

## Nova Unidade Litoestratigráfica Registra Glaciação Ediacarana em Mato Grosso: Formação Serra Azul

### *New Lithostratigraphic Unit Records an Ediacaran Glaciation in Mato Grosso State, Brazil: Serra Azul Formation*

Milene Freitas Figueiredo<sup>1</sup> (milene.figueiredo@gmail.com), Marly Babinski<sup>1</sup> (babinski@usp.br), Carlos José de Souza Alvarenga<sup>2</sup> (alva1@unb.br), Francisco Egídio Cavalcante Pinho<sup>3</sup> (aguapei@yahoo.com)

<sup>1</sup>Departamento de Mineralogia e Geotectônica - Instituto de Geociências - USP

R. do Lago 562, CEP 05508-080, São Paulo, SP, BR

<sup>2</sup>Instituto de Geociências - UnB, Brasília, DF, BR

<sup>3</sup>Departamento de Recursos Minerais - Instituto de Ciências Exatas e da Terra - UFMT, Cuiabá, MT, BR

*Recebido em 10 de março de 2008; aceito em 23 de julho de 2008*

**Palavras-chave:** Formação Serra Azul, Faixa Paraguai, glaciação, Neoproterozóico, Ediacarano.

### **RESUMO**

Uma nova sucessão de diamictitos e siltitos foi encontrada acima dos carbonatos pós-Marinoanos do Grupo Araras, na porção norte da Faixa Paraguai, em afloramentos descontínuos. Esta nova unidade estratigráfica é denominada Formação Serra Azul neste trabalho, possui espessura muito variável, de 60 a 300 m. Na seção tipo, os diamictitos foram depositados nos primeiros 70 m e possuem evidências glaciais, como clastos polimíticos facetados e estriados, enquanto que os siltitos ocorrem ao longo do restante da sucessão, sendo intercalados por camadas de arenito no topo. Este registro glacial é o primeiro encontrado na América do Sul que pode estar relacionado à Glaciação Gaskierana (582 Ma).

**Keywords:** Serra Azul Formation, Paraguay Belt, glaciation, Neoproterozoic, Ediacaran.

### **ABSTRACT**

A new succession of diamictites and siltstones was found above post-Marinoan carbonates from the Araras Group in the northern Paraguay Belt (Brazil), in discontinuous outcrops. This new stratigraphic unit, named Serra Azul Formation in this work, has a variable thickness reaching up to 300 meters. The diamictites were deposited in the first 70 m and present glacial evidences, while the siltstones represent the upper part of the succession and show some sandstone layers towards the top of the succession. This glacial record is the youngest Neoproterozoic glacial event that has been found on South America and probably is related to Gaskiers Glaciation (582 Ma).

## INTRODUÇÃO

Durante o Neoproterozóico (1000 a 542 Ma), o clima da Terra sofreu profundas mudanças, que ficaram registradas sob a forma de sucessões de diamictitos glaciais e carbonatos depositados em muitos locais ao redor do mundo (Kirschvink, 1992). De acordo com a hipótese *Snowball Earth* (Kirschvink, 1992; Hoffman et al., 1998), isto significaria a alternância de eventos climáticos extremos, como a intercalação de períodos glaciais e de estufa, de âmbito mundial. Tais eventos glaciais podem ter colaborado com uma inibição da evolução de filos animais desenvolvidos, que mostram uma rápida evolução (“Explosão Cambriana”) de metazoários esqueletais após o término dos eventos glaciais. Atualmente, são conhecidos pelo menos três eventos glaciais neoproterozóicos (Halverson et al., 2005): Sturtiano (~725 Ma), Marinoano (635 Ma) e Gaskierano (582 Ma).

Dentro deste contexto, foram encontrados, na porção norte da Faixa Paraguai (Estado do Mato Grosso), diamictitos (Figueiredo et al., 2004) sobrepostos aos carbonatos pós-Marinoanos do Grupo Araras (Nogueira et al., 2003; Alvarenga et al., 2004). A primeira descrição destas rochas incluía uma camada de pelitos com alguns clastos esparsos, com ocorrência de manganês, depositados sobre o Grupo Araras (Ganzer e Figueiredo, 2004). A sucessão completa só veio a ser identificada por Figueiredo et al. (2004), que apontou evidências glaciais relacionadas aos diamictitos. Sua posição estratigráfica distinta, litologia característica e mapeabilidade na escala de 1:250.000 requer o estabelecimento de uma nova unidade estratigráfica, denominada Formação Serra Azul (Figueiredo et al., 2005; Alvarenga et al., 2007).

## GEOLOGIA REGIONAL

A Faixa de Dobramentos Paraguai (Figura 1), localizada na borda sudeste do Craton Amazônico, é composta de rochas sedimentares depositadas sobre uma margem passiva durante o Neoproterozóico, submetidas a dobramento durante a Orogênese Brasileira, no Cambriano Inferior.

A litoestratigrafia da porção norte da Faixa Paraguai (Figura 2) inclui as unidades: Grupo Cuiabá, Formação Puga, Formação Bauxi, Grupo Araras e Grupo Alto Paraguai. Neste trabalho, sugere-se a inclusão da Formação Serra Azul na base do Grupo Alto Paraguai.

O Grupo Cuiabá é formado, da base para o topo, por pelitos ricos em matéria orgânica e dolomitos sobrepostos por sedimentos glaciomarinhas e turbidíticos, como diamictitos, conglomerados, arenitos e folhelhos (Alvarenga e Trompette, 1992). Esta sucessão grada lateralmente para as formações Puga e Bauxi.

A Formação Bauxi é composta por diamictitos glaciais intercalados com camadas de siltitos, quartzitos e conglomerados (Alvarenga, 1988). A Formação Puga é composta principalmente por diamictitos glaciais depositados na área cratônica (Ribeiro Filho et al., 1975). Embora dados geocronológicos inexistam, estes depósitos glaciais são amplamente relacionados à Glaciação Marinoana (Nogueira, 2003; Trindade et al., 2003; Alvarenga et al., 2004; Font et al., 2005, 2006; Elie et al., 2007).

