

Evolução tectônica e estratigráfica do Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-Bacia Camaquã Central, RS, sul do Brasil: registro de sedimentação continental na assembléia do Gondwana

Tectonic and stratigraphic evolution of Santa Bárbara Group (Ediacaran) in the Central Camaquã sub-basin, RS, southern Brazil: record of continental sedimentation on the Gondwana assemblage

G. L. Fambrini^{1*}, L. Janikian², R. Paes de Almeida³, A. Fragoso-Cesar⁴

Recebido em 15/04/2013 / Aceite em 22/09/2014

Disponível online em Dezembro de 2014 / Publicado em Dezembro de 2014

© 2014 LNEG – Laboratório Nacional de Geologia e Energia IP

Artigo original
Original article

Resumo: O Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-Bacia Camaquã Central é representado por sucessão de depósitos arenosos e rítmicos flúvio-lacustres e depósitos conglomeráticos de leques aluviais que passam lateralmente a planícies aluviais entrelaçadas distais, compondo ciclos progradacionais-retrogradacionais. O Grupo Santa Bárbara apresenta mais de 2000 m de espessura, com excelentes exposições nas regiões das Minas do Camaquã e de Bom Jardim. Estudos estratigráficos de paleoambientes, paleocorrentes e de proveniência realizados possibilitaram a seguinte subdivisão do Grupo Santa Bárbara, a partir da base: (i) Formação Passo da Capela: unidade areno-siltítica separada em turbiditos distais e turbiditos proximais a distais de leque subaquoso e depósitos fluviais efêmeros; (ii) Formação Seival: arenitos e siltitos de depósitos fluviais efêmeros com planície de inundação; (iii) Formação Rincão do Mouras: unidade areno-conglomerática formada por leques aluviais e sistemas fluviais entrelaçados e (iv) Formação João Dias: composta por arenitos finos interpretados como depósitos distais de planícies fluviais e deltaico-lacustres.

Palavras-chave: Grupo Santa Bárbara, Bacia do Camaquã, estratigrafia, análise de proveniência, paleogeografia, Ediacarano, fluviais efêmeros.

Abstract: The Santa Bárbara Group is part of the Camaquã Supergroup and crops out in southernmost Brazil, overlying Paleoproterozoic rocks that were implicated in the Neoproterozoic orogenic events of Eastern Gondwana as part of a system of fault-bounded basins that extends from Uruguay to Southeastern Brazil. The Santa Bárbara Group occurs in three NNE-SSW oriented sub-basins of the Camaquã Basin: Western, Central and Eastern Camaquã, separated by the Caçapava do Sul and Serra das Encantadas basement highs. In the Central Camaquã Sub-basin, the Santa Bárbara Group (Ediacaran) is over 2000 m thick, being well exposed in the Minas do Camaquã and Bom Jardim regions. The group is represented by a succession of fluvio-lacustrine sandstones and rhythmites, and alluvial fan and braided fluvial conglomerates and sandstones, disposed in progradational-retrogradational cycles. Detailed stratigraphic studies of paleoenvironments, paleocurrents and provenance have lead to the subdivision of the Santa Bárbara Group in the central sub-basin into four formations: (i) Passo da Capela Formation: silty-sandy unit composed of subaqueous fan lacustrine turbidites and fluvial flood plain deposits; (ii) Seival Formation: includes interlayered siltstones and fine-grained sandstones with minor mudstone deposited in transitional and distal alluvial plains environments, with subaerial exposition; (iii) Rincão dos Mouras Formation: common to all sub-basins, consists mainly of conglomerates and pebbly coarse sandstones deposited as proximal to distal alluvial fan systems dominated by sheet-flooding processes that pass for high energy braided alluvial systems and (iv) João Dias Formation: mainly medium to fine sandstones, with minor conglomerate lags, interpreted as distal fluvial plain

deposits and transitional to fluvio-deltaic deposits. Paleocurrent analysis shows that the Caçapava do Sul and Serra das Encantadas basement highs must have been the source areas for these alluvial deposits, which suggests that these areas were up-lifted during the course of sedimentation of this unit. Provenance analysis suggest that these deposits have derived from distinctive source areas: deformed granite-gneissic and metamorphic rocks, intrusive granitic bodies, and volcano-sedimentary covers located south of the Camaquã Mines region. The Rincão dos Mouras Formation therefore records the separation of the Camaquã basin into sub-basins through the uplift of structural internal highs. These studies have enabled the recognition of a remarkable correlation between the units found in these regions, thus supporting the proposition of including in the Santa Bárbara Group as defined here, the deposits exposed in the Minas do Camaquã region, traditionally attributed to the Arroio dos Nobres Formation.

Keywords: Santa Bárbara Group, Camaquã Basin, stratigraphy, provenance analysis, paleogeography, Ediacaran, ephemeral fluvial.

¹Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Avenida Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife, PE, Brasil.

²Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, São Paulo (USP), São Paulo, SP 05508-080, Brasil.

³Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo (USP), Av. Professor Luciano Gualberto, 1289, São Paulo, SP 05508-080, Brasil.

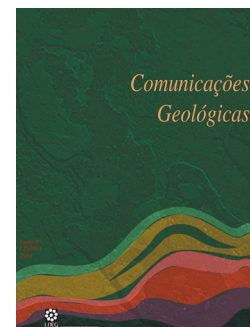
⁴Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), Rua do Lago, 562, São Paulo, SP 05508-080, Brasil.

*Autor correspondente/Corresponding author: gelson.fambrini@ufpe.br

1. Introdução

As faixas de afloramentos pré-cambrianos do Uruguai e das regiões Sul e Sudeste do Brasil notabilizam-se por várias ocorrências de rochas sedimentares e vulcanogênicas posteriores aos eventos orogênicos que originaram o Supercontinente Gondwana e anteriores à instalação das grandes bacias intracratônicas paleozóicas. Tais ocorrências desenvolveram-se em bacias associadas às falhas de direção ENE a NNE do embasamento da região sul-sudeste do Brasil e se caracterizam por profusos conglomerados e arenitos continentais, com pelitos subordinados, além de rochas vulcânicas associadas e granitos.

Essas bacias apresentam o registro das etapas de estabilização do Gondwana, e dentre elas a maior e mais completa é a Bacia do



Camaquã, na região centro-sul do Rio Grande do Sul (Fig. 1). Nessa região afloram espessas sucessões sedimentares siliciclásticas do Ediacarano e do Eopaleozoico, tradicionalmente consideradas como depósitos de bacias relacionadas à orogenia brasileira (Almeida, 1967, 1969; Fragoso-Cesar *et al.*, 1984, 1985; Gresse *et al.*, 1996; Paim *et al.*, 2002), posteriormente interpretadas como bacias transcorrentes de fases tardias do evento colisional (*e.g.* Oliveira e Fernandes, 1991) ou como bacias distensionais tipo rifte sem vínculo claro com a orogênese brasileira (Fragoso-Cesar *et al.* 2000, 2001, 2003; Fambrini *et al.*, 2001, 2003; Janikian *et al.*, 2003; Fambrini *et al.*, 2005, 2006, 2007; Almeida *et al.*, 2010, 2012), proposta adotada neste trabalho.

Este artigo pretende mostrar a evolução tectono-estratigráfica e paleogeográfica do Grupo Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Central utilizando-se as técnicas descritas por Dickinson (1988) e Miall (2000).

A Sub-Bacia Camaquã Central abrange, a norte do rio Camaquã, as ocorrências das regiões das Minas do Camaquã, famosa por alojar mineralizações de cobre, aparentemente esgotadas, e de Bom Jardim, ambas no município de Caçapava do Sul, Estado do Rio Grande do Sul (Figs. 1 e 2). A sul deste rio compreende as ocorrências das regiões da Casa de Pedra, Cerro da Cruz, Arroio Rondinha e Arroio Apati, além de outras menores ainda preliminarmente investigadas (Fig. 1). Na região das Minas do Camaquã, um dos alvos deste trabalho, descoberta

em 1865 por mineiros ingleses que garimpavam ouro na região (Teixeira *et al.* 1978), diversos trabalhos regionais de cunho estratigráfico foram desenvolvidos (Robertson, 1966; Ribeiro *et al.*, 1966; Fragoso-Cesar *et al.*, 1985; Lavina *et al.*, 1985; Faccini *et al.*, 1987; Paim, 1994; Paim e Lopes, 2000; Remus *et al.*, 2000; Paim *et al.*, 2002; Fambrini *et al.*, 2005, 2007; Bicca *et al.*, 2013) também realizados na área de Bom Jardim (Ribeiro *et al.*, 1966; Ribeiro, 1970). As rochas sedimentares que ocorrem na região das Minas do Camaquã, classicamente relacionadas à Formação Arroio dos Nobres por outros autores (*e.g.* Ribeiro *et al.*, 1966; Gonzalez e Teixeira, 1980; Paim *et al.*, 1992), são aqui consideradas como pertencentes ao redefinido Grupo Santa Bárbara (*sensu* Fambrini, 2003).

Por outro lado, estudos estratigráficos realizados nas unidades do Grupo Santa Bárbara, expostas na área de Bom Jardim, mostraram a notável correspondência entre as seções levantadas nesta área e na região das Minas do Camaquã (Fig. 2). Estima-se que a espessura do Grupo Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Central seja superior a 2000 m.

2. Contexto geológico regional

De acordo com Fragoso-Cesar *et al.* (2000, 2003), o Supergrupo Camaquã (Ediacarano) atinge espessura significativamente superior a 6000 m e é constituído pelas seguintes unidades (Fig. 1):

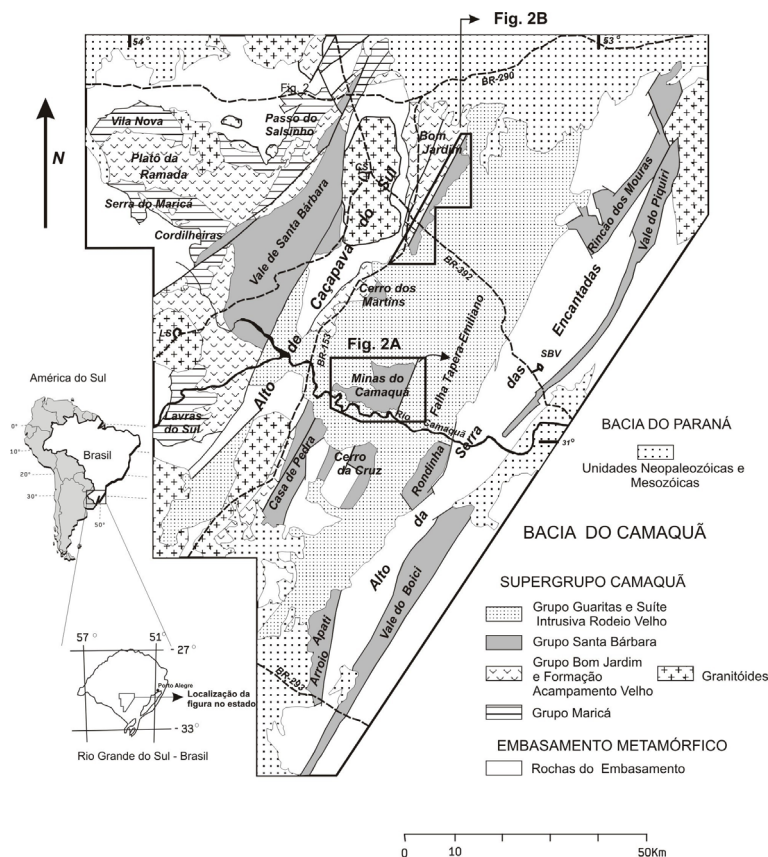


Fig.1. Esboço geológico das unidades neoproterozoicas e eopaleozoicas do Rio Grande do Sul, com destaque para as unidades que constituem o Supergrupo Camaquã. Cidades: CS-Caçapava do Sul; LS-Lavras do Sul; SBV-Santana da Boa Vista (modificada de Fragoso-Cesar *et al.*, 2000; Fambrini, 2003).

Fig.1. Geological sketch of the neoproterozoic and eopaleozoic units of the Rio Grande do Sul, Brazil, with prominence for the units which constitute the Camaquã Supergroup. Cities: CS-Caçapava do Sul; LS-Lavras do Sul; SBV-Santana da Boa Vista (modified after Fragoso-Cesar *et al.*, 2000; Fambrini, 2003).

(i) Grupo Maricá, unidade basal formada por arenitos e, subordinadamente, conglomerados, gerada em ambientes aluviais, marinhos e aluviais (Pelosi e Fragoso-Cesar, 2003), (ii) Grupo Bom Jardim, constituído por rochas vulcânicas, vulcanoclásticas e sedimentares associadas, gerado em ambientes continentais subaquáticos e subaéreos (Janikian *et al.*, 2003,

2012), (iii) Formação Acampamento Velho, rochas vulcanogênicas colocadas em ambientes subaéreos, (iv) Grupo Santa Bárbara, predominantemente siliciclástico (6000 m), formado após as manifestações vulcânicas e depositado em ambientes aluviais-lacustres-aluviais, (v) Grupo Guaritas, preenchido por arenitos e conglomerados aluviais e arenitos

eólicos (Almeida *et al.*, 2009) e (vi) Suíte Rodeio Velho, rochas vulcânicas geradas por intrusões máficas rasas e derrames.

