exemplo da Formação Córrego da Bandeira, o perfil de detalhe evidencia as principais estruturas e variações texturais e composicionais desta formação (Figura 7). A espessura atinge valores da ordem de 120m.

A base da Formação Córrego Pereira é marcada por arenitos médios a finos e texturalmente maduros. A principal estrutura sedimentar é dada por lóbulos sigmoidais amalgamados que se intercalam a bancos mais ou menos maciços, definindo conjuntos da ordem de 0,5 até 5m de espessura (Figura 7A).

No perfil colunar, em torno dos 20m, observam-se marcas onduladas levemente assimétricas, de baixa sinuosidade (Figura 7B). Nesta porção associam-se às estruturas amalgamadas, sericita e níveis de óxidos, evidenciando o formato sigmoidal e o caráter lobulado (Figura 7C).

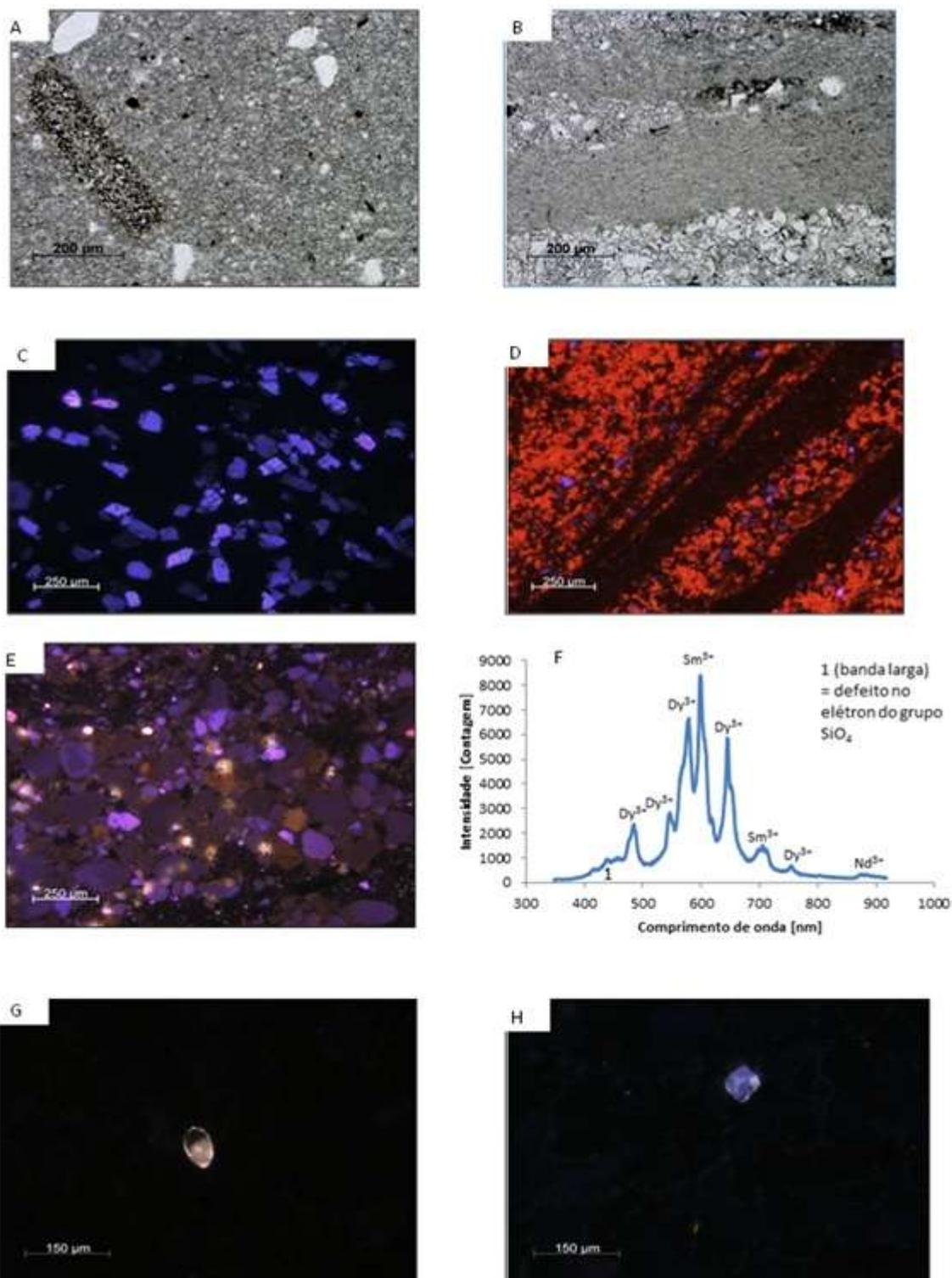


Figura 6 - Fotomicrografias e espectro de catodoluminescência de amostras da Formação Córrego da Bandeira: A) rocha pelítica com fragmentos líticos e grãos de areia dispersos (nicóis paralelos, aumento 10X, zoom 4X. Lâmina CSA085); B) rocha fina laminada carbonática com contribuição de mica, argilominerais, opacos e feldspatos (nicóis paralelos, aumento 10X, zoom 4X. Lâmina CSA116); C) arcóseo com alta concentração de feldspatos potássicos (imagem de CL, aumento 4X, zoom 4X, 1s de exposição. Lâmina CBG215); D) rocha pelito carbonática arcoseana laminada (grãos com alta CL avermelhada são