Acima da Formação Puga, depositaram-se cerca de 1.000 m (área plataformal) de carbonatos do Grupo Araras, dividido em duas formações por Almeida (1964), enquanto que Nogueira (2003) sugere quatro formações. Segundo Almeida (1964), a base do Grupo Araras seria composta por ca. 250 m de calcários da Formação Guia, enquanto que o restante da sucessão seria representada pelos dolomitos da Formação Nobres. De acordo com Nogueira (2003), o Grupo Araras é composto, da base para o topo, por 20 m de dolomitos de capa da Formação Mirassol d’ Oeste (encontrados unicamente sobre a região cratônica), ca. 220 m de calcários da Formação Guia, ca. 150 m de brechas dolomíticas e dolarenitos da Formação Serra do Quilombo (encontrados na serra homônima) e 250 m de dolomitos da Formação Nobres. O Grupo Araras foi depositado inicialmente em plataforma profunda (calcários), passando à plataforma rasa e ambiente de sabkha (dolomitos) no topo (Almeida 1964; Nogueira et al., 2007).

A unidade superior da faixa consiste das rochas sili-clásticas do Grupo Alto Paraguai, dividido em duas formações: Raizama e Diamantino. A Formação Raizama é composta de conglomerados, arcóseos e arenitos, depositados sob influência de maré (Almeida, 1964; Ribeiro Filho et al., 1975). A Formação Diamantino é composta basicamente pela intercalação de folhelhos vermelhos, siltitos e arcóseos, constituindo depósitos tipo molassa (Hennies, 1966). Aqui se propõe a inclusão da Formação Serra Azul, descrita a seguir, na base do Grupo Alto Paraguai.

## FORMAÇÃO SERRA AZUL

Esta nova unidade litoestratigráfica foi estabelecida com base no Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri et al., 1986), obedecendo aos critérios de: (i) uniformidade litológica; (ii) continuidade; (iii) mapeabilidade à escala 1:250.000.

Para a seleção do nome, utilizou-se o termo geográfico de uma feição natural (Serra Azul) bem conhecida na região.

A localização do estratotipo da unidade (Figura 1), onde um perfil norte-sul foi detalhadamente descrito, está entre as coordenadas UTM 0660714E/8388096N e 0660374E/8388741N, no flanco sul da Sinclinal Serra Azul

(de eixo E-W e mergulho de 15 - 20° para norte), na porção norte da Faixa Paraguai (Figueiredo et al., 2004).

A Formação Serra Azul sobrepõe-se aos dolomitos da Formação Nobres e sotopõe-se aos conglomerados e arenitos da Formação Raizama (Figura 2), sendo composta por uma espessa sucessão (250 a 300 m) de diamictitos recobertos por siltitos, com intercalações de arenitos finos no topo, descritos adiante. Sua exposição é restrita, pois geralmente se encontra coberta por depósitos de tálus recentes, provenientes da alteração dos arenitos da Formação Raizama, que sustentam as serras dessa região. Assim, os melhores afloramentos encontram-se mais comumente no interior de ravinas e em poucos cortes de estrada e cavas de mineração.

### Diamictitos

A unidade mais basal é composta por diamictitos e possui uma espessura média de 70 m. O contato basal não foi observado, da mesma forma que os depósitos de diamictitos não puderam ser individualizados dentro desta unidade. Os diamictitos apresentam-se maciços a pobremente estratificados, contendo clastos variados no tamanho, forma e composição, dispersos em matriz silto-argilo-arenosa vermelha, intercalado com fina camada (1 cm) de arenito síltico.

Os clastos variam em tamanho desde seixos (ca. 5%), blocos (ca. 1%) a matações (<< 1%), angulosos a arredondados (Figura 3A), ocasionalmente facetados, polidos ou estriados (Figuras 3A a 3C). Alguns clastos arredondados apresentam marcas de impacto ou superfície plana de abrasão estriada, paralela ao longo do eixo maior, sugerindo se tratar de clastos fluviais retrabalhados pela geleira. Alguns clastos triangulares apresentam um dos cantos mais pontiagudos voltados para baixo, enquanto que um bloco grande e um matacão, em forma de ferro de passar, apresentam orientação do eixo maior para WNW (Figura 3B).

Os clastos são compostos predominantemente de silexitos, metarenitos e arenitos, ocorrendo também dolomitos, *cherts* negros e claros, quartzos leitosos, argilitos, arcóseos, rochas graníticas, diabásios, vulcânicas, gnaisses, quartzitos, metaconglomerados e granitos metamorfisados. No topo dos diamictitos, existe uma fina e persistente camada de ca. 60 cm de diamictito síltico amarelo (Figura 3D), com uma estratificação mais desenvolvida, muitos grânulos e alguns clastos arredondados e angulosos, na maioria compostos de quartzo, *chert* e quartzito.

Embora o contato basal dos diamictitos não esteja exposto, a presença de fragmentos de carbonatos e *chert* com características da Formação Nobres (fragmentos de estromatólito silicificado, dolomito oolítico, *cherts* associados a dolomito, pseudomorfo de gipsita) sugerem um contato

basal erosivo. O contato superior com a sucessão de siltitos se dá de forma concordante e brusca.