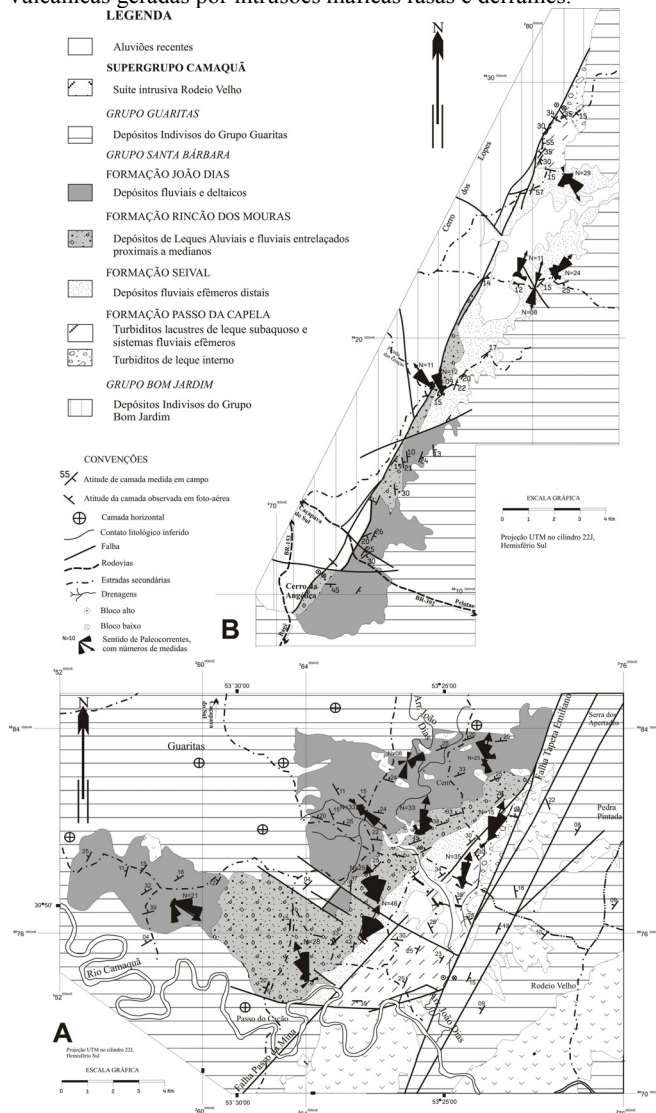


Fig.2. Mapas geológicos da Sub-Bacia Camaquã Central com pontos descritos. A: mapa geológico do Grupo Santa Bárbara na região das Minas do Camaquã (modificado de Fambrini, 1998); B: mapa geológico do Grupo Santa Bárbara na região de Bom Jardim (modificado de Janikian, 2001).

Fig.2. Geological maps of the Central Camaquã Sub-Basin with described points. A: geological map of the Santa Bárbara Group in the region of the Camaquã mines (modified after Fambrini, 1998); B: geological map of Santa Bárbara Group in the Bom Jardim region (modified after Janikian, 2001).

O Supergupo Camaquã aflora em três sub-bacias principais de direção preferencial NNE-SSW denominadas Camaquã Ocidental, Central e Oriental, atualmente separadas pelos altos de embasamento de Caçapava do Sul, a oeste, e da Serra das Encantadas, a leste (Fig. 1). O Grupo Santa Bárbara apresenta exposições em todas estas sub-bacias e foi gerado após as atividades vulcânicas associadas à Formação Acampamento Velho.

O Grupo Santa Bárbara (*sensu* Fambrini, 2003) caracteriza-se por sucessão continental caracterizada por depósitos aluviais-lacustres-aluviais, gerada em um sistema de riftes em contexto anorogênico, possivelmente a partir de distensões na direção NW-SE (Fragoso-Cesar *et al.*, 2001; Fambrini *et al.*, 2001; Fambrini, 2003; Almeida *et al.*, 2010, 2012). O Grupo Santa

Bárbara, segundo Fambrini (2003) e Fambrini *et al.* (2006) pode ser dividido nas seguintes formações, a partir da base: Estância Santa Fé, Passo da Capela, Seival, Rincão dos Mouras e João Dias.

A Formação Estância Santa Fé (espessura até 1200 m), exposta somente na Sub-Bacia Camaquã Ocidental, é formada por conglomerados e arenitos gerados por sistemas de leques aluviais proximais e medianos, que passam para arenitos grossos mal selecionados de sistemas fluviais entrelaçados associados aos leques (Almeida, 2001; Fambrini *et al.*, 2006).

A Formação Passo da Capela, bem exposta nas sub-bacias Camaquã Oriental e Central (Fambrini *et al.*, 2005; Fambrini e Fragoso-Cesar, 2006), apresenta até 4000 m de espessura na Sub-Bacia Camaquã Oriental (região do Vale do Piquiri) e constitui-se de (i) ritmitos formados por arenitos médios a muito finos com subordinada contribuição de arenitos grossos, além de siltitos com espessura centimétrica, que representam depósitos turbidíticos distais de leque subaquoso que invadem lagos e (ii) possantes pacotes de conglomerados e arenitos estratificados que representam os depósitos proximais (franjas) de leques subaquosos.

A Formação Seival (até 1000 m de espessura), aflorante nas sub-bacias Camaquã Ocidental e Central, constitui-se de arenitos médios a muito finos com subordinada contribuição de arenitos grossos, além de siltitos com espessura centimétrica. Compreende depósitos lacustres e fluviais entrelaçados medianos a distais (planícies de inundação).

A Formação Rincão dos Mouras constitui-se de pacotes de conglomerados e arenitos conglomeráticos, comuns a todas as sub-bacias da Bacia Camaquã onde ocorre o Grupo Santa Bárbara, depositados principalmente por sistemas de leques aluviais e fluviais entrelaçados. Esta unidade atinge espessura superior a 2000 m na Sub-Bacia Camaquã Oriental.

Os depósitos aluviais da Formação Rincão dos Mouras são recobertos por depósitos fluvio-deltaicos da Formação João Dias, que ultrapassam 500 m de espessura. Os depósitos da Formação João Dias restringem-se à Sub-Bacia Camaquã Central e apresentam excelentes exposições na região das Minas do Camaquã. Esta unidade caracteriza-se pelo amplo predomínio de arenitos médios e finos interpretados como decorrentes de um evento de inundação por transgressão lacustre sobre os registros de leques aluviais gerando depósitos deltaicos com contribuição fluvial.

3. Métodos utilizados

A técnica de análise estratigráfica foi empregada para a interpretação ambiental e paleogeográfica das unidades litoestratigráficas. Esta técnica compreendeu estudos de: análises de fácies, proveniência, paleocorrentes, petrografia e sistemas deposicionais. A partir da análise de fácies, por intermédio de sua conceituação básica, foram discriminados os diversos litotipos presentes que, posteriormente agrupados em associações de fácies, possibilitaram compor os ambientes deposicionais das rochas sedimentares, para então considerá-las em um contexto de sistemas deposicionais.

Os principais métodos utilizados neste trabalho foram: (1) levantamento de seções colunares de detalhe medidas, (2) análises de fácies nas seções colunares e *logs* de sondagens, (3) análises de sistemas deposicionais, (4) aplicação de modelos aluviais e fluvio-lacustres, (5) análises de proveniência e (6) análises de paleocorrentes, seguindo as recomendações de Miall (1977, 1978), Selley (1987, 2000), Tucker (1989), Walker e James (1992), Ghibaudo (1992), Reading (1996), Boiano (1997), Miall (2000) e James e Dalrymple (2010) para (1) e (2); de

Walker e James (1992), Schanley e McCabe (1994), Reading (1996) e James e Dalrymple (2010) para (3); de Miall (1988), Blair e McPherson (1994), Miall (1996), Blair (1999a, b), Jones *et al.* (2001), Bordy *et al.* (2004), McLaurin e Steel (2007), James e Dalrymple (2010) e Marconato *et al.* (2014) para (4); de Nilsen (1969), Ibbeken e Schleyer (1991) e Corcoran e Mueller (2002) para (5) e de Miall (1974), Potter e Pettijohn (1977), Graham (1988), Tucker (1989) e Miall (1996) para (6). O poço estratigráfico CQP-02 (Fig. 3) foi descrito por meio de perfil sedimentológico e os parâmetros de fácies foram analisados para o estabelecimento da coluna estratigráfica.

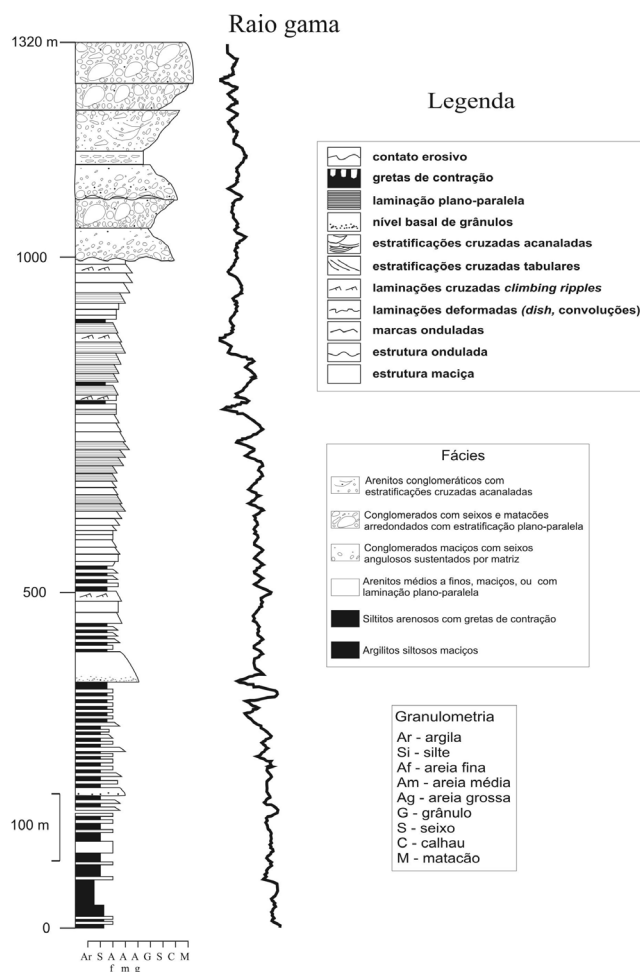


Fig.3. Poço estratigráfico CQP-02 perfurado pela Companhia Brasileira do Cobre (CBC). Notar perfil sedimentológico com as principais fácies e estruturas.

Fig.3. - Stratigraphic well CQP -02 drilled by Brazilian Copper Company (CBC). Note sedimentological log with the main structures and facies.

O estudo estratigráfico de fácies foi implementado através do levantamento de seções colunares de detalhe para a elaboração de esquema de fácies sedimentares tendo como parâmetros a geometria e a espessura das camadas, a constituição litológica dos estratos, as estruturas sedimentares e o padrão de paleocorrentes, buscando-se a obtenção de dados sedimentológicos que consubstanciassem as análises de sistemas deposicionais e propiciassem análises de paleocorrentes e de proveniência nos estratos compatíveis, anotando-se sempre o nível correspondente.

As análises de proveniência foram realizadas em conglomerados e arenitos conglomeráticos (fácies rudíticas), ao nível macroscópico em afloramentos, e na matriz de arenitos e

conglomerados, ao nível microscópico. Nos afloramentos, essa análise compreendeu a estimativa dos clastos componentes dessas litologias.

A análise de proveniência, no arcabouço de conglomerados e arenitos conglomeráticos, foi implementada inicialmente pela estimativa visual da proporção dos constituintes maiores que 1 cm e posterior contagem aleatória (*random analysis*) de 100 clastos em cada localidade analisada (conforme Nilsen, 1969; Graham, 1988; Fambrini, 1998). Escolheu-se arbitrariamente dimensões superiores a 1cm com vistas a abranger a maior variação granulométrica possível. Para tanto, procedeu-se à identificação da litologia dos clastos e sua contagem. Cada porção do estrato ou do afloramento escolhida aleatoriamente era exaustivamente explorada, tentando-se obter um mínimo de 50 clastos pesquisados. Em afloramentos de dimensões reduzidas, ou sem exposições favoráveis, empreendeu-se a contagem sumária aleatória na tentativa de se alcançar o número mínimo. Já em afloramentos mais amplos (pedreiras, cortes de estrada, exposições naturais generosas, encostas de morros) dividiu-se a exposição por ciclos sedimentares (camadas) ou em bancadas (pedreiras) para facilitar a tarefa, procedendo-se à contagem por nível escolhido, respeitando a estratigrafia. A figura 4 mostra um dos locais onde análises de proveniência foram realizadas para este estudo.

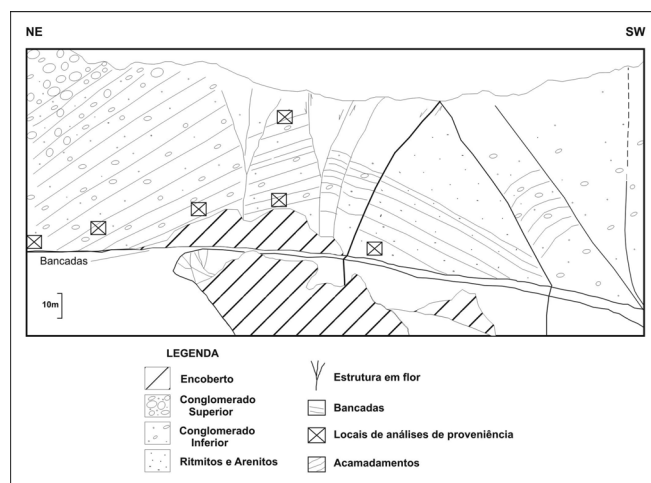


Fig.4. Croqui da parede norte da corta a céu aberto da extinta Companhia Brasileira do Cobre (CBC). Notar atitude dos acamadamentos (*bedding*), locais de análises de proveniência, estratigrafia informal com "Conglomerados Inferior e Superior" e falhas normais e estrutura em flor negativa.