dolomita e grãos com alta CL azul são feldspatos potássicos) (imagem de CL, aumento 4X, zoom 4X, 1s de exposição. Lâmina CSA116); E) rocha areno pelítica com alta concentração de minerais exibindo halos amarelados de CL e três tipos diferentes de grãos de quartzo, um com CL arroxeadada mais alta, um com CL azul fraca e outro com CL muito fraca marrom (imagem de CL, aumento 4X, zoom 4X, 40s de exposição. Lâmina CPR342); F) Espectro da catodoluminescência (CL) de mineral radioativo da amostra CPR342 (14kV-0,2mA-1s); e zircões com CL amarelada (G) (imagem de CL, aumento 10X, zoom 4X, 5s de exposição. Lâmina CPR470) e azulada (H) (imagem de CL, aumento 10X, zoom 4X, 10s de exposição. Lâmina CPR470).

Da metade superior do perfil colunar até o contato com a unidade de topo – Formação Jequitaí, as principais estruturas sedimentares presentes na Formação Córrego Pereira são estratificações cruzadas (Figura 7D), laminação e estratificação plano-paralelas (Figura 7E) e estratificação *hummocky*. Nos planos de estratificações cruzadas são comuns variações granulométricas.

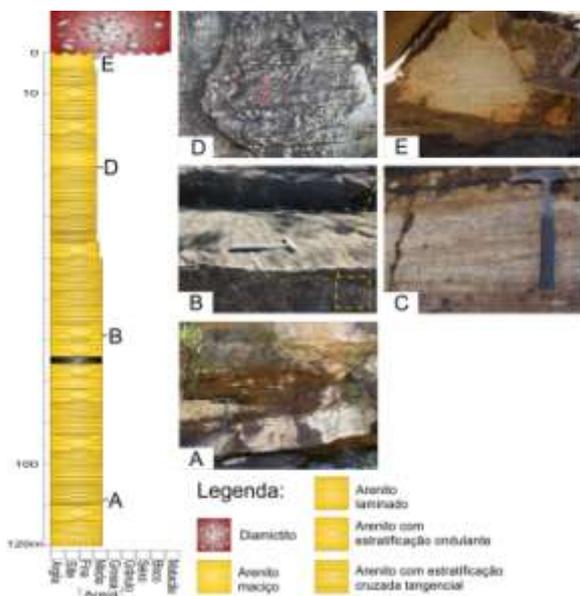


Figura 7 - Coluna de detalhe para a Formação Córrego Pereira levantada no Córrego Buriti Grande. A) Lobos sigmoidais amalgamados intercalados com bancos arenosos; B) marca ondulada assimétrica; C) arenito com sericita e níveis de óxido; D) estratificações cruzadas; E) laminações plano-paralelas.