### Silito

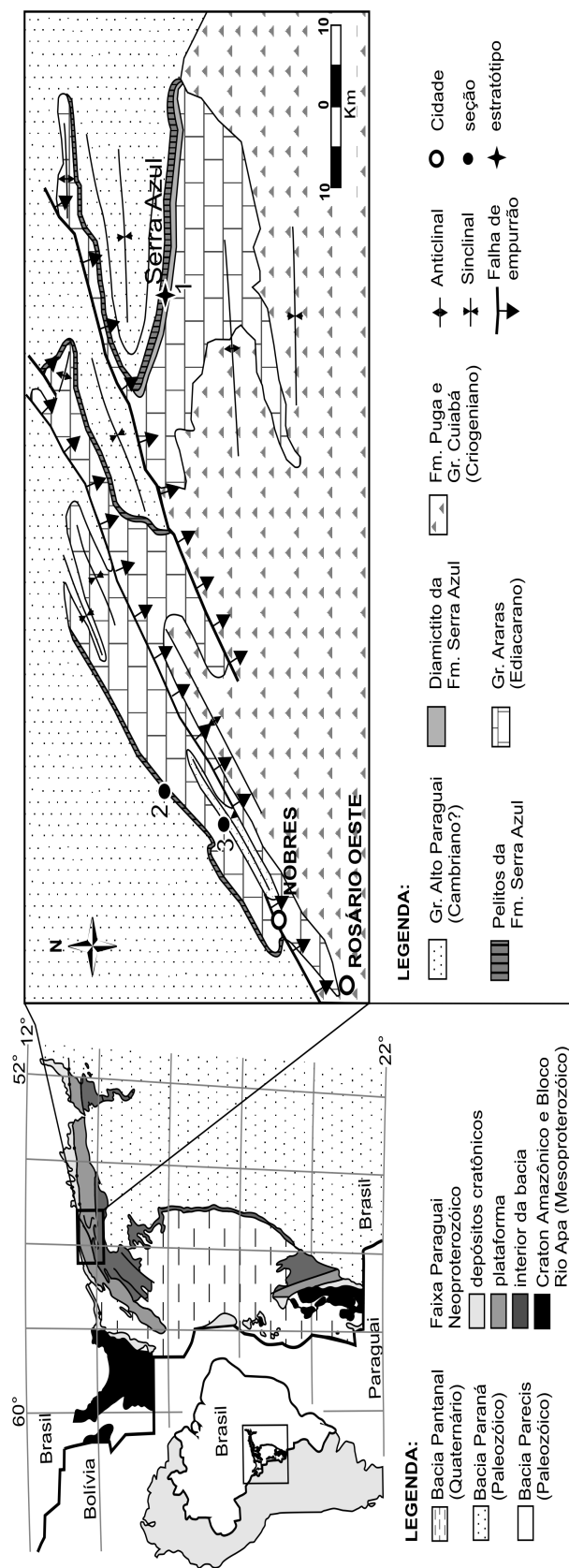
Sobreposta aos diamictitos, segue uma sucessão homogênea de aproximadamente 25 m de silito argiloso micáceo vermelho, com laminação incipiente, cuja alteração desenvolve frequentemente empastilhamento (Figura 3E), e ocorrência de esparsos grânulos granodécrescentes para o topo. O contato basal com os diamictitos é brusco, enquanto que o contato de topo é gradacional para uma sucessão rítmica. Na região da cidade de Nobres, logo na base dessa sucessão rítmica, ocorre uma camada lenticular de calcário.

### Camada carbonática

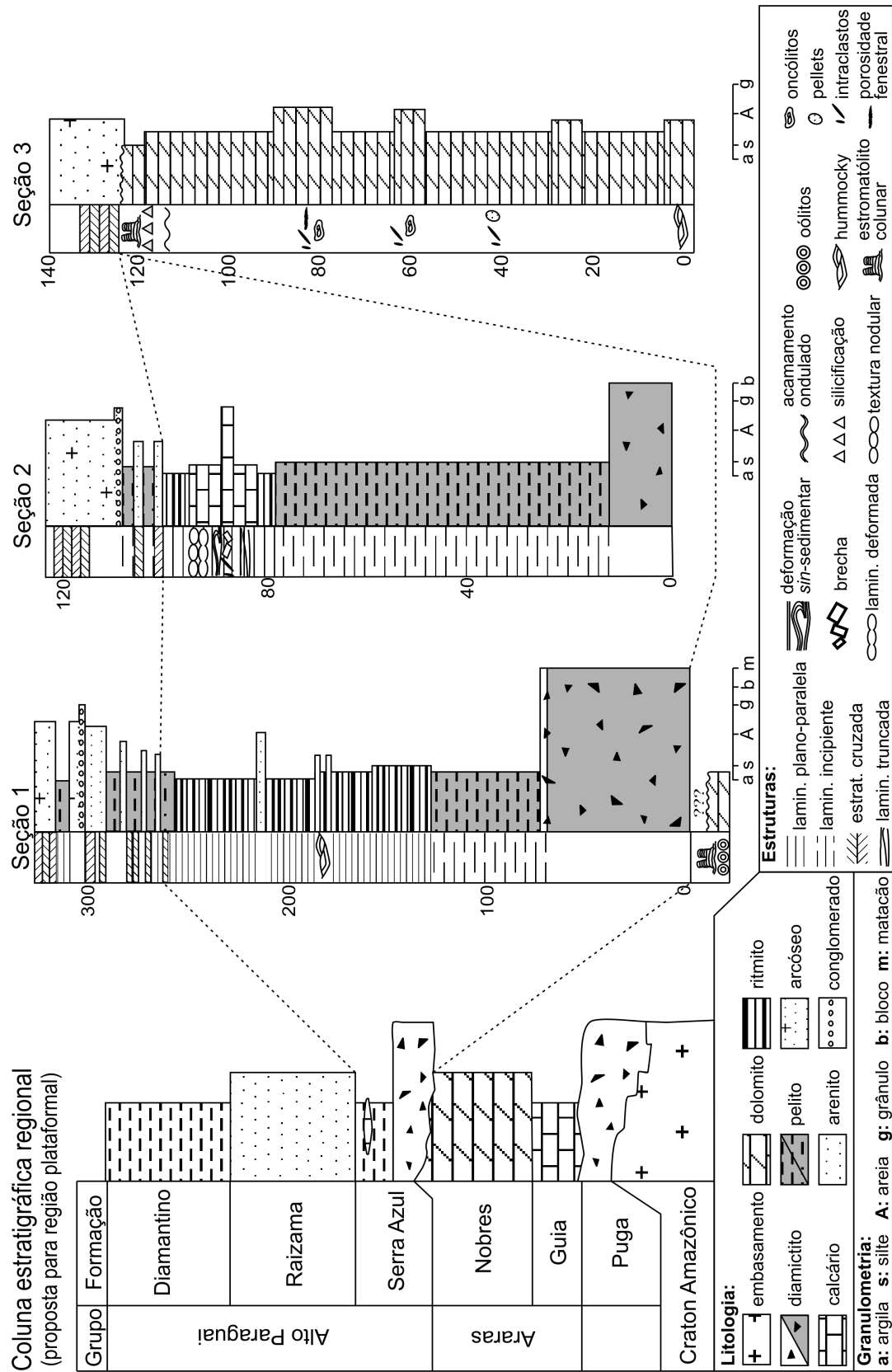
Uma camada lenticular de calcário, depositada entre o silito e os ritmitos, com 12 m de espessura, foi encontrada somente na cava de argila da fábrica de cimento Votorantin, nas proximidades da cidade de Nobres. O contato basal com os ritmitos apresenta ondulação irregular. As texturas e estruturas observadas neste calcário, da base para o topo, foram: calcilito com laminação plano-paralela; calcilito maciço (Figura 4A) com microcanais preenchidos com calciwackestone intraclástico; calcilito laminado com textura grumosa; calcilito com laminação truncada (Figura 4B); sucessões cíclicas de deformação por escorregamento e brechamento; e laminação plano-paralela, ocorrendo filmes de argila vermelha entre as lâminas, cujo aumento para o topo provoca deformação nodular do calcário (Figura 4B).