Fig.4. Sketch from the North wall of the open pit cut of the extinct Brazilian Copper Company (CBC). Note the attitude of the bedding, places of provenance analysis, informal stratigraphy with "upper and lower Conglomerates" and normal faults and negative flower structure.

A análise de proveniência foi acompanhada, sempre que possível em locais favoráveis, pela obtenção de parâmetros sedimentológicos (100 medidas) tais como dimensão, forma, arredondamento e esfericidade dos clastos, textura e relação matriz / arcabouço dos conglomerados. Na aferição das dimensões máximas dos fragmentos podem ser utilizados régua, fita métrica ou paquímetro, este mais adequado. A medida é tomada ao longo do maior comprimento observável, buscando-se sempre que possível visualização em 3D.

O estudo de paleocorrentes foi realizado através de medidas em (1) estratos cruzados tabulares e/ou acanalados, (2) imbricações de clastos com base no sentido do caimento do plano *ab* e a posição dos eixos *b* ("largura" ou eixo intermediário) ou *a* (eixo paralelo à maior dimensão ou comprimento dos clastos) quanto à corrente, (3) variações de fácies e de granulometria.

4. Litoestratigrafia do Grupo Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Central

Investigações geológicas realizadas nas regiões de Bom Jardim, a norte, e das Minas dos Camaquã, a sul, possibilitaram uma subdivisão litoestratigráfica comum para o Grupo Santa Bárbara nesta sub-bacia, constituído, a partir da base, pelas formações (Fig. 5): (i) Passo da Capela, (ii) Seival, (iii) Rincão do Mouras e (iv) João Dias.

Na região das Minas do Camaquã o Grupo Santa Bárbara acha-se truncado pela Falha do Passo da Minae pelo sistema de falhas Tapera-Emiliano (Fig. 2A) que limita a leste esta sub-bacia, ao passo que na área de Bom Jardim estes depósitos estão limitados a oeste por contato tectónico, através da Falha Cerro da Angélica com o Grupo Bom Jardim (Fig. 2B) (Fambrini *et al.* 2005, 2007). Estes falhamentos, em cuja fase cinemática principalmente normal, foram responsáveis pela justaposição de rochas do Grupo Santa Bárbara com do Grupo Guaritas, e da provável não exposição das rochas da Formação Estância Santa Fé.

4.1 Formação Passo da Capela

A Formação Passo da Capela do Grupo Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Central é constituída por sucessões de arenitos, siltitos, conglomerados e, subordinadamente, argilitos, interpretados como turbiditos de franjas distais de leque subaquoso, turbiditos de franjas proximais de leque subaquoso e tempestitos de costa-afora apresentando espessura aflorante superior a 500 m (Fig. 5).

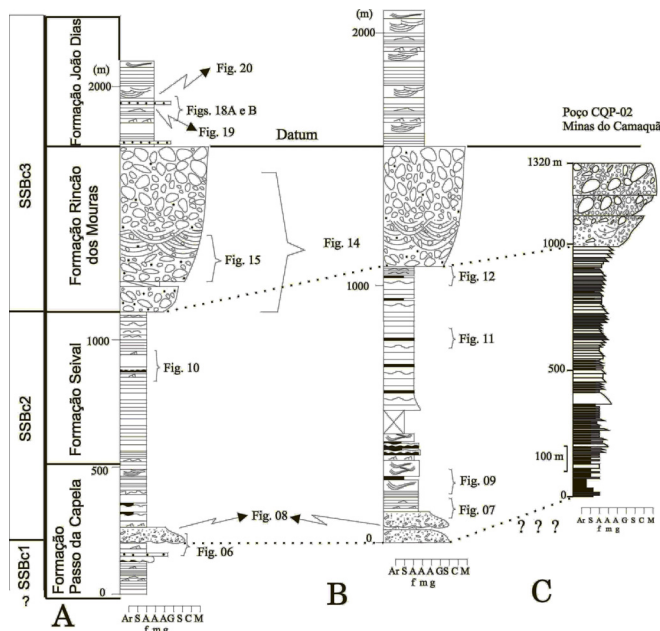


Fig. 5. Comparação entre as seções colunares do Grupo Santa Bárbara aflorantes nas regiões das Minas do Camaquã (A) e de Bom Jardim (B). Legenda: SSBc refere-se a Sequência Santa Bárbara Central 1, 2 e 3. Símbolos e legendas são os mesmos da figura 2.

Fig. 5. Comparison between columnar sections of the Santa Barbara Group outcropping in the regions of Minas do Camaquã (A) and Bom Jardim (B). Caption: SSBc refers to Central Santa Barbara Sequence 1, 2 and 3. Symbols and captions are the same as in figure 2.

Turbiditos distais de leque subaquoso

Os depósitos basais da Formação Passo da Capela, expostos apenas na região das Minas do Camaquã da Sub-Bacia Camaquã Central

(Fig. 2), caracterizam-se por sucessões de arenitos e siltitos de grande persistência lateral (Fig. 6) constituídos internamente por: (i) arenitos médios a finos com fragmentos esparsos pela matriz (grânulos e pequenos seixos), com estruturas tipo *dish* (prato), por vezes de granulometria grossa, maciços a grosseiramente laminados; (ii) arenitos médios a finos maciços dispostos em camadas amalgamadas; (iii) arenitos médios a finos com laminação cruzada cavalgante (*climbing ripple cross-lamination*); (iv) siltitos deformados em camadas lenticulares decimétricas e (v) siltitos e argilitos laminados de espessura centimétrica de ocorrência subordinada.

Estes depósitos foram interpretados como originados pelo ingresso de correntes de turbidez de baixa densidade compondo uma sucessão retrogradacional de depósitos turbidíticos com predomínio de fácies finas em franjas externas de leque subaquoso (turbiditos distais). Fambrini *et al.* (2005) classificaram-nos como turbiditos clássicos finos, segundo critérios de Walker (1992).

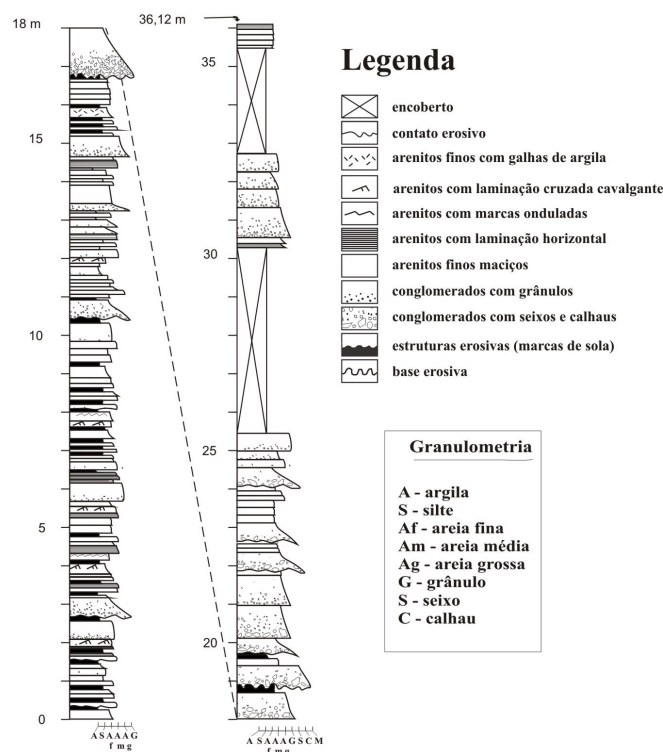


Fig. 6. Turbiditos lacustres distais de leque subaquoso da Formação Passo da Capela na região das Minas do Camaquã.

Fig. 6. Lake distal turbidites of subaqueous fan of the Passo da Capela Formation in the Camaquã mines region.

Turbiditos lacustres proximais e distais de leque subaquoso

Estes depósitos sobrepõem-se aos turbiditos clássicos finos por contato erosivo. Na região de Bom Jardim (Fig. 7), onde são mais espessos, com cerca de 150 m, compreendem arenitos conglomeráticos e conglomerados polimíticos, predominantemente maciços, de geometria tabular, sustentados pelo arcabouço, cujos clastos subangulosos a subarredondados variam de seixo a calhau (5-15 cm de diâmetro). Na área das Minas do Camaquã, onde atingem espessuras métricas (até 1,50 m), os conglomerados mostram-se bem estratificados em camadas de geometria tabular e continuidade lateral.

Em direção ao topo, os depósitos conglomeráticos e areno-conglomeráticos de turbiditos proximais transicionam para camadas de granulometria mais fina, de geometria tabular e

espessuras centimétricas a decimétricas, constituídas por (i) arenitos grossos micáceos com estratificação plano-paralela ou mesmo maciços, por vezes com grânulos concentrados na base das camadas, (ii) arenitos finos e pelitos com laminação plano-paralela (Fig. 7). A granodecrescência dos ciclos, a tabularidade das camadas e as características de transporte sedimentar acima interpretadas indicam deposição por fluxos de gravidade alternados por correntes de turbidez de baixa densidade no sentido de Lowe (1982), em porções distais de leque subaquoso que entram no corpo lacustre.

Análise de proveniência

Na região das Minas do Camaquã os conglomerados possuem clastos de leucogranitos róseos médios, riolitos, xistos, milonitos, quartzo branco leitoso, quartzo vítreo, feldspato e quartzitos (Fig. 8A).

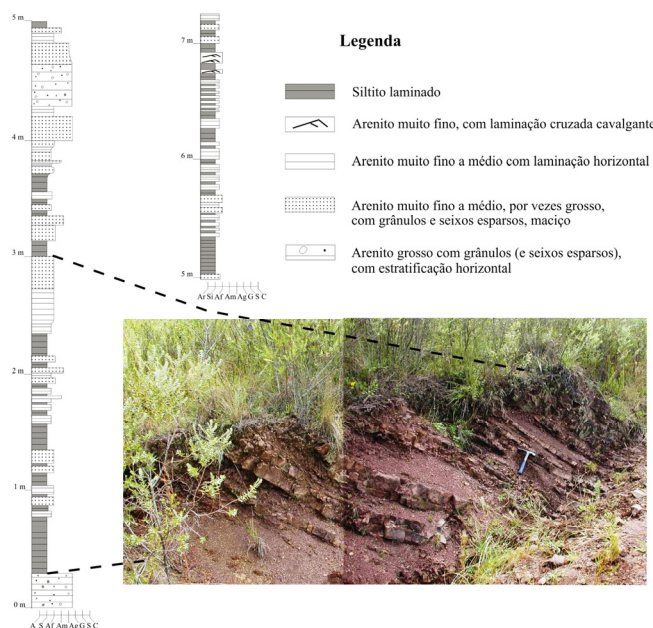


Fig. 7. Turbiditos lacustres distais de leque subaquoso da Formação Passo da Capela na região de Bom Jardim (modificada de Janikian, 2001).

Fig. 7. Lake distal turbidites of subaqueous fan of the Passo da Capela Formation in Bom Jardim region (modified after Janikian, 2001).

Na área de Bom Jardim, a análise estatística do arcabouço dos conglomerados indica uma fonte predominantemente de rochas do embasamento (filitos, metabasitos, xistos e quartzitos), rochas vulcânicas de composição ácida, subordinadamente intermediária, e fragmentos de arenitos finos, quartzo de veio e granitos de textura fina (Fig. 8B).

A grande contribuição de rochas do embasamento nestes pacotes conglomeráticos basais permite inferir um rearranjo tectônico da bacia, com soerguimento do embasamento e, desta forma, variação do nível de base relativo e do aporte sedimentar, que resultou numa superfície erosiva sobre os depósitos da unidade de turbiditos finos da porção basal da Formação Passo da Capela.

Depósitos fluviais efêmeros

A unidade de topo da Formação Passo da Capela, na Sub-Bacia Camaquã Central, constitui-se por ritmitos com intercalações de camadas tabulares, centimétricas a decimétricas, de arenitos finos a médios, micáceos, e de siltitos arenosos, com ocorrência subordinada de argilitos. A espessura estimada atinge cerca de 350 m. Em termos de estruturas sedimentares, os arenitos finos intercalados com os siltitos e argilitos (Figs. 9A, B) apresentam

laminação plano-paralela e heterolítica, alternância de camadas de arenitos finos com níveis centimétricos de siltitos, com estruturas cruzadas cavalgantes (*climbing ripples*) e, no topo das camadas arenosas, marcas onduladas simétricas com comprimento de onda variando de 1 a 6 cm, indicativas de oscilação e, muito frequentemente, gretas de contração (*mud cracks*) preenchidas por areia em várias escalas. Os arenitos médios a finos possuem estratificações cruzadas tabulares e acanaladas de pequeno e médio porte, de geometrias lenticulares, com intraclastos argilosos de tamanho areia a grânulo.