Em lâmina delgada observam-se sedimentos de alta maturidade textural, com uma classe granulométrica amplamente predominante na maioria das lâminas, alta maturidade composicional, com porcentagens de quartzo acima de 96% e alta compactação, destacando-se sobrecrecimento por anquimetamorfismo e/ou diagênese e dissolução dos grãos de quartzo por pressão devido à compactação dos sedimentos (Figura 8A, 8B).

A homogeneização da rocha por diagênese e/ou anquimetamorfismo não apaga por completo as características de catodoluminescência (CL) (Götze 2012 comunicação verbal) dos grãos de quartzo nesta unidade, ocorrendo grãos três tipos de grãos: com CL arroxeadada mais forte, CL fraca amarronzada e CL azul fraca, por vezes mostrando uma prévia CL verde fraca transiente (Figura 8C, 8D, 8E, 8F).

Microfraturas preenchidas por material fino apresentam CL marrom fraca, por vezes com halos amarelados, possivelmente correspondendo a

soluções hidrotermais com remobilização de elementos radioativos (Figura 8G, 8H).

## 6. DISCUSSÕES

Em escala global, os mecanismos que controlam a formação e a evolução de bacias intracratônicas, em especial, ainda são obscuros, envolvendo grandes períodos de erosão ou não-deposição, por vezes mais largos que os períodos de sedimentação (Catuneanu *et al.* 2005). Della Fávera (2001) estabelece para este tipo de bacia um tempo de acumulação registrado de apenas 10% do tempo total, enquanto que para outras bacias o tempo registrado constitui 50% ou mais do tempo total.

O Supergrupo Espinhaço remonta a uma bacia intracratônica pré-cambriana, sendo muito antiga (aproximadamente 1,8 Ga) e muito extensa dos pontos de vista geográfico (aproximadamente 1.200 km de extensão no sentido N-S) e temporal, apresentando ciclos de preenchimentos descontínuos por aproximadamente 800 Ma, (Danderfer & Dardenne, 2002; Martins-Neto, 2007; Danderfer *et al.* 2009, Chemale *et al.* 2012).

Martins-Neto (2007) classifica a Bacia Espinhaço como uma bacia intracratônica abortada com as unidades presentes na Serra do Cabral representando as fases transicional (Fm. Galho do Miguel), com baixas taxas de subsidência e suprimento sedimentar constante, e flexural (Grupo Conselheiro Mata), com altas taxas de subsidência e suprimento sedimentar constante.

O mapeamento geológico da porção noroeste da Serra do Cabral, aliado ao perfil de detalhe levantado ao longo do Córrego Buriti Grande para as formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira, não só atende aos requisitos de classificação taxonômica de unidades estratigráficas exigidos pelo Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri *et al.*, 1986) e pelo Guia Estratigráfico Internacional (Salvador, 1994), como também coloca em evidência dados importantes para a reconstrução paleotectônica da Bacia Espinhaço e composição das áreas-fonte.

A comunhão entre os dados de campo, analíticos e aqueles disponíveis na literatura geológica permite tecer algumas considerações sobre a evolução tectono-sedimentar do Supergrupo Espinhaço no tempo da sedimentação das formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira nesta região.

