



ISÓTOPOS DE C, O E SR COMO INDICADORES DE SUPERFÍCIES ESTRATIGRÁFICAS NA PLATAFORMA CARBONÁTICA ARARAS, NEOPROTEROZÓICO DA FAIXA PARAGUAI, SUL DO CRÁTON AMAZÔNICO

Nogueira^{1*}, A. C. R., Riccomini², C., Sial³, A. N., Moura⁴, C. A. V.

1. Departamento de Geociências Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo O.J. Ramos, 3000, Coroado, 69077-000, Manaus, AM, Brasil; anogueira@ufam.edu.br
2. Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 562, 05508-080, São Paulo, SP, Brasil; riccomin@usp.br
3. NEG-LABISE, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, CP 7852, 50670-000, Recife, PE, Brasil; ans@ufpe.br
4. Laboratório de Geologia Isotópica-Pará-Iso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CP 1611, 66.075-900, Belém, PA, Brasil; c_moura@ufpa.br

Palavras-chave: Isótopos de C, O e Sr, Superfície estratigráfica, Grupo Araras, Faixa Paraguai, Cráton Amazônico.

INTRODUÇÃO

Variações isotópicas de carbono, oxigênio e estrôncio são comumente utilizadas como marcadores paleoambientais e na elaboração de arcabouços quimioestratigráficos de sucessões carbonáticas neoproterozóicas (Jacobsen & Kaufman, 1999). Os valores quando considerados primários são interpretados como representativos da composição isotópica da água do mar, enquanto que as variações ao longo da sucessão refletiriam as mudanças desta composição através do tempo geológico. Estas modificações de grande escala são facilmente observadas em sucessões espessas, enquanto que na escala de afloramento importantes excursões isotópicas têm sua resolução reduzida quando incluídas em curvas isotópicas gerais. Além disso, a falta de um arcabouço estratigráfico detalhado não permite interpretar a sua provável origem. A avaliação de isótopos de C, O e Sr em conjunto com a análise de fácies e estratigráfica da porção inferior da sucessão carbonática neoproterozóica do Grupo Araras, permitiu deduzir que importantes excursões isotópicas podem ser utilizadas como marcadores de superfícies estratigráficas e parecem representar uma resposta aos eventos deposicionais ou diagenéticos.

As rochas carbonáticas do Grupo Araras estão expostas ao longo da borda sul do Cráton Amazônico e porção norte da Faixa Paraguai, estado do Mato Grosso. Alcançam mais de 600 m de espessura, sobrepoem diamictitos correlatos à glaciação *Marinoan* (625-600 Ma), e incluem a primeira e bem documentada sequência de capa carbonática da América do Sul inserida na hipótese de *snowball Earth* para as glaciações neoproterozóicas (Nogueira *et al.*, 2003). (Fig. 1). O Grupo Araras foi depositado em plataforma marinha profunda a rasa, sendo constituído pelas formações Mirassol d'Oeste, Guia, Serra do Quilombo e Nobres (Fig. 1).

VARIAÇÕES DE ISÓTOPOS DE C, O E Sr Comportamento geral

Valores de $\delta^{13}\text{C}$ para a sucessão Araras, interpretados como representativo da água do mar original ($\delta^{18}\text{O} > -10\text{‰}$), exibe uma tendência de valores fortemente

negativos em torno de -9‰ na base a valores enriquecidos em composições de ^{13}C em direção ao topo da sucessão quando alcança valores acima de 0‰ (Fig. 1). A sucessão da capa carbonática, depositada em plataforma profunda, é composta de depósitos de dolomitos finos (Formação Mirassol d'Oeste) sobreposta por calcários finos rico em crostas e cimento (base da Formação Guia). Estas rochas exibem valores de $\delta^{13}\text{C}$ em torno de -5‰ e estruturas sedimentares anômalas como estrutura em tubo, pseudo-*tepee* e leques de cristais de calcita considerados como pseudomorfos de aragonita. A sucessão de calcários finos e folhelhos betuminosos de plataforma profunda (Formação Guia) apresenta uma curva homogênea de isotopo de C, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ em torno de $-2,5$ a -1‰ . Para o topo da sucessão, os valores tendem a ser positivos ($+0,1$ to $+0,3\text{‰}$) nos dolomitos e brechas de plataforma moderadamente profunda a rasa (Formação Serra do Quilombo), porém exibem oscilações para valores negativos nos depósitos de perimaré (Formação Nobres). Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ seguem o *trend* geral do carbono, com valores aumentando para o topo da sucessão, desde $0,7074$ a $0,7088$ (Fig. 1).