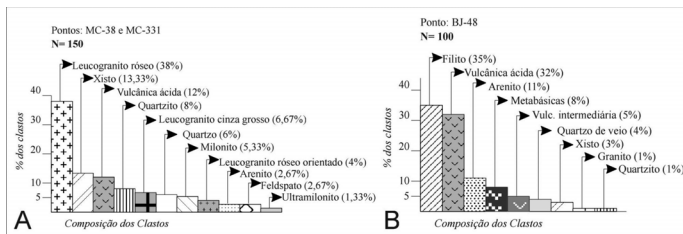


Fig. 8. Gráfico ilustrativo da análise de proveniência dos clastos realizada nos depósitos turbidíticos rudáceos da Formação Passo da Capela nas regiões das Minas do Camaquã (A) e de Bom Jardim (B).

Fig. 8. Illustrative graphic of clast provenance analysis held in turbidites deposits rudáceos Passo da Capela Formation in the regions of Minas do Camaquã (A) and Bom Jardim (B).

As fácies com estratificações cruzadas tabulares e acanaladas apontam para sedimentação fluvial com a chegada de material arenoso no ambiente de planície de inundação (ritmitos), sendo registrados períodos de atenuação ou estagnação (exposição subaérea indicada pela gretas de contração), com a deposição de fácies heterolíticas que indicam episódios de alternância entre deposição de tração e por suspensão em águas estagnadas, devido ao fluxo intermitente, como sugerido por Marconato *et al.* (2014) para a mesma unidade na Sub-Bacia Camaquã Ocidental. A interpretação dos autores é a de uma planície de inundação associada com cinturão de canais adjacentes. Estas planícies de inundação foram sujeitos a inundações periódicas e exposição, posteriormente foram cortados por canais de pequena escala de natureza efêmera.

As associações de fácies observadas nesta unidade são interpretadas como produtos de eventos esporádicos de transporte e acumulação de material areno-argiloso sob a ação combinada de processos de tração e suspensão em águas estagnadas em ambiente de planície de inundação fluvial, com acarreo de material arenoso através de rios entrelaçados efêmeros. Em trabalhos anteriores este conjunto da Formação Passo da Capela foi interpretado como depósitos gerados por ondas normais e de tempestades, em ambiente de costa-afora superior em mar raso (Fambrini *et al.* 1996, Fambrini, 1998, Janikian, 2001, Fambrini *et al.*, 2005, 2007).

Análise de paleocorrentes

Nos depósitos da área de Bom Jardim foram obtidas 29 medidas de paleofluxos a partir de marcas onduladas assimétricas e, subordinadamente, de laminações cruzadas cavalgantes, bem como de estratificações cruzadas tabulares (Janikian, 2001). Estas medidas de paleocorrentes foram interpretadas como correntes fluviais efêmeras, com paleofluxo médio para SE (Fig. 2B).

4.2 Formação Seival

A Formação Seival na Sub-Bacia Camaquã Central apresenta sucessões de arenitos e siltitos interpretados como depósitos fluviais efêmeros com planícies de inundação, com espessura aflorante em torno de 600 m (Fig. 5).

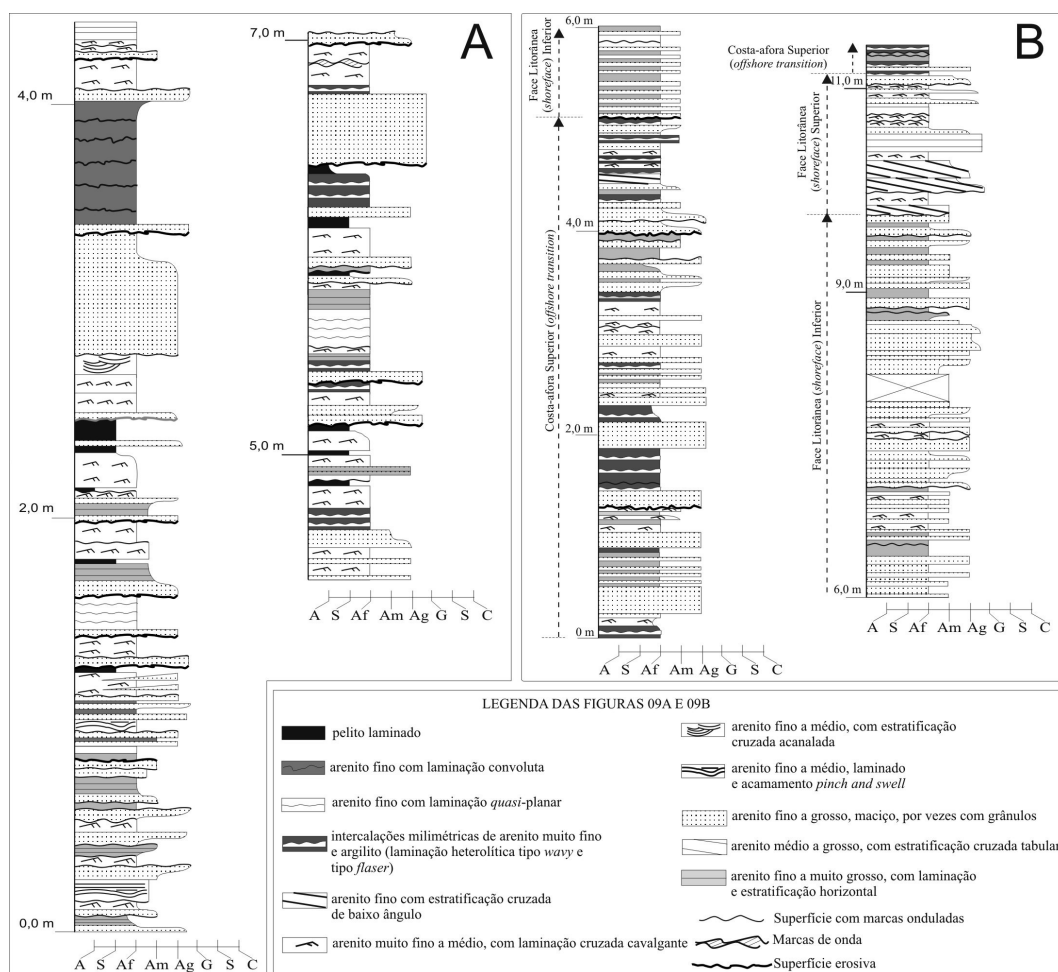


Fig.9. Depósitos heterolíticos fluvio-lacustres colmatados por sedimentos fluviais arenosos (Figs. A, B), com ciclos prográdantes para ambientes provavelmente deltaicos (Fig. B) da Formação Passo da Capela, aflorantes na região de Bom Jardim (modificada de Janikian, 2001).

Fig.9. Heterolithic fluvial lacustrine deposits covered by fluvial sediments (Figs. A, B), with progradant cycles of probably deltaic environments (Fig. B) of the Passo da Capela Formation, exposed in the Bom Jardim region (modified after Janikian, 2001).

Depósitos fluviais efêmeros com planícies de inundação

Os depósitos fluviais de canal na região das Minas do Camaquã compreendem pacotes tabulares de espessura variável (decimétricos a métricos - até 2 m) de ritmos psamo-pelíticos (Fig. 10) formados internamente pela alternância brusca de três fácies: (i) arenitos médios a finos, maciços, comumente de base erosiva, com (ii) arenitos médios a finos, micáceos, com laminação plano-paralela e lineação primária de fluxo (*parting lineation*), de grande persistência lateral, com (iii) delgada película de argila na interface das camadas arenosas apresentando gretas de contração no topo das camadas. Estas fácies geralmente situam-se na base dos ciclos transgressivos. Também são observadas camadas tabulares decimétricas de arenitos médios com estratificações cruzadas tabulares e camadas milimétricas a centimétricas de arenitos com laminação cruzada cavalgante e ondulada, igualmente de grande persistência lateral. Estes depósitos fluviais apresentam espessura aproximada de 500 m.

Os depósitos fluviais de planície de inundação apresentam pacotes tabulares de espessura variável de (i) arenitos heterolíticos com laminação cruzada cavalgante, marcas onduladas por corrente associadas (*current ripples*) e laminação ondulada (*wavy bedding*), por vezes realçada por lentes de

argilitos em meio às camadas areníticas, constituindo laminação *flaser*, associados a siltitos com laminação plano-paralela, arenitos laminados e arenitos maciços, (ii) arenitos médios com estratificações cruzadas tabulares de médio e pequeno porte, geometria tabular, bem selecionados por estrato, formando sucessões granodecrescentes para o topo das camadas; freqüentemente ocorrem películas de argila (*mud drapes*). As camadas heterolíticas com acamamentos como *flaser*, *wavy* e arenitos lenticulares (*linsen*), bem como estratificações cruzadas de baixo ângulo com sentidos opostos de mergulho dos estratos, levaram Fambrini (1998) a interpretar para estes depósitos ambiente transicional de lâmina d'água rasa em sistemas de planície de marés para a região das Minas do Camaquã, conforme critérios de De Raaf *et al.* (1977). A interpretação aqui levantada é a de que se trata de depósitos fluviais efêmeros com planícies de inundação espessas. Na área de Bom Jardim Janikian (2001) encontrou feições semelhantes. As estruturas identificadas por esta autora são compostas por camadas lenticulares de arenitos grossos a finos com espessuras centimétricas a decimétricas, com estratificação cruzada tabular e com abundantes lâminas argilosas (por vezes recurvadas) nos estratos frontais (Fig. 11A), com superfícies de reativação no topo. Também foram observados corpos com geometria lenticular, de largura métrica e altura decimétrica, preenchidas

4.3 Formação Rincão dos Mouras

A Formação Rincão dos Mouras compreende espessos depósitos rudáceos de conglomerados (>500 m na região das Minas do Camaquã) com padrão granocrescente para o topo, interpretados como depósitos de leques aluviais. Subordinadamente ocorrem arenitos conglomeráticos e arenitos com estratificações cruzadas acanaladas, possivelmente relacionados à implantação de sistemas fluviais entrelaçados. Estes depósitos apresentam excelentes exposições na área das Minas do Camaquã (e.g. corta a céu aberto da extinta Companhia Brasileira do Cobre - CBC, além de exposições naturais), bem como na porção sudoeste da área de Bom Jardim (Fig. 13).

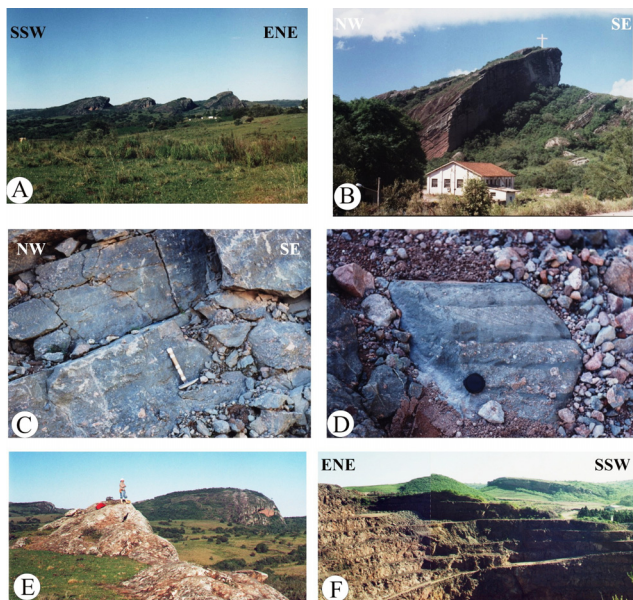


Fig.13 Aspectos dos conglomerados da Formação Rincão dos Mouras, na região das Minas do Camaquã. A - vista de norte dos morros de litologias rudáceas com mergulho para NW. B - vista do Cerro da Cruz exibindo camadas com forte mergulho tectônico para NW (45°). C e D - detalhe dos conglomerados estratificados da cava a céu aberto da extinta CBC (Companhia Brasileira do Cobre). E - visão para SE dos morros de depósitos rudáceos da Formação Rincão dos Mouras a partir dos arenitos da Formação João Dias em primeiro plano. F - vista da corta a céu aberto da CBC. Em primeiro plano bancadas de exploração com destaque para os ruditos da Formação Rincão dos Mouras. Em segundo plano, morro formado por arenitos da Formação João Dias em leve discordância angular.

Fig.13. Aspects of conglomerates of the Rincão dos Mouras Formation, in the region of the Camaquã mines. A - North view of the hills of rudaceous lithologies with dip to NW. B - view from Cerro da Cruz displaying layers with strong tectonic dip to the NW (45°). C and D - detail of stratified conglomerates from the open pit of the extinct CBC (Brazilian Copper Company). E - view to the SE of the hills of rudaceous deposits of the Rincão dos Mouras Formation from the sandstones of the João Dias Formation. F - view of the cut in the open of the CBC. In the foreground stands of exploration with emphasis on the conglomerates of the Rincão dos Mouras Formation. In the background, hill formed by sandstones of the João Dias Formation in slight angular unconformity.

Depósitos de leques aluviais e fluviais entrelaçados

Na região das Minas do Camaquã, os depósitos da Formação Rincão dos Mouras são formados por conglomerados organizados métricos e separados por camadas decimétricas de arenitos conglomeráticos com estratificações plano-paralelas e cruzadas dos tipos acanalado e tabular.

A porção inferior (Fig. 14) constitui-se de camadas de geometria tabular e espessuras decimétricas de conglomerados organizados, normalmente bem estratificados, polimíticos, sustentados pela matriz, com clastos da granulometria seixo e, subordinadamente, calhau de até 15 cm de tamanho, predominantemente subangulosos, sendo os calhaus geralmente

melhor arredondados. Estes conglomerados gradam para ou intercalam-se com arenitos conglomeráticos pobremente organizados em camadas de até 1,5 m, arenitos grossos a médios, por vezes finos, bem estratificados, apresentando acamadamentos plano-paralelos e estratificações cruzadas dos tipos tabular e acanalado. Como estruturas sedimentares destacam-se estratificação plano-paralela, estratificações cruzadas acanaladas de baixo ângulo e médio porte e tênue imbricação de clastos.