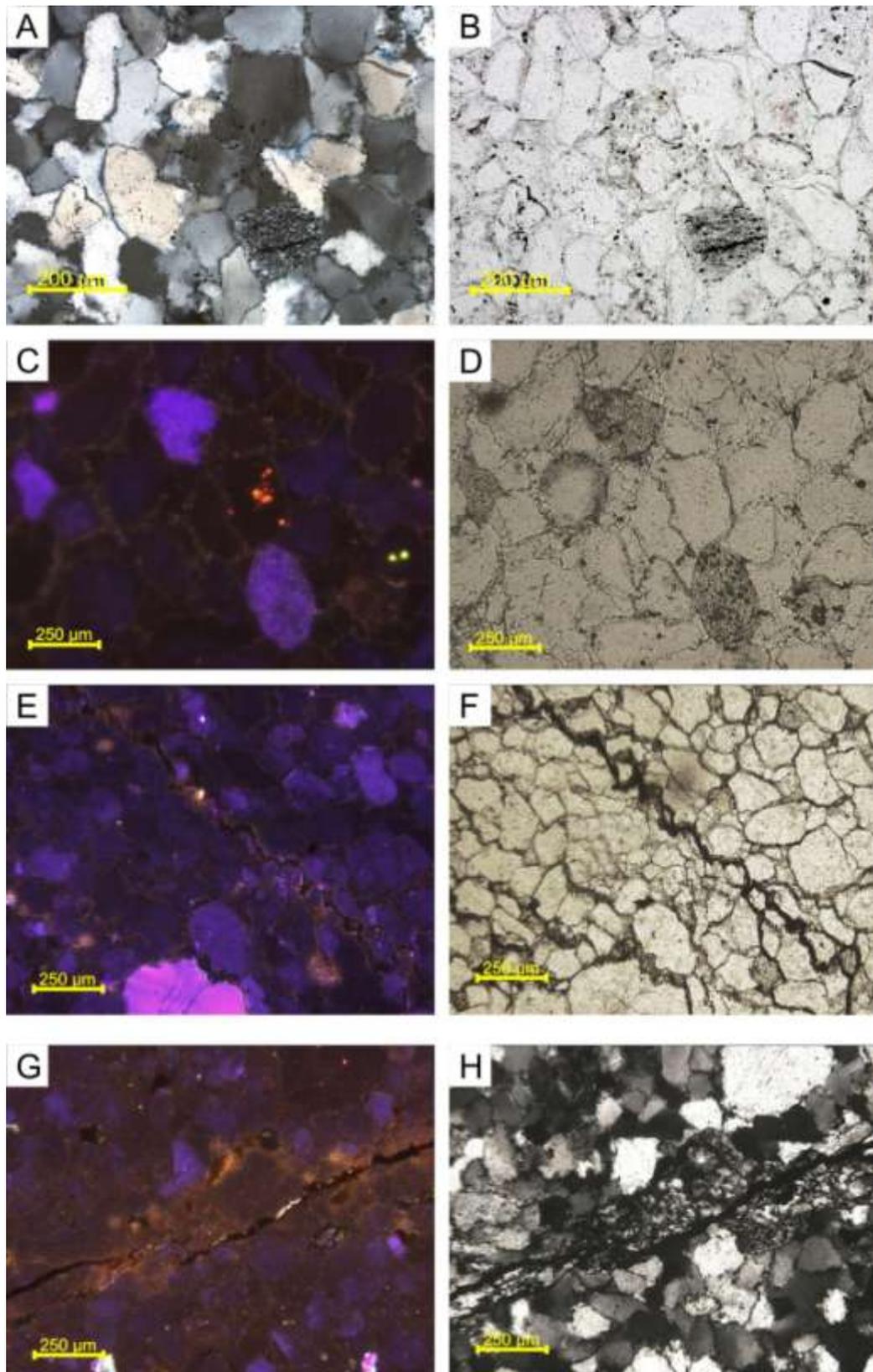


Figura 8 - Fotomicrografias de amostras da Formação Córrego Pereira: arenito altamente compacto com fragmento lítico composto por quartzo e opacos (A - nicóis cruzados e B - nicóis paralelos, aumento 10X, zoom 4X. Lâmina CL144); arenito com grãos de quartzo de dois tipos e fragmentos líticos (C - imagem de CL, 40s de exposição e D - nicóis paralelos, aumento 10X, zoom 4X. Lâmina CL144); E) arenito com três tipos de grãos de quartzo, matriz e grãos mostrando halo de CL amarelada, grãos de material fino mostrando CL azulada brilhante e homogeneização da CL dos grãos de quartzo na borda de fraturas preenchidas por opacos (E - imagem de CL, 20s de exposição e F - nicóis paralelos, aumento 4X, zoom 4X, Lâmina CBG042); G) arenito com fratura preenchida por opacos com halo de CL amarelada, grãos de quartzo mostrando CL homogeneizada e grão com CL marrom fraca e inclusões com alta CL vermelha (G - imagem de CL, 20s de exposição e H - nicóis paralelos, aumento 4X, zoom 4X,. Lâmina CBG042).