### Ritmitos

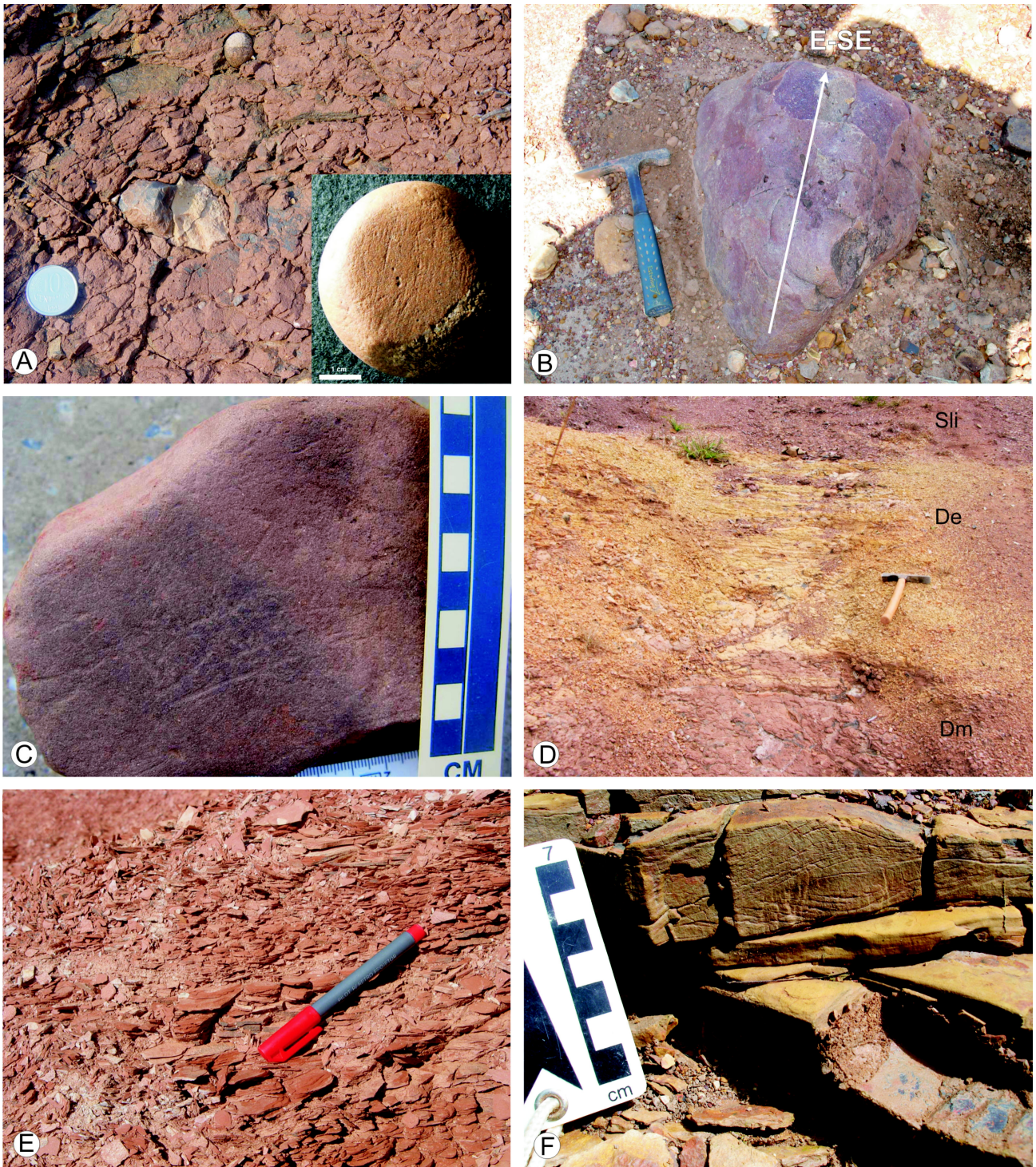
Acima do silito vermelho segue a deposição de ca. 150 m de ritmitos (Figura 4C). Na porção mais basal do pacote, ocorrem intercalações de camadas (5 a 10 cm) de arenito fino com laminação plano-paralela recobertas por marcas onduladas e estratificação cruzada hummocky, sugerindo episódios de fluxo oscilatório (Figura 3F). Para o topo observa-se um desenvolvimento mais evidente da laminação e um aumento na quantidade de argila. Na porção intermediária dos ritmitos ocorre alternância de lâminas plano-paralelas de argila síltica (2 mm a 3 cm) e areia muito fina (1 a 5 mm), recoberto por uma camada de 15 cm de arenito maciço médio, bem selecionado e com os grãos angulosos. Acima desta camada de arenito, é retomada a deposição rítmica, no entanto, com uma maior contribuição de areia fina, intercalando lâminas de silte (1 a 10 mm) e areia fina (2 mm a 2 cm), gradando para um ritmito com intercalação de areia fina (3 mm a 1,5 cm) e argila (< 1 a 5 mm). Para o topo, aumenta-se gradacionalmente a contribuição de areia, passando a uma sucessão heterolítica.