O padrão de paleocorrentes indica transporte sedimentar para N/NW. No topo das camadas, encerrando um ciclo, pode haver película de siltitos exibindo gretas de contração. É comum nestas fácies a presença de intercalações de conglomerados maciços de geometria lenticular, de espessura variando de 50 cm a 1 m, alternados em contato brusco, sobretudo na base dos ciclos. A matriz, em geral, compõe-se de arenito médio a grosso, mal selecionado, com grânulos. A porção superior (Figs. 14 e 15) é composta de conglomerados polimíticos pouco a bem organizados, sustentados pelo arcabouço (50-60% do arcabouço) formado de clastos de seixo a matacão (até 120 cm de diâmetro), angulosos a arredondados, dispostos em camadas de geometria tabular de espessuras decimétricas (30-70 cm), por vezes métricas, de extensão lateral grande, separados por níveis de arenitos grossos conglomeráticos. A matriz é composta por arenito médio a grosso a muito grosso com grânulos. Internamente, os pacotes podem exibir estratificações cruzadas acanaladas de baixo ângulo e médio porte, gradação normal e estratificação plano-paralela, e ocasional imbricação de clastos. Padrão de paleocorrentes indica transporte sedimentar para N/NW.

Na área de Bom Jardim, ocorrem intercalações de conglomerados sustentados pelo arcabouço com matriz arenosa e arenitos conglomeráticos com estratificação plano-paralela que gradam, em direção ao topo, para conglomerados sustentados pela matriz arenosa com estratificação plano-paralela e cruzada tabular de médio e pequeno porte (Fig. 12).

Estes depósitos foram interpretados como originados pela ação de fluxos inicialmente confinados (porção inferior) da carga sedimentar que, ao atingirem os arenitos da Formação Seival, sofreram desaceleração e desconfinamento, acarretando a formação de depósitos de enchentes em lençol (*sheet-floods sensu* Blair e McPherson, 1994 e Blair, 1999a). A sequência vertical de fácies, sucessivamente mais grossas para o topo da coluna, chegando a conglomerados com matações (Figs. 15 e 16), testemunha o caráter progradacional desta associação, culminando com a substituição gradual de fácies de planícies de inundação fluvial da Formação Seival por aquelas desenvolvidas em ambiente subaéreo de leques aluviais dominados por processos de enchentes em lençol, caracterizando assim ambiente de leques aluviais (no sentido de Steel *et al.*, 1977; Blair e McPherson, 1994; Miall, 1996; Blair, 1999a, b). No topo desta sucessão, bem expostas nas Minas do Camaquã, aparecem camadas métricas (1-1,5 m) de arenitos conglomeráticos com abundantes estratificações cruzadas acanaladas de médio e pequeno porte, interpretadas como a porção distal dos leques e sistemas fluviais entrelaçados associados. Estes depósitos são bruscamente recobertos por arenitos da Formação João Dias, indicando tratar-se de um trato transgressivo, como demonstrado adiante.

Análise de paleocorrentes

As medidas de paleocorrentes dos depósitos de leques aluviais refletem consistentemente paleotransporte transversal à sub-bacia para NNW, revelando áreas fontes a S e, principalmente, a SE (Figs. 2A, 14 e 15). A distribuição de fácies enfatiza as medidas de paleocorrentes obtidas.

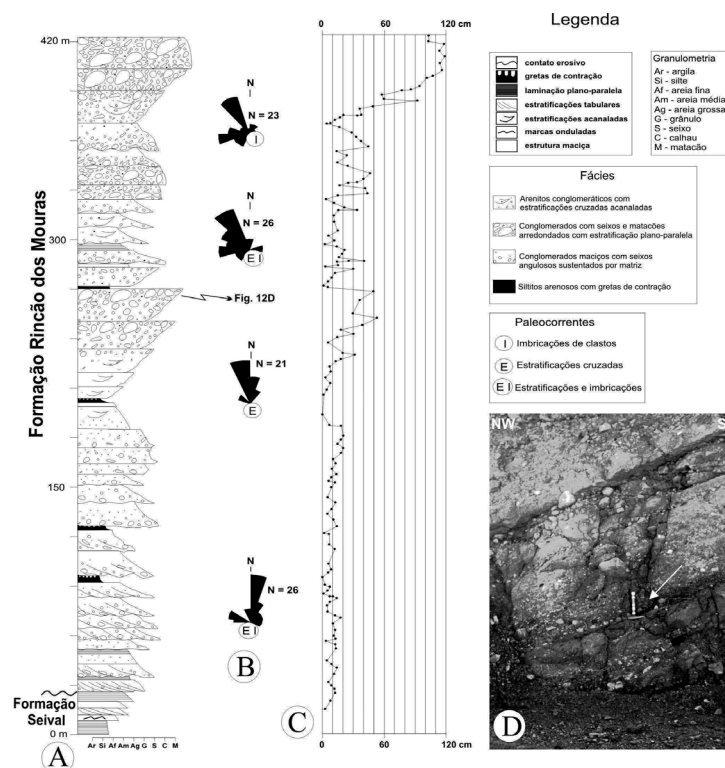


Fig.14 Ponto MC-40. A - seção colunar de detalhe de parte do topo da Formação Seival e grande parte da Formação Rincão dos Mouras do Grupo Santa Bárbara levantada na corta a céu aberto da Mina Uruguai (CBC), Minas do Camaquã. B - medidas de paleocorrentes obtidas nos níveis compatíveis. C - gráfico com o tamanho máximo dos clastos. D - foto de detalhe dos conglomerados estratificados. Seta indica escala. Modificada de Fambrini *et al.* (1998, 2005, 2007).

Fig.14 Point MC-40. A - Detailed columnar section withdrawals of part of the top of the Seival Formation and largely part of the Rincão dos Mouras Formation of the Santa Barbara Group taken in cuts the open pit of Uruguay Mine (CBC), Minas do Camaquã. B - measures of paleocurrents obtained at compatible levels. C - graphics with the maximum size of clasts. D - detail photo of stratified conglomerates. Arrow indicates scale. Modified after Fambrini *et al.* (1998, 2005, 2007).

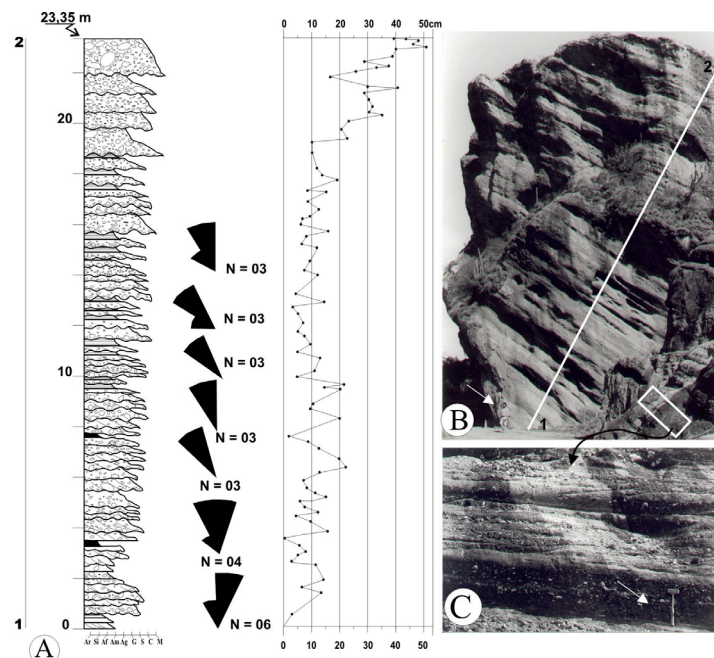


Fig.15 Leques aluviais da Formação Rincão dos Mouras na região das Minas do Camaquã. A - seção estratigráfica de detalhe da porção superior dos depósitos de leques aluviais, com paleocorrentes e gráfico com o tamanho máximo dos clastos medidos em cada camada investigada. B - foto da seção levantada (barra branca). C - foto de detalhe dos depósitos aluviais. Fácies *vide* figura 14. Setas brancas indicam escalas utilizadas.

Fig.15 Alluvial fans of the Rincão dos Mouras Formation in the Minas do Camaquã region. A - detailed stratigraphic section of the upper portion of the alluvial fan deposits, with paleocurrents and graphics with the maximum size of clasts measured in each investigated layer. B - picture of the section withdrawal (white bar). C - detail photo of alluvial deposits. For facies see figure 14. White arrows indicate scales used.

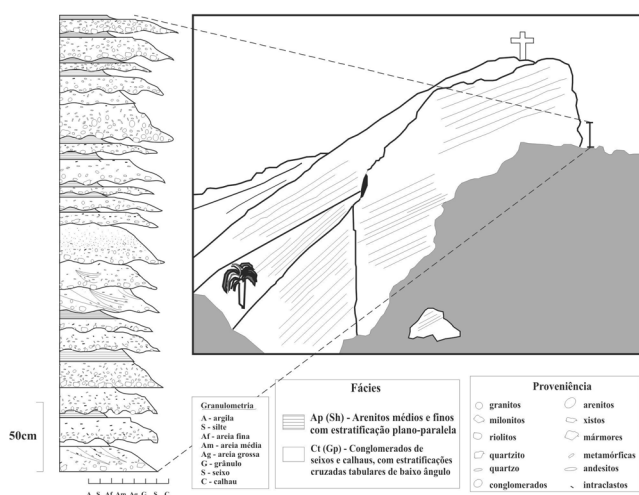
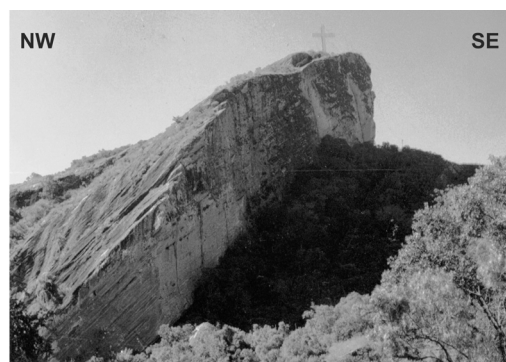


Fig.16. Depósitos de leques aluviais da Formação Rincão dos Mouras aflorantes na região das Minas do Camaquã, no denominado Cerro da Cruz, com destaque para seção colunar de detalhe levantada, fácies identificadas e proveniência de clastos analisada. Vide localização na foto anexa e no croqui.

Fig.16. Alluvial fan deposits of the Rincão dos Mouras Formation outcropping in the Camaquã Mines region, the so-called Cerro da Cruz, with emphasis on detailed columnar section withdrawals, fácies identified and provenience of clasts analyzed. See location on the photo attached and in the sketch.

Análise de proveniência

Na região das Minas do Camaquã os conglomerados dos depósitos de leques aluviais apresentam clastos de diversas origens (Fambrini, 1998, Fambrini *et al.*, 1998). A Tabela 1 mostra análise de proveniência da parte superior da Formação Rincão dos Mouras mostrando valores por local investigado. Na base dos conglomerados predominam fragmentos de leucogranitos róseos, quartzo, quartzitos róseos a esverdeados, leucogranitos foliados, xistos, arenitos finos castanhos, vulcânicas ácidas, andesitos, conglomerados e milonitos (Fig. 17A). Para o topo há o progressivo predomínio de milonitos destes granitóides, granitos porfíricos, granitos com turmalina e greizenizados, arenitos e conglomerados das unidades inferiores e mármore, concomitante ao aumento na granulometria (Fig. 17B). Petrograficamente, estes depósitos possuem derivação de áreas fontes granito-gnáissicas deformadas e metamórficas, de corpos graníticos intrusivos e de coberturas vulcano-sedimentares situadas a sul (Fambrini, 1998, Fambrini *et al.*, 1998).

Na região de Bom Jardim, a análise de proveniência mostrou o predomínio dos termos sedimentares e vulcânicos nestes depósitos, com uma diminuição da quantidade de clastos do embasamento e aumento de fonte granítica em direção ao topo desta unidade (Figs. 17C, D).

Tabela 1. Análise de proveniência da parte superior da Formação Rincão dos Mouras na região das Minas do Camaquã mostrando valores por local investigado. Litologia de 100 clastos contados aleatoriamente por nível estratigráfico em 10 locais. MC refere-se a Minas do Camaquã.

Table 1. Provenience analysis of the upper part of Rincão dos Mouras Formation in the Minas do Camaquã region showing values per site investigated. Lithology of 100 clasts numbered randomly in each stratigraphic level in 10 locations. MC refers to Camaquã Mines.