Corroborando os dados de Pflug (1968), Dossin *et al.* (1990), Dupont (1996) e Martins-Neto (2007), dentre outros, a deposição da Formação Córrego da Bandeira provavelmente se deu num ambiente marinho plataformar abaixo da linha de ondas de bom tempo e parcialmente acima do nível das ondas de tempestade, sugerido por ocorrências locais de estratificações cruzadas hummocky. A presença comum de lentes arenosas em meio aos pelitos indica pulsos esporádicos de maior energia, com entrada de sedimentos mais grossos no sistema. Pela primeira vez, contudo, são reconhecidos sedimentos carbonáticos para esta unidade, registros de ambiente marinho raso durante períodos de baixo aporte de terrígenos.

A atuação de uma tectônica de blocos ativa é também sugerida pelas composições dos constituintes detríticos dos sedimentos da Formação Córrego da Bandeira, que indicam diferentes áreas-fonte. De acordo com os dados petrográficos e das características genéticas atribuídas aos espectros de CL (Richter *et al.*, 2003), quatro são as possíveis fontes dos grãos de quartzo que compõem parte da unidade: i) de origem sedimentar (quartzo policristalino com contatos pontuais a côncavo convexos); ii) de origem plutônica ou metamórfica de alto grau (CL azul fraca); iii) vulcânica (CL vermelha violeta ou azul ou com formato estreito pontiagudo); e iv) metamórfico de médio a baixo grau (nódulos policristalinos de quartzo com subgrãos mostrando contatos suturados a poligonais ou CL marrom fraca ou azul).

A Formação Córrego da Bandeira apresenta uma marcante ocorrência de feldspatos potássicos angulosos, assim como de monazitas associadas a elementos radioativos, indicando o envolvimento de fontes graníticas de alto potássio proximais durante os processos de sedimentação. A presença de zircões com espectros distintos de catodoluminescências apontam para atuação de fonte mista ou de pelo menos duas fontes diferentes.

As ocorrências de calcilitos e margas na região norte da área de estudo evidenciam porções mais rasas da bacia neste intervalo.

As paleocorrentes desta unidade indicam um transporte sedimentar disperso, com um ligeiro destaque para a direção NW. A variação de fácies mostra um aprofundamento da lâmina d'água para SW com a presença de fácies mais arenosas e carbonáticas na parte N e das fácies menos arenosas a SW (Lopes, 2013).

A Formação Córrego Pereira teria sido depositada num ambiente marinho, evidenciada através do espesso pacote de arenitos finos e maduros texturalmente, com estratificações plano

paralelas e cruzadas tangenciais e tabulares de pequeno a médio porte, localmente com acamamento ondulado, estratificação cruzada do tipo "espinha-de-peixe" e bancos arenosos interpretados como barras de plataforma. Estes dados estão em acordo com as propostas de Pflug (1968), Dossin *et al.* (1990), Dupont (1996) e Martins-Neto (2007), dentre outras.

Os sedimentos, bem selecionados do ponto de vista composicional e com elevado grau de arredondamento e esfericidade, indicam grande transporte e/ou reciclagem para os sedimentos da Formação Córrego Pereira (segundo Remus *et al.*, 2008). Esta afirmação é corroborada pela CL dos grãos de quartzo desta unidade, com distribuição e características similares às descritas acima para a Formação Córrego da Bandeira (i.e., de origem sedimentar, plutônica, vulcânica e metamórfica de médio a baixo grau). Assim como na Formação Córrego da Bandeira, nesta unidade também há a presença de fluidos radioativos (indicados pelos halos amarelados de CL) na porção N da área, possivelmente indicando proximidade do embasamento na região.