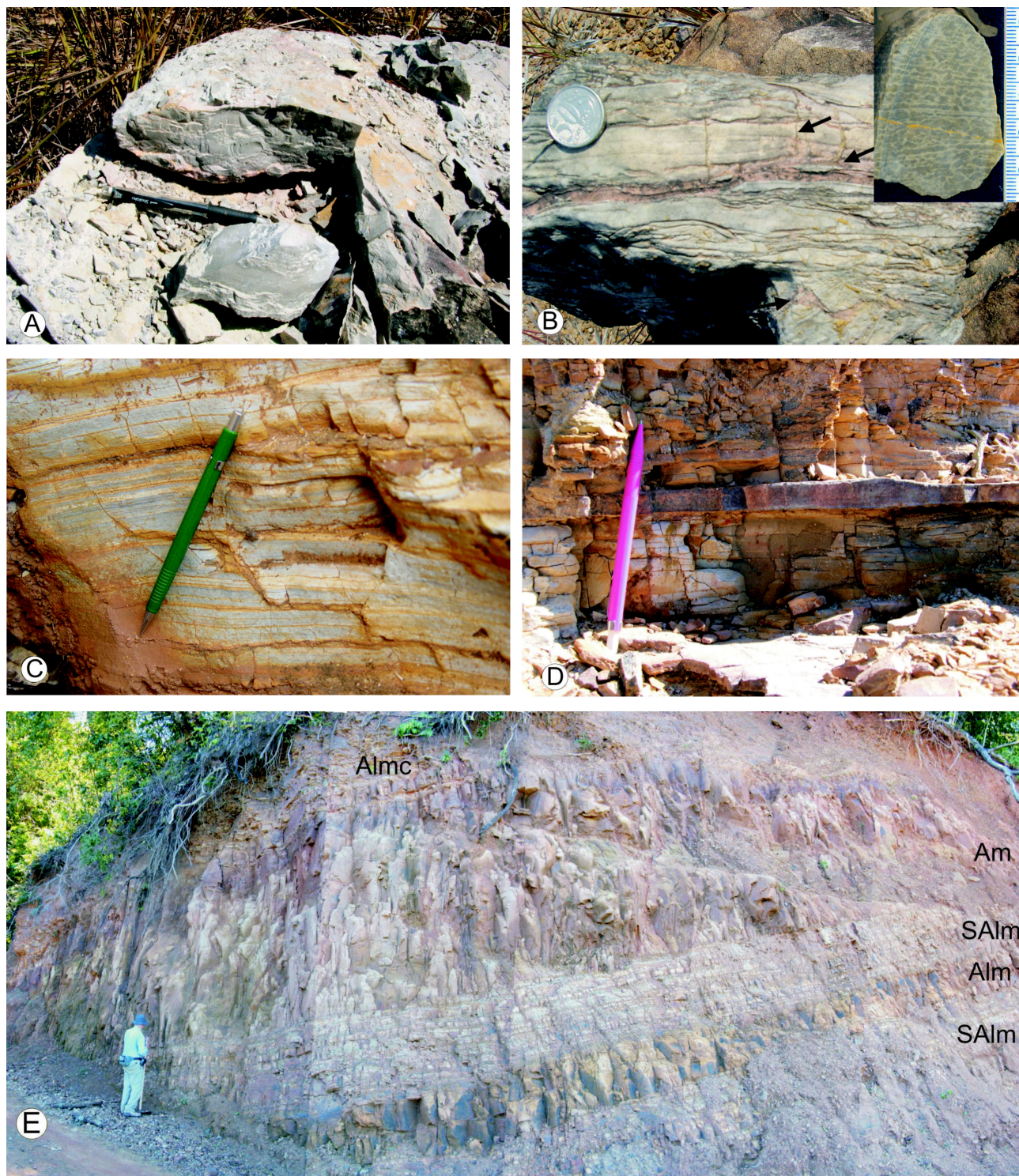
**Figura 1.** Mapa de localização e geologia regional da área de estudo (elaborado com base em Alvarenga, 1988) apresentando as ocorrências da Formação Serra Azul e a localização de três seções estratigráficas principais. Dentre elas, uma é o estratótipo.



**Figura 2.** Coluna estratigráfica regional proposta neste trabalho e três seções estratigráficas principais da Formação Serra Azul: **1.** estratótipo situado na Serra Azul; **2.** seção descrita na cava de argila da Fábrica de Cimento Tocantins, apresentando a porção mais de topo; **3.** seção descrita nas proximidades da cidade de Nobres, onde a Formação Serra Azul está ausente.



**Figura 3.** Prancha de fotografias em escala de afloramento: **A.** diamictito da Formação Serra Azul mostrando um clasto arredondado de arenito e outro anguloso de chert e carbonato, com detalhe para um clasto redondo com superfície plana de abrasão estriada dos dois lados; **B.** matacão em forma de ferro de passar (foto em planta, com indicação do norte) e detalhe de um clasto redondo com superfície plana de abrasão estriada dos dois lados (canto superior esquerdo); **C.** clasto de arenito arredondado e estriado; **D.** contato gradacional entre diamictito vermelho maciço (Dm) e diamictito amarelo estratificado (De) e brusco para siltito com laminação incipiente (Sli); **E.** porção de topo do siltito laminado vermelho; **F.** detalhe de estratificação hummocky em camada arenosa intercalada em ritmitos.



**Figura 4.** Prancha de fotografias em escala de afloramento: **A.** calcário maciço; **B.** mudstone mostrando deformação progressiva por compactação, as setas indicam as lâminas de argila rosa deformadas, com detalhe para lâminas deformadas evoluindo para uma textura nodular; **C.** ritmito com predomínio de argila (cinza); **D.** intercalação de camada de arenito tipo *pinch and swell*; **E.** frente deltáica mostrando empilhamento de intercalação de siltito e arenito laminado (SAlm), arenito laminado em pequenos lobos (Alm), arenito maciço em lobos (Am), arenito muito fino laminado apresentando micro sets sigmoidais com estratificação cruzada (Almc), sendo que o contato de topo da Formação Serra Azul é posto na base da camada Alm.