Litologia dos clastos	(MC)										Média*
	40	111	195	219	220	238	239	245	269	392	
Quartzo	6,6	9	7	7	6	8	8	6	24	6	5,52
Mármore	0	0	1	1	2	0	0	0	0	3	0,75
Conglomerado	2,75	0	3	6	6	5	4	4	4	5	3,75
Rocha vulcânica ácida	3,6	18	8	3,5	6	5	7	16	2	6	6,77
Arenito	4,2	2	5	6,5	8	5	4	6	6	8	5,34
Leucogranito róseo médio orientado	0	6	2,5	6	3	0	1	0	0	0	1,95
Hololeucogranito róseo fino isotrópico	0,63	0	2,5	1	3	0	0	0	0	3	1,43
Hololeucogranito róseo grosso porfir.	0,63	4	3,5	6	0	0	5	0	0	0	2,23
Ultramilonito	5,5	6	1,5	1,5	3	0	7	4	2	3	3,10
Mesonitomesogranito porfírico cesv	3,75	0	1,5	4	1	5	2	0	10	1	2,50
Leucogranito róseo médio isotrópico	23,6	12	17	12	8	15	11	28	32	12	17,32
Quartzito	10,3	10	5	8,5	8	10	11	6	0	8	7,46
Milonito granito diversos	16,4	12	7	2	7	12	9	12	6	7	9,20
Intraclastos	0	0	0,5	0	0	5	0	0	0	0	0,40
Leucogranito róseo grosso porfírico	1,9	8	12	13	17	2	9	0	8	16	8,63
Leucogranito grosso cinza	3,13	0	2	1,5	1	2	0	4	0	0	1,68
Milonitomesogranito grosso cesv	0,5	0	3	13,5	11	2	2	6	0	11	4,35
Xisto, xisto esverdeado	3,13	6	1,5	2,5	0	5	1	2	0	2	2,08
Leucogranito carne porfírico	9,25	0	4	0	0	1	0	0	0	2	3,05
Feldspato	0,25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0,40
Leucogranito róseo fino isotrópico	0	0	0,5	0	5	0	0	2	0	4	0,95
Andesito	0,38	1	2	3,5	1	6	0	0	0	0	1,48
Metamórfica indiferenciada	0,25	5	1,5	0,5	0	10	6	4	4	0	2,00
Vulcânica básica	0	0	0,25	0	0	0	2	0	0	0	0,07
Hololeucogranito róseo médio	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,30
Quartzito milonito	0	0	1	0	2	0	4	0	0	3	0,85
Gnaise	0,75	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0,45
Pemaitogranitóide	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0,30
Leucogranito cinza esverdeado grosso	0,33	0	3	0,5	0	0	4	0	0	0	1,02
Brecha	0	0	0,25	0	1	2	4	0	0	0	0,45
Silix	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0,10
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

*ponderada

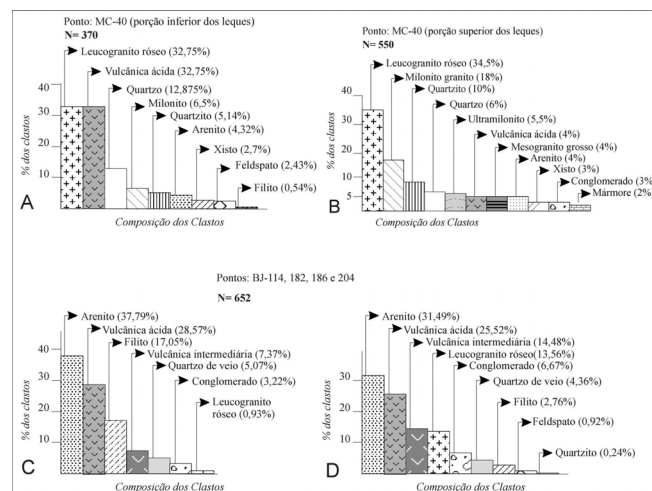


Fig.17. Gráficos ilustrativos da análise de proveniência dos clastos realizada nos depósitos de leques aluviais da Formação Rincão dos Mouras aflorantes na região das Minas do Camaquã (Fig. 17A, B) e na região de Bom Jardim, nas porções inferior (Fig. 17C) e superior (Fig. 17D), respectivamente, para cada região.

Fig.17. Illustrative graphics of provenience analysis of clasts carried in deposits of alluvial fans formation Rincão dos Mouras bursts in the region of the Camaquã mines (Figs. 17A, B) and in the region of Bom Jardim in the lower portions (fig. 17C) and higher (Fig. 17D), respectively, for each region.

4.4 Formação João Dias

A unidade de topo do Grupo Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Central constitui-se de espessos depósitos (>500 m) de arenitos fluvio-deltaicos, interpretados como decorrentes de um evento de inundação por transgressão lacustre sobre os registros de leques aluviais. Estes depósitos deltaicos foram reconhecidos apenas na Sub-Bacia Camaquã Central, tanto na região das Minas do Camaquã quanto na área de Bom Jardim, e definidos na região das Minas do Camaquã como Formação João Dias por Fambrini (1998). Anteriormente foi interpretada como flúvio-deltaica (Faccini *et al.*, 1987; Paim, 1994), aqui corroborada.

Esta unidade caracteriza-se pelo predomínio de arenitos médios bem selecionados, apesar de localmente haver a presença de arenitos finos e camadas pouco espessas de conglomerados finos (níveis com seixos residuais - *lags*) (Fig. 18). São os depósitos de maior expressão em área na região das Minas do Camaquã, limitando-se por contato brusco com a Formação Rincão dos Mouras, sotoposta, e por discordância angular e erosiva com os arenitos e arenitos conglomeráticos do Grupo Guaritas, sobrepostos.

A Formação João Dias compreende depósitos sedimentares originados em ambiente fluvio-deltaico.

Depósitos fluvio-deltaicos

Na região das Minas do Camaquã a Formação João Dias compreende camadas centimétricas (mais abundantes) e decimétricas de arenitos micáceos médios, por vezes finos, de coloração róseo-avermelhada, de geometria tabular, muitas vezes com topo e base ondulados. Mais para o topo ocorrem arenitos finos a médios, de coloração róseo-avermelhada. Internamente, as camadas centimétricas de arenitos possuem estratificações e laminações cruzadas de baixo ângulo dos tipos tangencial e/ou tabular, predominantemente de pequeno porte, estratificação e laminação plano-paralela, frequentemente associadas à lineações primárias de corrente, marcas onduladas, geralmente assimétricas no topo das camadas, e algumas vezes com laminações cruzadas cavalgantes associadas, e estratificação cruzada ondulada e marcas onduladas assimétricas no topo das camadas. Nas camadas decimétricas aparece estratificação inclinada de baixo-ângulo sinuosa (sigmóides?) (Fig. 19), estratificações cruzadas acanaladas de grande porte (Fig. 20), frequentes discordâncias e ondulações. Localmente, na base acima do contato com a Formação Rincão dos Mouras, ocorrem níveis decimétricos (10 - 15 cm) de seixos residuais (*lags*).

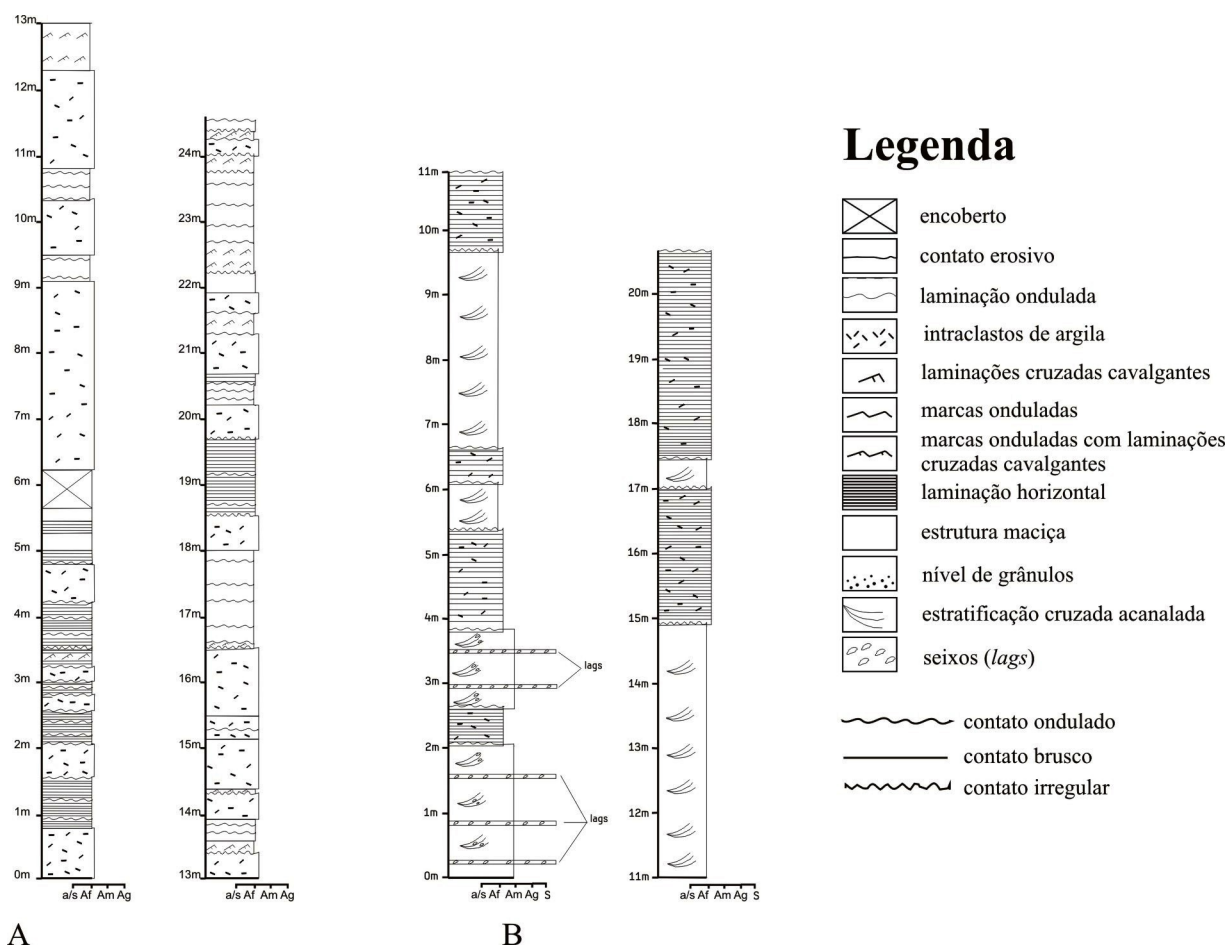


Fig.18 Seções colunares de detalhe da Formação João Dias na região das Minas do Camaquã. A - depósitos deltaicos. B - depósitos fluviais com *lags* transgressivos.

Fig.18. Detailed columnar sections of the João Dias Formation in the Camaquã Mines region. A - deltaic deposits. B - fluvial deposits with transgressive *lags*.

Os depósitos da Formação João Dias são interpretados como gerados em ambiente deltaico com influência fluvial. As evidências de ambiente deltaico são as estratificações cruzadas inclinada de baixo-ângulo sinuosas (sigmóides?) e dos tipos tabular de pequeno porte, camadas de topo e base ondulados e marcas onduladas, que refletem processos de espraioamento na linha de costa lacustre, e a estratificação plano-paralela, muitas vezes apresentando lineação primária de corrente (*parting lineation*), indicativa de regime de fluxo superior. No caso da influência fluvial, os processos atuantes acham-se registrados principalmente nas estratificações cruzadas acanaladas de grande porte (Fig. 20), ondulações, estratificações cruzadas e níveis de seixos associados às estratificações cruzadas, representando depósitos residuais transgressivos (*lags*), que teriam sido depositados devido ao avanço do material arenoso sobre o lago.

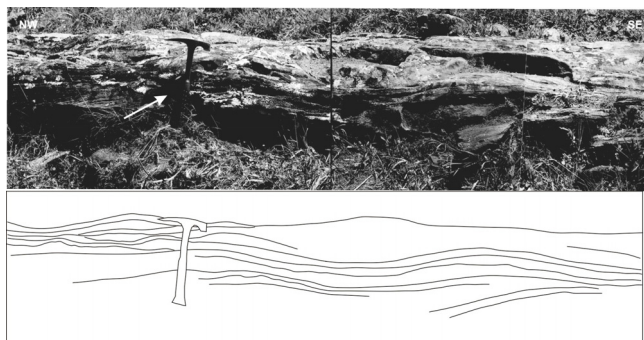


Fig.19. Estratificação inclinada de baixo-ângulo sinuosa (sigmóides?).

Fig.19. Low-angle inclined stratification of sinuous character (sigmoidal?).

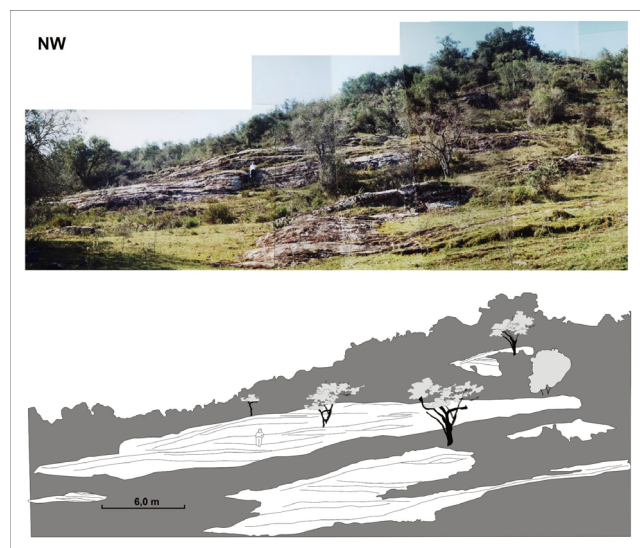


Fig.20. Depósitos de arenitos finos a médios com estratificações cruzadas acanaladas de grande porte da Formação João Dias, na região das Minas do Camaquã.

Fig.20. Fine to medium sandstone deposits with large trough cross-stratification of the João Dias Formation, in the Camaquã Mines region.