As paleocorrentes desta unidade indicam transporte sedimentar para NW e N, como nas unidades anteriores apontando fontes a SE.

A ausência de ruidos e discordâncias de qualquer natureza na área de estudo sugerem a ausência de grandes desníveis durante a sedimentação marinha atribuída às formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira, mas com um substrato irregular e parcialmente ativo. Este fato sugere que pelo menos a porção noroeste da Serra do Cabral tenha atuado como um dos depocentros da Bacia Espinhaço durante sua sedimentação no interior do Cráton São Francisco.

A composição geral dos sedimentos arenosos analisados é de areias quartzosas, com altas razões quartzo monocristalino/quartzo policristalino e feldspato potássico/plagioclásio, ou localmente quartzo-feldspáticas pobres em quartzo policristalino e fragmentos líticos. Tais assinaturas, segundo Dickinson (1985 in Remus *et al.* 2008), sugerem proveniência de cráton estável e embasamento soerguido, respectivamente.

Os dados deste trabalho corroboram com uma estruturação do embasamento em horsts e grabens, colocando em evidência a participação de altos estruturais a NE e SW da bacia. Possivelmente os altos estruturais de Sete Lagoas e Pirapora já deveriam atuar como feições positivas nesta época, conforme já apontado por Souza Filho (1995), Alkmim & Martins-Neto (2001) e Hercos *et al.* (2008), delineando a calha de deposição do Supergrupo Espinhaço na Serra do Cabral com

paleodeclive para NW. A compartimentação do embasamento em hosts e grabens favorece a ideia de basculamento de blocos e mudanças de fluxos sedimentares durante a deposição de parte da bacia Espinhaço.

## 7. CONCLUSÕES

A deposição da Formação Córrego da Bandeira marca um evento de transgressão na bacia Espinhaço, com aumento da lâmina d'água e deposição abaixo da influência das ondas de bom tempo. Esta unidade seria depositada em um ambiente marinho plataformar de baixa energia, principalmente na porção SW, localmente com porções mais rasas (sujeitas à ação de ondas de tempestades) com pulsos de sedimentos mais grossos a N. Esta porção estaria sujeita a climas áridos e contaria com a exposição, intemperismo e transporte de sedimentos de uma porção aflorante do embasamento cristalino, fornecendo feldspatos e monazitas como material detrítico. Uma porção mais rasa da bacia com baixo aporte de terrígenos teria prevalecido na porção norte, onde foram depositados e retrabalhados sedimentos carbonáticos.

Um ciclo regressivo torna a bacia mais rasa, iniciando a deposição dos arenitos da Formação Córrego Pereira. A deposição teria ocorrido num ambiente marinho raso a litorâneo, de energia mais baixa, com fluxo de sedimentos para NE e N, havendo um alto local a N.