## Sucessão heterolítica

O pacote heterolítico, que se segue por aproximadamente 40 m, é composto, na base, por siltito com estratificação plano-paralela com intercalações lenticulares de arenito fino com estratificação cruzada (0,5 a 2 cm). Na porção intermediária, observa-se a ocorrência cada vez mais freqüente de lâminas de arenito fino, por vezes com estratificação cruzada plano-paralela (Figura 4D), espessando para o topo, passando a camadas decimétricas de arenito fino. No topo da sucessão observa-se a predominância de arenito em camadas métricas de geometria sigmoidal, apresentando laminação plano-paralela na camada inferior e maciça, cruzada planar e hummocky na superior, intercaladas por pacotes heterolíticos. O contato com a Formação Raizama é gradacional (Figura 4E), observando-se um aumento considerável na quantidade de ferro nos arenitos (cimento ferruginoso) de granulometria fina a média com estratificação cruzada (incluindo tipo espinha de peixe) de bandamentos de maré, nos conglomerados de arcabouço fechado (quartzo leitoso e feldspato de 0,5 a 2 cm), nos argilitos laminados intensamente impregnados por óxido de ferro e arenitos laminados ricos em hematita.

## AMBIENTE DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO SERRA AZUL

Antes de discutir os possíveis ambientes deposicionais da Formação Serra Azul, é importante esclarecer que o termo diamictito utilizado neste trabalho é descritivo e não tem conotação genética, correspondendo a uma rocha composta por uma mistura de matriz e clastos variegados, pobremente selecionados (Eyles et al., 1983). Avaliando as evidências disponíveis, o aspecto maciço e mal selecionado do diamictito ora descrito indica uma deposição por fluxos aquosos de alta densidade (Edwards, 1978), sem qualquer retrabalhamento por correntes ou intercalação de camadas de outras litologias, que pudessem fornecer mais dados sobre seu ambiente deposicional.

Já a grande variedade composicional dos clastos aqui descritos exige um agente transportador capaz de varrer amplas regiões, a ponto de misturar diversos tipos litológicos ígneos, sedimentares e metamórficos (Eyles e Miall, 1984). Conjuntamente a isso, foi encontrada uma grande quantidade de clastos estriados, facetados (incluindo seixos fluviais) e polidos, além de dois grandes clastos (bloco e matacão) em forma de ferro de passar, que normalmente são tidos como evidências de ambientes glaciais (Eyles, 1993). No entanto, não foi possível identificar os pacotes individuais dos diamictitos amalgamados, nem mesmo pavimento estriado ou embasamento deformado, que pudessem indicar a deposição direta por uma geleira e a reclassificação destes diamictitos como tilitos (Eyles, 1983). Apesar disso, a orientação seme-

lhante dos dois grandes clastos em forma de ferro de passar (Figura 3B), com a ponta mais alongada para W-NW, poderia indicar um sentido de deslocamento da geleira para E-SE, ou seja, do paleocontinente (Craton Amazônico) para o paleooceno (Faixa Paraguai). Diante do exposto, as evidências são suficientes para indicar uma deposição destes diamictitos sob influência glacial, ainda que remota.

Levando-se em consideração o ambiente marinho raso a transicional (planície de maré) do topo da Formação Nobres (Nogueira, 2003), sotoposta aos diamictitos, e a estabilidade da margem continental do paleocontinente, pode-se sugerir que os diamictitos tenham se depositado num ambiente glacio-marinho raso a transicional.

A deposição de um espesso pacote de siltito laminado diretamente sobre os diamictitos indica a interrupção de fluxos de alta densidade e um aumento da profundidade, podendo estar associada ao recuo da geleira por degelo e conseqüente elevação do nível do mar.

Ao longo desta sucessão de siltitos não é possível reconhecer quando a glaciação se finda, mas a ocorrência da camada de calcário, na região de Nobres, depositada logo acima sugere uma interrupção da deposição clástica, marcando uma superfície de máxima inundação, possivelmente relacionada ao completo degelo e ao aquecimento do clima. A base desta camada de calcário é irregular, como resultado da deformação plástica dos siltitos sotopostos, evidenciando uma rápida deposição dos carbonatos sobre os sedimentos ainda inconsolidados. Isto pode ser ainda observado, pela ocorrência de estruturas de deformação sedimentar plástica, dentro da camada de calcário (microdobras e textura nodular por compressão).

Na região da Serra Azul, o siltito laminado grada para uma espessa sucessão rítmica, depositada em ambiente profundo, fora do alcance da base das ondas de tempo bom. Esporadicamente este ambiente é perturbado por ondas de tempestades, evidenciado pela presença de camadas arenosas com estratificação hummocky de pequeno porte bem preservadas, o que sugere uma deposição de *off shore*.

Acima desta sucessão rítmica agradacional segue-se uma sucessão heterolítica progradacional, marcada pela intercalação de camadas de areia fina cada vez mais espessas e freqüentes para o topo, assim como uma nítida diminuição na contribuição de finos, com ocorrência de lobos arenosos e bandamentos de maré bem preservados. Esta configuração é bastante semelhante a uma seqüência deltáica progradacional (Galloway, 1975), com características de: (i) pró-delta sem influência de ondas na base (deposição plano-paralela de silte e argila, aparentemente rítmica); (ii) frente deltáica na porção intermediária, com a predominância de lobos arenosos intercalados por sucessões heterolíticas de silte-areia; (iii) planície deltáica no topo, evidenciada por depósitos arenosos de inframaré e supramaré, com bandamentos de maré intercala-



dos por argilitos com laminação plano-paralela (planície deltáica inferior) e conglomerados fluviais intercalados com arenito grosso (possíveis canais distributários na planície de maré superior).

Ao longo dessa sucessão ocorre a transição entre as formações Serra Azul e Raizama, sendo extremamente difícil estabelecer a linha de contato entre as duas devido ao caráter extremamente gradacional dessa sucessão, tendo-se estabelecido, arbitrariamente, o início na Formação Raizama na base da primeira camada arenosa lobular (Figura 4E).

## ESTRATIGRAFIA

Com relação à estratigrafia, a proposta de classificar esta unidade como formação é inevitável diante de sua expressividade, uniformidade litológica, continuidade e mapeabilidade (Petri et al., 1986) ao longo da Faixa Paraguai Norte. Além disso, esta unidade traz uma nova abordagem na compreensão da evolução paleoambiental local e implicações no entendimento do comportamento climático da Terra durante o Ediacarano.