Análise de paleocorrentes

A análise de paleocorrentes de ambientes fluvio-deltaicos é de difícil interpretação devido à grande variedade de processos atuantes nesse tipo de ambiente. As principais estruturas indicativas de paleofluxo encontradas foram estratificações cruzadas acanaladas e sigmoidais (?) e estratificações cruzadas por migração de dunas subaquáticas (tabulares e tangenciais).

Adicionalmente, efetuaram-se medidas em cristas de marcas onduladas assimétricas dos tipos retilíneo, sinuoso e linguóide (conforme classificação de Collinson e Thompson 1989) e de estratificações cruzadas tabulares de pequeno e médio porte.

Nos depósitos fluviais foram analisadas paleocorrentes de estratificações cruzadas através da medição de diversos planos, sem o reconhecimento preliminar dos planos de maior mergulho devido à possibilidade de seu mascaramento pelo basculamento tectônico. Assim, após a medição de vários planos, realizou-se a correção do basculamento e só então se reconheceu a assimetria da forma e o sentido dos planos de maior mergulho. A figura 2A representa planos de estratificações cruzadas com sentidos de paleocorrentes para norte.

5. Sequências deposicionais

Na Sub-Bacia Camaquã Central foram identificadas três sequências deposicionais separadas por discordâncias erosivas, designadas como Sequência Santa Bárbara Central 1, 2 e 3, respectivamente, SBc1, SBc2 e SBc3 (Fig. 5). Essas sequências caracterizam-se pelas superfícies limitantes e pelo padrão de empilhamento de seus tratos de sistemas (cortejos deposicionais), distintas da divisão litoestratigráfica que é baseada na composição litológica de cada conjunto e com limites sem significado genético. É notável a correspondência entre as seções colunares das regiões das Minas do Camaquã e de Bom Jardim (Fig. 5).

A sequência SBc1 não exhibe os depósitos basais, pois estes se encontram truncados pela Falha Tapera-Emiliano que limita a leste a Sub-Bacia Camaquã Central nas Minas do Camaquã, onde ocorre. Esta sequência caracteriza-se por uma sucessão lacustre onde se destacam depósitos de conglomerados e arenitos interpretados como fácies distais de turbiditos. A espessura estimada é de cerca de 150 m.

A sequência SBc2 limita-se com a anterior por superfície de erosão marcada pela presença brusca de conglomerados de leques deltaicos sobre arenitos finos e ritmitos gerados por sistemas fluviais efêmeros. Nesta superfície encontram-se vestígios da erosão dos depósitos subjacentes evidenciados por clastos de arenitos e pelitos. Esta sequência, a mais espessa da sub-bacia (cerca de 1200 m), compõe-se de depósitos de turbiditos lacustres separados em três sucessões (i) sucessão de turbiditos lacustres proximais e distais de leque subaquoso, (ii) sucessão de depósitos de turbiditos distais de leque subaquoso e (iii) depósitos fluviais efêmeros.

A sequência SBc3 acha-se limitada com a SBc2 por superfície de erosão claramente marcada pela presença abrupta de conglomerados e arenitos de leques aluviais e fluviais entrelaçados sobre arenitos finos e ritmitos de turbiditos proximais e distais de leque subaquoso, e depósitos fluviais efêmeros. Esta sequência é individualizada em (i) sucessão de leques aluviais e sistemas fluviais entrelaçados e (ii) sucessão fluvio-deltaica interpretada como evento amplo de inundação causado por transgressão lacustre. A espessura mínima estimada para a sequência gira em torno de 1000 m.

6. Evolução paleogeográfica

O Grupo Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Central teve sua evolução marcada essencialmente por variações do nível de base relativo, identificadas em ciclos retrogradacionais, agradacionais e progradacionais, bem como pelo controle tectônico na sedimentação. Estes ciclos são bem representados com a subdivisão do Grupo Santa Bárbara, adotada no presente trabalho.

Um ciclo retrogradacional pode ser inferido para as porções inferiores da Formação Passo da Capela, correspondendo às sucessões de fácies lacustres de turbiditos proximais que rapidamente transicionam para depósitos de turbiditos distais, em modelo análogo ao de Mutti *et al.* (1999). Em relação às variações do nível relativo de base, sugere-se que o empilhamento dos turbiditos deu-se em trato de sistemas de mar baixo, conforme modelos encontrados na literatura (Mutti, 1992; Boiano, 1997; Johnson *et al.*, 2001).

Um ciclo progradacional sobrepõe-se ao anterior, sendo representado por depósitos lacustres de turbiditos proximais de leque subaquoso que passam para depósitos fluviais efêmeros.

A Formação Seival caracteriza um ciclo agradacional evidenciado por espessos pacotes de depósitos fluviais efêmeros, com paleocorrentes para NE. A superfície que limita o ciclo progradacional anterior deste ciclo agradacional não foi observada em campo.

Um provável evento de rápida inundação do corpo d'água caracteriza o topo da Formação Seival delimita o ciclo agradacional de um segundo ciclo progradacional da unidade seguinte, com a instalação de depósitos de leques aluviais mediano-distais, passando rapidamente para depósitos de leques aluviais proximais que culminam com sistemas fluviais entrelaçados de alta energia, registrados na Formação Rincão dos Mouras. A enérgica deposição dos conglomerados da porção superior da Formação Rincão dos Mouras decorreu do soerguimento regional mais intenso a S e SE e a denudação dos depósitos subjacentes e erodidos durante o soerguimento de um alto situado a SE (hoje ocupado por depósitos do Grupo Guaritas), seguido pela erosão do embasamento deste alto, evidenciada por fragmentos de granitóides e de milonitos do Alto da Serra das Encantadas, a SE, coerente com o seu levantamento neste estágio de evolução (Fambrini *et al.*, 1992, 1998, 2011). O soerguimento de altos internos propiciou a instalação de sistemas de leques aluviais e de planícies fluviais que caracterizam as sucessões basais desta sequência (trato de mar baixo). O clima nas áreas fontes pode ter sido semiárido em virtude da abundância relativa de clastos de calcário (mármore) e do mineral feldspato fresco, além da matriz dos conglomerados constituir-se da fração areia grossa, predominantemente.

Nova retrogradação é evidenciada na base da Formação João Dias, que se sobrepõe aos depósitos de leques aluviais, formada por depósitos fluvio-lacustres, provavelmente agradacional.

A caracterização destes padrões de preenchimento poderá servir como elemento de correlação entre as diversas ocorrências do Grupo Santa Bárbara. Estudos detalhados visando à caracterização das superfícies transgressivas, de inundação máxima e de erosão, são sugeridos para o refinamento das correlações.

7. Considerações finais

A exposição do Grupo Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Central é representada por uma alternância de depósitos arenosos e rítmicos fluviais efêmeros com predomínio de planícies de inundação e depósitos conglomeráticos de leques aluviais que compõem ciclos progradacionais-retrogradacionais. Estes ciclos foram interpretados como resultados de variações relativas do nível de base, provavelmente associadas a mudanças no equilíbrio entre subsidência e aporte sedimentar, ambos relacionados à evolução tectônica da Bacia do Camaquã.

A progradação dos depósitos de leques aluviais da Formação Rincão dos Mouras foi interpretada como sucessões progradantes resultantes da diminuição da erosão de depósitos mais antigos do Supergrupo Camaquã. Esse mesmo evento foi reconhecido por

Almeida (2001) e Fambrini *et al.* (2006) na Sub-Bacia Camaquã Ocidental, podendo constituir um elemento de correlação estratigráfica regional.

O contato brusco basal da Formação João Dias constitui a superfície transgressiva do Grupo Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Central, indicando avanço do corpo d'água durante este período.

A evolução estratigráfica e paleoambiental, documentada nos depósitos do Grupo Santa Bárbara mapeados em toda a Sub-Bacia Camaquã Central, apontou uma notável correlação entre as sucessões das regiões das Minas do Camaquã e de Bom Jardim. Tal correlação baseia-se tanto nas interpretações paleoambientais quanto nas espessuras das unidades estudadas, legitimando, desta forma, a proposta de Robertson (1966) e de Fambrini *et al.* (1996) de incluir os depósitos da região das Minas do Camaquã no redefinido Grupo Santa Bárbara.

Agradecimentos

Este trabalho foi elaborado com auxílio financeiro da FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processos 93/03228-7, 98/04510-1, 98/03682-3, 99/00878-7, 00/07510-4 e 01/01439-9), a quem agradecemos o apoio. Ao CNPq pela bolsa de mestrado de G.L.Fambrini. Ao núcleo CPRM/RS pela cedência de fotografias aéreas e mapas. Aos colegas geólogos Claudio Riccomini, Ana Paula M. R. Pelosi, Wellington F. Silva Filho, Annamaria Rizzo da Fonseca e Afonso Cesar R. Nogueira pelo auxílio nos trabalhos de campo e pelas discussões. À revista Comunicações Geológicas pela revisão acurada e pela oportunidade de apresentar este trabalho.

Referências

- Almeida, F. F. M., 1967. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. *Boletim. Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro: DNPM*, **241**, 1-36.
- Almeida, F. F. M., 1969. Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 23, Salvador, BA, *Anais*, **1**, 29-46.
- Almeida, R. P., 2001. Evolução tectono-sedimentar da Formação Santa Bárbara na Sub-Bacia Camaquã Ocidental. *Tese de Mestrado não publicada*, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 161.
- Almeida, R. P., Fragoso-Cesar, A. R. S., Janikian, L., Fambrini, G. L., 2012. Recurring extensional and strike-slip tectonics after the Neoproterozoic collisional events in the southern Mantiqueira province. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **84**, 347-376.
- Almeida, R. P., Janikian, L., Fragoso-Cesar, A. R. S., Fambrini, G. L., 2010. The Ediacaran to Cambrian Rift System of Southeastern South America: Tectonic Implications. *The Journal of Geology*, **118**, 145-161.
- Almeida, R. P., Janikian, L., Fragoso-Cesar, A. R. S., Marconato, A., 2009. Evolution of a rift basin dominated by subaerial deposits: The Guaritas Rift, Early Cambrian, Southern Brazil. *Sedimentary Geology*, **217**, 30-51.
- Bicca, M. M., Chemale Jr., F., Jelinek, A. R., Oliveira, C. H. E., Guadagnin, F., Armstrong, R., 2013. Tectonic evolution and provenance of the Santa Bárbara Group, Camaquã Mines region, Rio Grande do Sul, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **48**, 173-192.
- Blair, T. C., 1999a. Cause of dominance by sheetflood vs. debris-flow processes on two adjoining alluvial fans, Death Valley, California. *Sedimentology*, **46**, 6, 1015-1028.
- Blair, T. C., 1999b. Sedimentary processes and facies of the waterlaid Anvil Spring Canyon alluvial fan, Death Valley, California. *Sedimentology*, **46**, 6, 913-940.
- Blair, T. C., McPherson, J. G., 1994. Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes and facies assemblages. *Journal of Sedimentary Petrology*, Section A, **64**, 3, 450-489.