As fontes, caracterizadas pela textura e composição dos constituintes sedimentares das formações Córrego da Bandeira e Córrego Pereira, assim como pelo padrão de paleocorrente e catodoluminescência, seriam de pelo menos dois tipos: *i*) uma fonte plutônica proximal, de alto potássio, atuando principalmente durante a deposição da Formação Córrego da Bandeira e *ii*) uma fonte reciclada, ou várias fontes atuando em conjunto durante a sedimentação da Formação Córrego Pereira.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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: Mantesso Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito Neves B.B. (eds.) Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca Produções Culturais, São Paulo, p.: 17-35.
- Alkmim F.F., Chemale Jr. F., Endo I. 1996. A deformação das coberturas proterozóicas do Cráton do São Francisco e o seu significado tectônico. Revista Escola de Minas, 49(1):22-38.
- Alkmim F.F., Brito Neves B.B., Castro, J.A. 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco – Uma revisão. In: Domingues J.M.L. & Misi A. (eds.). O Cráton do São Francisco. Reunião preparatória do II simpósio sobre o Cráton do São Francisco. Sociedade Brasileira de Geologia, Minas e Energia. CNPq, Salvador, p.: 45-62.
- Alkmim F.F. & Martins-Neto M.A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço Estrutural e cenários evolutivos. In: Pinto C. P. & Martins-Neto M (eds.). A Bacia do São Francisco geologia e recursos naturais. SBG/MG, Belo Horizonte, p.: 9-30.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco – Revista Brasileira de Geologia. 7(4):349-364.
- Branco J.J.R. & Costa M.T. 1961. Roteiro para a excursão Belo Horizonte-Brasília. UFMG/IPR, Publicação 15, p.: 127.
- Catuneanu O., Martins-Neto M., Eriksson P.G. 2005. Precambrian Sequence Stratigraphy. Sedimentary Geology, 176(1-2):67-95.
- Chemale Jr. F.; Dussin I.A.; Alkmim F.F.; Martins M.S.; Queiroga, G.; Santos, M.N. 2012. Unravelling Proterozoic basin in history through detrital zircon geochronology: The case of Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. Gondwana Research, 22:200-206.
- Danderfer A. & Dardenne M.A. 2002. Tectonoestratigrafia da Bacia Espinhaço na porção centro-norte do Cráton do São Francisco: registro de uma evolução poliiástica descontínua. Revista Brasileira de geociências, 32(4):449-460.
- Danderfer A., Waele B. de, Pedreira A.J., Nalini A. 2009. New geochronological constraints on the geological evolution of Espinhaço basin within the São Francisco Cráton—Brazil. Precambrian Research, 170:116-128.
- Dardenne M.A. 1978. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: XXX Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, Recife, 2:597-610.
- Della Fávera J.C. 2001. Fundamentos de Estratigrafia Moderna. Editora UERJ, Rio de Janeiro, 264 pp.
- Derby O.A. 1878. Contribuições para o estudo do vale do São Francisco. Archivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, 4:87-119.
- Derby O.A. 1906. The Serra do Espinhaço, Brazil. Journal of Geology, Chicago, 14:374-401.
- Dossin I.A., Dossin T.M., Chaves M.L.S.C. 1990. Compartimentação estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais – os grupos Diamantina e Conselheiro Mata. Revista Brasileira de Geociências, 20(1-4):178-186.
- Dupont H. 1996. O Supergrupo São Francisco entre a Serra do Cabral e as Serras do Espinhaço e de Minas, estudo estratigráfico e estrutural e relações de contato com o Supergrupo Espinhaço. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, Salvador, 5:489-493.
- Freyberg B. von 1932. Ergebnisse geologischer Forschungen in Minas Geraes (Brasilien). Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Sonderband 11, XI, 401 pp. (Resultado das pesquisas geológicas em Minas Gerais - XIX Congresso Brasileiro de Geologia - Simpósio das formações eopaleozóicas do Brasil, 1965 - Edição mimeografada traduzida por J. M. Campos).
- Götze J. 2002. Potential of cathodoluminescence (CL) microscopy and spectroscopy for the analysis of minerals and materials. Anal Bioanal Chem, 374:703-708.
- Götze J. & Kempe U. 2008. A comparison of optical microscope- and scanning electron microscope-based cathodoluminescence (CL) imaging and spectroscopy applied to geosciences. Mineralogical Magazine, 72(4):909-924.
- Hercos C.M., Martins-Neto M.A., Danderfer Filho A. 2008. Arcabouço estrutural da Bacia do São Francisco nos arredores