Por constituir uma unidade quase totalmente terrígena (empilhamento de siltitos e arenitos) que se assemelha às formações sobrejacentes, Raizama e Diamantino (exceto pela ocorrência de diamictitos na base), sugere-se que a Formação Serra Azul seja incluída no Grupo Alto Paraguai. Esta proposta é motivada pelo Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (Petri et al., 1986), o qual orienta que as formações pertencentes a um grupo devem ser relacionadas por características ou feições litoestratigráficas comuns, o que se confere entre as formações do Grupo Alto Paraguai e a Formação Serra Azul, ao contrário do que ocorre com o Grupo Araras sotoposto, constituído predominantemente por rochas carbonáticas.

## CONTEXTO DAS GLACIAÇÕES NEOPROTEROZÓICAS

O Grupo Araras tem sido correlacionado com sucessões carbonáticas pós-Marinoanas através de curvas isotópicas (Nogueira et al., 2003; Alvarenga et al., 2004; Figueiredo, 2006), fazendo com que os diamictitos sotopostos da Formação Puga sejam correlacionados à chamada Glaciação Marinoana (635 Ma; Hoffmann et al., 2004), considerada de abrangência global, segundo a Hipótese *Snowball Earth* (Hoffman et al., 1998). Assim, a existência de um segundo depósito glacial na Faixa Paraguai Norte, situado logo acima de uma sucessão pós-Marinoana, sugere que os diamictitos da Formação Serra Azul possam ser correlacionados a uma glaciação neoproterozóica mais jovem, a Glaciação Gaskierana (582 Ma; Bowring et al., 2003). No entanto, os registros de um ciclo hidrológico ativo (estratificações

hummocky e cruzadas) apresentados são contrários ao ambiente proposto pela Hipótese *Snowball Earth*, extremamente frio e árido, capaz de gerar uma camada de gelo que isole os oceanos da atmosfera.

A Formação Gaskiers, conjuntamente aos Diamictitos Varanger na Escandinávia, era considerada como o registro de um evento glacial regional centrado no Atlântico Norte (Halverson et al., 2005). Porém, sucessões de mesma idade vêm sendo correlacionadas com a Glaciação Gaskierana, como o Grupo Nafun, em Oman (Cozzi et al., 2004; Brasier et al., 2000), a Formação Wonoka, na Austrália (Calver, 2000), a Johnnie, nos Estados Unidos (Corsetti e Kaufman, 2003), e a Sierra Del Volcán, na Argentina (Pazos et al., 2008).

Tratando-se da correlação entre a Formação Serra Azul e a Formação Gaskiers, em Newfoundland (Bowring et al., 2003), estudos paleomagnéticos mostram um possível modelo paleogeográfico, embora ainda imprecisos para a idade de 580 Ma, no qual o paleocontinente Laurentia e os fragmentos que gerariam o paleocontinente Gondwana, em especial o Craton Amazônico, estariam bastante próximos uns dos outros e situados em altas latitudes (Trindade e Macouin, 2007). Isso sugere que a Formação Serra Azul faça parte de um possível evento glacial regional de altas latitudes, como resultado da reunião de boa parte dos paleocontinentes nas proximidades do pólo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colegas que participaram de algumas das etapas de campo e deram importantes contribuições, Paulo César Boggiani, Thomas Rich Fairchild, Roberto Ventura Santos, Cyntia Moraes Simon e, em especial, ao professor Antonio Carlos Rocha Campos pelas importantíssimas ponderações sobre a sedimentologia glacial, em campo e no escritório. As sugestões feitas por dois revisores anônimos contribuíram para a melhoria do manuscrito. A identificação desta unidade foi realizada durante o mestrado da autora sênior, que teve bolsa da Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP; Proc. 04/06225-5), continuando sua pesquisa no doutorado, com bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq; Proc. 140359/2006-0). Esta pesquisa foi financiada pelo CNPq (Proc. 473614/2004-9) e FAPESP (Proc. 05/58688-1).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. Geologia do centro-oeste mato-grossense. Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral, *Boletim da Divisão de Geologia Mineral*, v. 215, p. 1-137, 1964.
- ALVARENGA, C. J. S. Turbiditos e a glaciação do final do