- Boiano, U., 1997. Anatomy of a siliciclastic turbidite basin: the Gorgoglione Flysch, Upper Miocene, southern Italy: physical stratigraphy, sedimentology and sequence-stratigraphic framework. *Sedimentary Geology*, **107**, 1, 231-262.
- Bordy, E. M., Hancox, P. J., Rubidge, B. R., 2004. Fluvial style variations in the Late Triassic-Early Jurassic Elliot Formation, main Karoo Basin, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*, **38**, 383-400.
- Collinson, J. D., Thompson, D. B., 1989. *Sedimentary structures*. London, Unwin Hyman, 207.
- Corcoran, P. L., Mueller, W. U., 2002. The effects of weathering, sorting and source composition in Archaean high-relief basins: examples from the Slave Province, Northwest Territories, Canada. *Special Publications of international Association of Sedimentologists*, **33**, 183-211.
- De Raaf, J. F. M., Boersma, J. R., van Gelder, A., 1977. Wave-generated structures and sequences from a shallow marine succession, Lower Carboniferous, County Cork, Ireland. *Sedimentology*, **24**, 4, 451-483.
- Dickinson, W. R., 1988. Provenance and sediment dispersal in relation to paleotectonics and paleogeography of sedimentary basins. In: Kleinspehn K. L., Paola C. (eds) *New Perspectives in Basin Analysis*, 3-25.
- Faccini, U. F., Paim, P. S. G., Frago-Cesar, A. R. S., 1987. Análise faciológica das molassas brasileiras na região das Minas do Camaquã, Eo-paleozóico do RS. In: *Atas do SBG Simpósio sul-brasileiro de geologia*, Curitiba, PA, 1, 3, 75-91.
- Fambrini, G. L., 1998. O Grupo Camaquã (Transição Proterozóico-Fanerozóico) na região das Minas do Camaquã, RS: análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes. *Tese de Mestrado não publicada*, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 182.
- Fambrini, G. L., 2003. O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) a norte do rio Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. *Tese de Doutorado não publicada*, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 243.
- Fambrini, G. L., Almeida, R. P., Frago-Cesar, A. R. S., 2006. Evolução estratigráfica do Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) na Sub-Bacia Camaquã Ocidental, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **36**, 3, 550-565.
- Fambrini, G. L., Frago-Cesar, A. R. S., 2006. Análise estratigráfica do Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-Bacia Camaquã Oriental, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, **36**, 4, 663-678.
- Fambrini, G. L., Frago-Cesar, A. R. S., Riccomini, C., Janikian, L., Almeida, R. P., Pelosi, A. P. M. R., 2001. Tectônica extensional sin-deposicional na Formação Santa Bárbara, Bacia do Camaquã, RS (Neoproterozóico III-Cambriano Inferior). In: *Anais do SBG/ABGP, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, 8, Recife, PE, 149-150.
- Fambrini, G. L., Frago-Cesar, A. R. S., Pelosi, A. P. M. R., Janikian, L., Almeida, R. P., 2011. Análise de proveniência de conglomerados e arenitos do Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-Bacia Camaquã Oriental, RS: implicações tectônicas. In: *Anais do 13º Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos / VII International Symposium on Tectonics*, Campinas - SP., CD-ROM.
- Fambrini, G. L., Frago-Cesar, A. R. S., Silva-Filho, W. F., Teixeira, G., Sayeg, H. S., Machado, R., 1998. Análise estratigráfica de fácies, proveniência e paleocorrentes do Grupo Camaquã (transição Proterozóico-Cambriano) na Mina Uruguai e suas implicações na evolução tectono-sedimentar da Bacia do Camaquã, RS. *Boletim IG-USP*, **29**, 39-69.
- Fambrini, G. L., Janikian, L., Almeida, R. P., Frago-Cesar, A. R. S., 2007. Evolução estratigráfica e paleogeográfica do Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-bacia Camaquã Central, RS. *Geologia USP*, **7**, 2, 1-24.
- Fambrini, G. L., Janikian, L., Almeida, R. P., Frago-Cesar, A. R. S., 2005. O Grupo Santa Bárbara (Ediacarano) na Sub-Bacia Camaquã Central, RS: estratigrafia e sistemas deposicionais. *Revista Brasileira de Geociências*, **35**, 2, 227-238.
- Fambrini, G. L., Saes, G. S., Frago-Cesar, A. R. S., Silva-Filho, W. F., Sayeg, H. S., Teixeira, G., Machado, R., McReath, I., Ribeiro de Almeida, T. I., Phillip, R. P., 1996. Sistemas costeiros da Formação Santa Bárbara, Bacia do Camaquã, RS (transição Proterozóico-Fanerozóico): registro preliminar da sedimentação em ambiente de águas rasas dominado por ondas. In: *Boletim de Resumos Expandidos do SBG Núcleo Bahia/Sergipe, Congresso Brasileiro de Geologia*, Salvador, BA., **2**, 204-206.
- Fambrini, G. L., Sayeg, H. S., Frago-Cesar, A. R. S., 1992. Variação de áreas-fonte da Formação Arroio dos Nobres (Cambriano) no Vale do Arroio Boici, RS: análise estratigráfica de proveniência e de paleocorrentes. In: *Boletim de Resumos Expandidos do Congresso Brasileiro de Geologia*, SBG, São Paulo, **2**, 441.
- Fragoso-Cesar, A. R. S., Almeida, R. P., Fambrini, G. L., Pelosi, A. P. M. R., Janikian, L., 2003. A Bacia Camaquã: um sistema intracontinental anorogênico de rifts do Neoproterozóico III-Eopaleozóico no Rio Grande do Sul. In: *Anais do SBG Encontro sobre a Estratigrafia do Rio Grande do Sul – Escudos e Bacias*, Porto Alegre, RS, 139-144.
- Fragoso-Cesar, A. R. S., Faccini, U. F., Paim, P. S. G., Lavina, E. L., Altamirano, J. A. F., 1985. Revisão na estratigrafia das molassas do Ciclo Brasileiro no Rio Grande do Sul. In: *Anais do SBG Simpósio sul-brasileiro de geologia*, Florianópolis, SC, **1**, 477-491.
- Fragoso-Cesar, A. R. S., Fambrini, G. L., Almeida, R. P., Pelosi, A. P. M. R., Janikian, L., Riccomini, C., Machado, R., Nogueira, A. C. R., Saes, G. S., 2000. The Camaquã extensional basin: Neoproterozoic to early Cambrian sequences in southernmost Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**, 3, 438-441.
- Fragoso-Cesar, A. R. S., Fambrini, G. L., Riccomini, C., Janikian, L., Almeida, R. P., Pelosi, A. P. M. R., Machado, R., 2001. Estruturas induzidas por abalos sísmicos na Sequência Santa Bárbara (Neoproterozóico III-Eocambriano), Bacia do Camaquã, RS: o exemplo do Passo da Capela. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**, 2, 155-162.
- Fragoso-Cesar, A. R. S., Lavina, E. L., Paim, P. S. G., Faccini, U. F., 1984. A Antefossa Molássica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo do Rio Grande do Sul. In: *Anais do SBG Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro, RJ, **7**, 3272-3283.
- Ghibaudo, G., 1992. Subaqueous sediment gravity flow deposits: practical criteria for their field description and classification. *Sedimentology*, **39**, 3, 423-454.
- Gonzalez, M. A., Teixeira, G., 1980. Considerações sobre a estratigrafia e ambientes de sedimentação da região das Minas do Camaquã e Jazida Santa Maria -RS. In: *Anais SBG Congresso Brasileiro de Geologia*, Camboriú, SC, **3**, 1513-1524.
- Graham, J., 1988. Collection and analysis of field data. In: Tucker M. (ed) *Techniques in sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, 5-62.
- Gresse, P. G., Chemale Jr., F., Silva, L. C., Walraven, F., Hartmann, L. A., 1996. Late- to post-orogenic basins of the Pan-African-Brasiliano collision orogen in southern Africa and southern Brazil. *Basin Research*, **8**, 2, 157-171.
- Ibbeken, H., Schleyer, R., 1991. *Source and Sediment - A case study of provenance and mass balance at an active plate margin (Calabria, southern Italy)*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 286.
- James, N. P., Dalrymple, R. W., 2010. *Fácies models 4*. Geological Association of Canada, Geotext **6**, 586.
- Janikian, L., 2001. Evolução Paleambiental do Grupo Camaquã na região de Bom Jardim, Sub-Bacia Camaquã Central, RS. *Tese de Mestrado não publicada*, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 158.
- Janikian, L., Almeida, R. P., Frago-Cesar, A. R. S., Fambrini, G. L., 2003. Redefinição do Grupo Bom Jardim (Neoproterozóico III) em sua área-tipo: litoestratigrafia, evolução paleoambiental e contexto tectônico. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**, 4, 349-362.
- Janikian, L., Almeida, R. P., Frago-Cesar, A. R. S., Martins, V. T. D. S., Dantas, E. L., Tohver, E., McReath, I., D'Agrella-Filho, M. S., 2012. Ages (U-Pb SHRIMP and LAICPMS) and stratigraphic evolution of the Neoproterozoic volcano-sedimentary successions from the extensional Camaquã Basin, Southern Brazil. *Gondwana Research*, **21**, 466-482.
- Johnson, S. D., Flint, S., Hinds, D., Ville Wickens, H., 2001. Anatomy, geometry and sequence stratigraphy of basin floor to slope turbidite systems, Tanqua Karoo, South Africa. *Sedimentology*, **48**, 5, 987-1023.
- Jones, S. J., Frostick, L. E., Aston, T. R., 2001. Braided stream and flood plain architecture: the Rio Vero Formation, Spanish Pyrenees. *Sedimentary Geology*, **139**, 3-4, 229-260.
- Lavina, E. L., Faccini, U. F., Paim, P. S. G., Frago-Cesar, A. R. S., 1985. Ambientes de sedimentação da Bacia do Camaquã, Eo-

- Paleozóico do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, **21**, 9, 185-227.
- Lowe, D. R., 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, **52**, 1, 279-297.
- Marconato, A., Almeida, R. P., Turra, B. B., Fragoso-Cesar, A. R. S., 2014. Pre-vegetation fluvial floodplains and channel-belts in the Late Neoproterozoic-Cambrian Santa Bárbara group (Southern Brazil). *Sedimentary Geology*, **300**, 49-61.
- McLaurin, B. T., Steel, R. J., 2007. Architecture and origin of an amalgamated fluvial sheet sand, lower Castlegate Formation, Book Cliffs, Utah. *Sedimentary Geology*, **197**, 291-311.
- Miall, A. D., 1974. Palaeocurrent analysis of alluvial sediments: a discussion of directional variance and vector magnitude. *Journal of Sedimentary Petrology*, **44**, 4, 1174-1185.
- Miall, A. D., 1977. A review of the braided-rivers depositional environment. *Earth Science Reviews*, **13**, 1, 1-62.
- Miall, A. D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided-rivers deposits: a summary. In: Miall, A. D. (ed) *Fluvial Sedimentology*. *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir* **5**, 597-604.
- Miall, A. D., 1988. Architectural Elements and Bouding Surfaces in Fluvial Deposits: Anatomy of the Kayenta Formation (Lower Jurassic) Southwest Colorado. *Sedimentary Geology*, **55**, 2, 233-262.
- Miall, A. D., 1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin, Springer, 582.
- Miall, A. D., 2000. *Principles of sedimentary basin analysis*. 3rd ed., New York, Springer-Verlag, 616.
- Mutti, E., 1992. *Turbidite Sandstones*. AGIP Special Publication, Milan, Italy, 275.
- Mutti, E., Tinterri, R., Remacha, E., Mavilla, N., Angella, S., Fava, L., 1999. An introduction to the analysis of ancient turbidite basins from an outcrop perspective. Tulsa, *AAPG Continuing Education Course Note Series*, **39**, 61.
- Nilsen, T. H., 1969. Old red sedimentation in the Buelandet-Vaerlandet Devonian District, western Norway. *Sedimentary Geology*, **3**:35-57.
- Oliveira, J. M. M. T., Fernandes, L. A. D., 1991. Estágios finais da evolução do Cinturão Dom Feliciano: Tectônica e sedimentação da Formação Arroio dos Nobres. In: SBG Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 3, Rio Claro, SP, 1991, *Boletim de Resumos Extensos*, 58-59.
- Paim, P. S. G., 1994. Depositional Systems and Paleogeographical Evolution of the Camaquã and Santa Bárbara Basins, Brazil. *Phil. Doctor Thesis (unpublished)*, Oxford, **1**, 277.
- Paim, P. S. G., Chemale Jr., F., Lopes, R. C., 2002. A Bacia do Camaquã. In: Holtz, M., Ros, L. F. De (eds) *Geologia do Rio Grande do Sul*, Edição CIGO/UFRGS, 231-274.
- Paim, P. S. G., Faccini, U. F., Netto, R. G., Nowatzki, C. H., 1992. Estratigrafia de seqüências e sistemas deposicionais das bacias do Camaquã e Santa Bárbara, Eopaleozóico do RS (Brasil). *Correlación Geologica*, **9**, 41-45.
- Paim, P. S. G., Lopes, R. C., 2000. Geologia da região das Minas do Camaquã. In: Ronchi e Lobato (orgs.) *Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar*, São Leopoldo, Ed. UNISINOS, 111-132.
- Pelosi, A. P. M. R., Fragoso-Cesar, A. R. S., 2003. Proposta litoestratigráfica e considerações paleoambientais sobre o Grupo Maricá (Neoproterozoico III), Bacia do Camaquã, Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**, 2, 137-148.
- Potter, P. E., Pettijohn, F. J., 1977. *Paleocurrents and basin analysis*. 2nd ed., Springer-Verlag, New York, 425.
- Reading, H. G., 1996. *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. Blackwell Science, 668.
- Remus, M. V. D., Hartmann, L. A., McNaughton, N. J., Groves, D. I., Reischl, J. L., 2000. A distal magmatic-hydrothermal origin for the Camaquã Cu (Au-Ag) and Santa Maria Pb, Zn (Cu-Ag) deposits, southern Brazil. *Gondwana Research*, **3**, 2, 155-174.
- Ribeiro, M., 1970. Geologia da Folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul, Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia DNPM*, **247**, 1-142.
- Ribeiro, M., Bocchi, P. R., Figueiredo Filho, P. M., Tessari, R. I., 1966. Geologia da Quadricula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul. *DNPM/DFPM*, Rio de Janeiro, **127**, 232.
- Robertson, J. F., 1966. Revision of stratigraphy and nomenclature of rock units in Caçapava-Lavras Region. *Notas e Estudos*, IG-UFRGS, Porto Alegre, **1**, 2, 41-54.
- Schanley, K. W., McCabe, P. J., 1994. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *AAPG Bulletin*, **78**, 544-568.
- Selley, R. C., 1987. *Ancient sedimentary environments*. Chapman e Hall, 317.
- Selley, R. C., 2000. *Applied sedimentology environments, a brief survey*. London, Academic Press.
- Steel, R. J., Maehle, S., Nilsen, H., Røe, S.L., Spinnangar, Å., 1977. Coarsening-upward cycles in the alluvium of Hornelen Basin (Devonian), Norway: sedimentation response to tectonic events. *Geological Society of America Bulletin*, **88**, 1124-1134.
- Teixeira, G., Gonzalez, A. P., Gonzalez, M. A., Licht, O. A. B., 1978. Situação das Minas do Camaquã, Rio Grande do Sul. In: *Anais SBG Congresso Brasileiro de Geologia*, Recife, PE, **4**, 1893-1905.
- Tucker, M. E., 1989. *The field description of sedimentary rocks*. Geological Society of London, Handbook Series, 91-97.
- Walker, R. G., 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: Walker, R. G., James, N. P. (eds) *Facies Models - Response to Sea-level Change*. *Geological Association of Canada, Geotext* **1**, 1-14.
- Walker, R. G., James, N. P., 1992. *Facies models. Response to sea level changes*. Geological Association of Canada, 212.