- da Serra da Água Fria a partir da integração de dados de superfície e sub-superfície. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(2-suplemento):197-212.
- Karfunkel J. & Hoppe A. 1988. Late Proterozoic Glaciation in Central-East Brazil: Synthesis and model. *Paleogeography, Paleoclimatology and Paleoecology*, 65:1-21.
- Knauer L. G. 2007. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos*, 15(1):81-90.
- Leite M.M. 2010. Geologia da porção Norte da Folha Serra do Cabral – Centro Norte de MG. Trabalho de graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 72 p.
- Lopes T.C. 2012. O Supergrupo Espinhaço na Serra do Cabral (MG): estudo de proveniência sedimentar. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 116 p.
- Martins-Neto M.A. 2007. Proterozoic first-order sedimentary successions of the São Francisco basin in eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 158:117–129.
- Moraes L.J., Barbosa O., Lisboa J.M.A., Lacourt F., Guimarães D. 1937. geologia Econômica do Norte de Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM/SFPM, Boletim 19, 191 p.
- Neuser R.D., Bruhn F., Götze J. Habermann D., Richter D.K. 1995. Kathodolumineszenz: Methodik und Anwendung. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil I*, H. 1/2, 287-306.
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Grossi-Sad J.H., Baars F.J., Guimarães M.L.V., Mourão M.A.A., Oliveira M.J.R., Roque N.C. 1993. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: o registro de uma bacia neoproterozóica. *Anais 9º Simpósio de Geologia de Minas Gerais, SBG-MG*, 14:29-31.
- Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ojeda H.O., Fúlfaro V.J., Ponçano W.P. 1986. Código Brasileiro de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 16: 372-376.
- Pflug R. 1965. A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 226, 51 p.
- Pflug R. 1968. Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim 142, 20 p.
- Pflug R. & Renger F. 1973. Estratigrafia e evolução geológica da Margem SE do Cráton Sanfranciscano. Aracajú, Anais, XXVII Congresso Brasileiro de Geologia, 2:5-19.
- Reading H.G. 1986. *Sedimentary environments and facies*. Blackwell Scientific Publications, London, 615 pp.
- Remus M.V.D., Souza R.S., Cupertino J.A., De Ros L.F., Dani N., Vignol-Lelarge M.L. 2008. Proveniência sedimentar: métodos e técnicas analíticas aplicadas. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(2-suplemento):166-185.
- Renger F.E. 1979. Evolução dos conceitos geológicos da Serra do Espinhaço. Diamantina, Anais, I Simpósio de Geologia de Minas Gerais, p.: 9-27.
- Renger F.E. 2005. O “Quadro geognóstico do Brasil” de Wilhelm Ludwig von Eschwege: breves comentários à sua visão da geologia do Brasil. *Geonomos*, 13(1,2):91-95.
- Renger F.E., Knauer L.G. 1995. Espinhaço Quo vais? (onde está? onde vai?) – A evolução dos conhecimentos sobre a cordilheira do Espinhaço Meridional em Minas Gerais entre 1979 e 1995. *Geonomos*, 3:31-39.
- Richter D.K.; Götte TH.; Götze J., Neuser R.D. 2003. Progress in application of cathodoluminescence (CL) in sedimentary petrology. *Mineralogy and Petrology*, 79:127-166.
- Salvador A. 1994. Lithostratigraphic units. In: A. Salvador (ed.). *International Stratigraphic Guide. A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure*. Colorado, Geological Society of America (International Subcommission on Stratigraphic Classification of International Union of Geological Sciences – IUGS; International Commission on Stratigraphy). 214 pp.
- Schöll W.U. 1976. Sedimentologia e geoquímica do Grupo Bambuí na parte sudeste da Bacia do São Francisco. In: SBG, Anais, Congresso Brasileiro de Geologia, Ouro Preto, 29, 2:207-231.
- Souza Filho R.G. 1995. Arcabouço estrutural da porção externa da Faixa Araçuaí na Serra do Cabral (MG) e o contraste de estilos de deformação entre os Supergrupos Espinhaço e São Francisco. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 148 p.
- Uhlein A., Alvarenga C.J.S., Trompette R., Dupont H., Egydio-Silva M., Cukrov N., Lima O.N.B. 2004. Glaciação neoproterozóica sobre o cráton do São Francisco e faixas dobradas adjacentes. In: Mantesso Neto V., Bartorelli A., Dal Ré Carneiro C., Brito Neves B. (orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques Almeida*. São Paulo; Editora Beca, 539-553.
- Viveiros J.M.F. & Walde D. 1976. Geologia da Serra do Cabral, Minas Gerais, Brasil. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, 38/39:15-27.