- proterozóico superior no Cinturão Paraguai, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 18, p. 323-327, 1988.
- ALVARENGA, C. J. S.; TROMPETTE, R. Glacial influenced turbidite sedimentation in the uppermost proterozoic and lower cambrian of the Paraguay Belt (Mato Grosso, Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 92, p. 85-105, 1992.
- ALVARENGA, C. J. S.; SANTOS, R. V.; DANTAS, E. L. C-O-Sr isotopic stratigraphy of cap carbonates overlying marinoan-age glacial diamictites in the Paraguay Belt, Brazil. *Precambrian Research*, v. 131, p. 1-21, 2004.
- ALVARENGA, C. J. S.; FIGUEIREDO, M. F.; BABINSKI, M.; PINHO, F. E. C. Glacial diamictites of Serra Azul Formation (Ediacaran, Paraguay Belt): evidence of the Gaskiers glacial event in Brazil. *Journal of South American Earth Science*, v. 23, p. 236-241, 2007.
- BOWRING, S.; MYROW, P.; LANDING, E.; RAMEZANI, J.; GROTZINGER, J. Geochronological constraints on terminal neoproterozoic events and rise of metazoans. *Geophysical Research Abstracts*, v. 5, p. 13219, 2003.
- BRASIER, M.; MCCARRON, G.; TUCKER, R.; LEATHER, J.; ALLEN, P.; SHIELDS, G. New U-Pb zircon dates for the neoproterozoic ghubrah glaciation and for the top of the Huqf Supergroup, Oman. *Geology*, v. 28, p. 175-178, 2000.
- BURNS, S. J.; MATTER, A. Carbon isotopic record of the latest proterozoic from Oman. *Eclogae Geologicae Helveticae*, v. 86, p. 595-607, 1993.
- COZZI, A. ; ALLEN, P.A. ; GROTZINGER, J.P. Understanding carbonate ramp dynamics using  $\delta^{13}\text{C}$  profiles: examples from the neoproterozoic Buah Formation of Oman. *Terra Nova*, v. 16, p. 62-67, 2004.
- CORSETTI, F.A. ; KAUFMAN, A. J. Stratigraphic investigations of carbon isotope anomalies and neoproterozoic ice ages in Death Valley, California. *Bulletin of the Geological Society of America*, v. 115 n. 8, p. 916-932, 2003.
- EDWARDS, M. B. Glacial environments. In: READING, H.G (Ed). *Sedimentary environments and facies*. New York: Elsevier, 1978. p. 416-438.
- ELIE, M.; NOGUEIRA, A.C.R.; TRINDADE, R.I.F.; NÉDÉLEC, A.; KENIG, F. A red algal bloom in the Marinoan snowball Earth. *Terra Nova*, v. 19, p. 303-308, 2007.
- EYLES, N. Earth's glacial record and its tectonic setting. *Earth Science Reviews*, v. 35, n. 1/2, p. 1-248. 1993.
- EYLES, N.; EYLES, C. H.; MIAL, A. D. Lithofacies types and vertical profile models: and alternative approach to the descriptions and environmental interpretation of glacial diamict sequences. *Sedimentology*, v. 30, p. 393-410, 1983.
- EYLES, N.; MIAL, A. D. Glacial facies. In: WALKER, R. G. (Ed) *Facies models*. 2. ed. Geoscience Canada, , 1984. p. 15-38 (Reprint Series 1).
- FIGUEIREDO, M. F. *Químioestratigrafia das rochas ediacarianas do extremo norte da Faixa Paraguai, Mato Grosso*. 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 105 p.
- FIGUEIREDO, M. F.; BABINSKI, M.; ALVARENGA, C. J. S.; PINHO, F. E. C. Diamictites overlying Marinoan-age carbonates of Araras Formation, Paraguay Belt, Brazil: evidence of a new glaciation? In: SYMPOSIUM ON NEOPROTEROZOIC-EARLY PALEOZOIC EVENTS IN SW-GONDWANA, 2, 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: IGCP, 2004. p. 18-19.
- FIGUEIREDO, M. F.; BABINSKI, M.; ALVARENGA, C. J. S.; PINHO, F. E. C. Nova unidade litoestratigráfica: Formação Serra Azul, Faixa Paraguai, Mato Grosso. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 9., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBG-Centro Oeste, 2005. p. 23-25.
- FONT, E. *Paleomagnetismo dos carbonatos de capa do Cráton Amazônico (Brasil): implicações para as glaciações do Neoproterozóico*. 2005. 203 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- FONT, E.; TRINDADE, R. I. F.; NÉDÉLEC, A. Remagnetization in bituminous limestones of the neoproterozoic Araras Group (Amazon craton): hydrocarbon maturation, burial diagenesis, or both? *Journal of Geophysical Research B: Solid Earth*, v. 111, art. n. B06204, 2006.
- GANZER, E. B.; FIGUEIREDO, M. F. *Mapeamento geológico e estudo geoquímico do Grupo Alto Paraguai, Marzagão-MT*. 2004. 123 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.
- GALLOWAY, W. E. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of the deltaic depositional systems Deltas. In BROUSSARD, M. L. (Ed).

- Deltas*. Houston: Houston Geological Society, 1975. p. 87-98.
- HALVERSON, G. P.; HOFFMAN, P. F.; SCHRAG, D. P.; MALOOF, A. C. Toward a neoproterozoic composite carbon-isotope record. *Bulletin of the Geological Society of America*, v. 117, p. 1181-1207, 2005.
- HENNIES, W. T. *Geologia do centro-norte Mato-Grossense*. 1966. 65 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1966.
- HOFFMAN, P. F.; KAUFMAN, A. J.; HALVERSON, G. P.; SCHRAG, D. P. A neoproterozoic snowball Earth. *Science*, v. 281, p. 1342-1346, 1998.
- HOFFMANN, K.-H.; CONDON, D. J.; BOWRING, S. A.; CROWLEY, J. L. U-Pb zircon date from the neoproterozoic Ghaub Formation, Namibia: constraints on Marinoan glaciation. *Geology*, v. 32, p. 817-820, 2004.
- KIRSCHVINK, J. L. Late proterozoic low-latitude global glaciation: the snowball Earth. In: SCHOPF, J. W.; KLEIN, C. (Ed.). *The proterozoic biosphere – a multidisciplinary study*. Cambridge University Press, 1992. p. 51-52.
- NOGUEIRA, A. C. R. *A plataforma carbonática Araras no sudoeste do Cráton Amazônico, Mato Grosso: estratigrafia, contexto paleoambiental e correlação com os eventos glaciais do neoproterozóico*. 2003. 173 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- NOGUEIRA, A. C. R.; RICCOMINI, C.; SIAL, A. N.; MOURA, C. A. V.; FAIRCHILD, T. R. Soft-sediment deformation at the base of the neoproterozoic Puga cap carbonate (southwestern Amazon craton, Brazil): confirmation of rapid icehouse to greenhouse transition in snowball Earth. *Geology*, v. 31, p. 613-616, 2003.
- NOGUEIRA, C. R. A.; RICCOMINI, C.; SIAL, A. N.; MOURA, C. A. V.; TRINDADE, R. I. F.; FAIRCHILD, T. R. Carbon and strontium isotope fluctuations and paleoceanographic changes in the late neoproterozoic Araras carbonate platform, southern Amazon Craton, Brazil. *Chemical Geology*, v. 237, p. 168-190, 2007.
- PAZOS, P. J.; BETTUCCI, L. S.; LOUREIRO, J. The neoproterozoic glacial record in the Río de la Plata Craton: a critical reappraisal. *Geological Society*, London, v. 294, p. 343-364, 2008. Special Publications.
- PETRI, S.; COIMBRA, A. M.; OJEDA, H. O.; FULFARO, V. J.; PONÇANO, W. L. Guia de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 16, p. 376-415, 1986.
- RIBEIRO FILHO, W.; LUZ, J. S.; ABREU FILHO, W. *Relatório final do Projeto Serra Azul*. Brasília: Ministério de Minas e Energia, Departamento Nacional de Produção Mineral e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1975. 104 p. v. 1.
- TRINDADE, R. I. F.; MACOUIN, M. Palaeolatitude of glacial deposits and palaeogeography of neoproterozoic ice ages. *C.R. Geoscience*, v. 339, p. 200-211, 2007.