Superfícies estratigráficas

Próximo das superfícies estratigráficas (S), associadas aos depósitos de plataforma profunda da sequência de capa carbonática (Sequência 1), o comportamento isotópico de C e O alcança picos anômalos (Fig. 2). Os valores de ^{18}O são mais elevados, situados entre -6 a -2‰ . Os valores de ^{13}C são mais empobrecidos e situam-se entre $-6,7$ a $-8,9\text{‰}$. Os valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ são sempre mais elevados, superiores a $0,709$ e esporadicamente entre $0,707$ e $0,708$. Carbonatos cristalinos marcam as S1, S2 e S3 indicando a presença de fluidos diagenéticos (eodiagenéticos ou mesodiagenéticos) que promoveram processos de neomorfismo e dolomitização e, conseqüentemente, podem ter modificado as composições originais de C e Sr. Estes processos foram favorecidos pelos múltiplos eventos deposicionais registrados por estas superfícies relacionados à deformação sinsedimentar, soerguimento, erosão e inundação (Fig. 2)

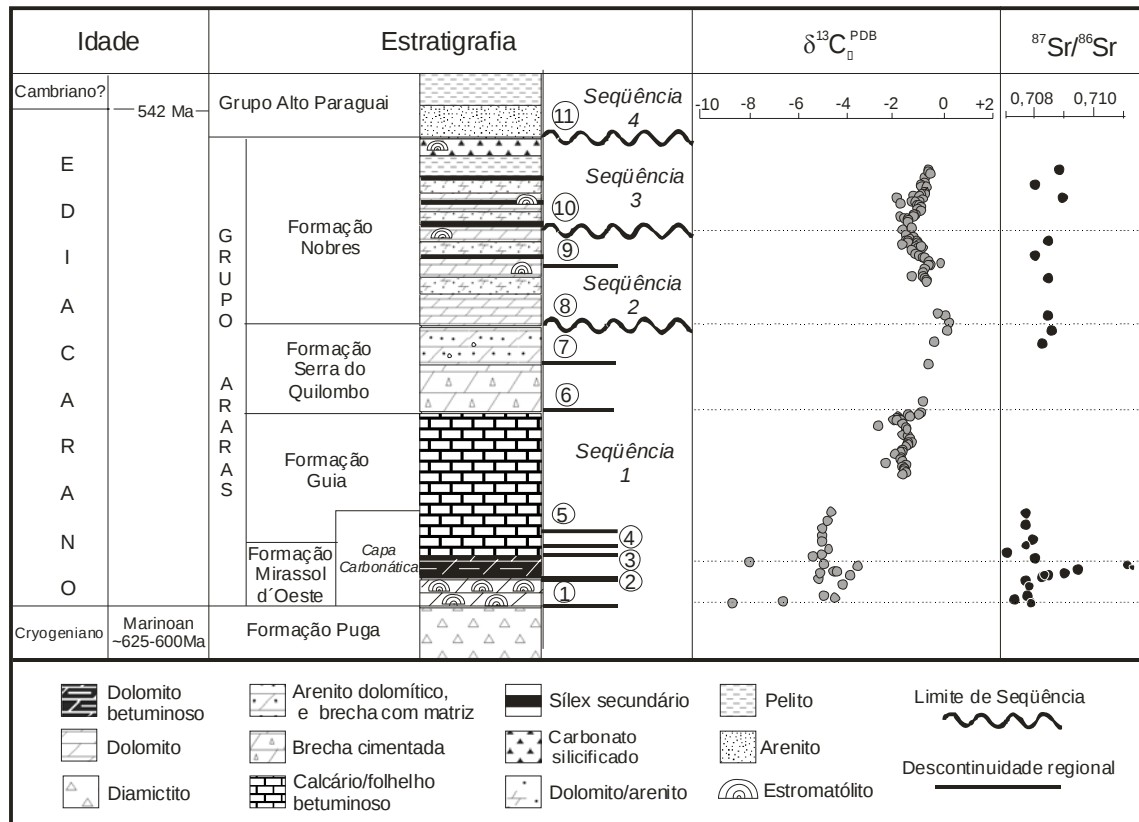


Figura 1. Estratigrafia generalizada do Grupo Araras mostrando a nomenclatura estratigráfica, superfícies estratigráficas e dados gerais de carbono (144 amostras de 4 seções) e estrôncio (18 amostras de 2 seções). A sequência 1, considerada uma sequência de capa carbonática, é a unidade analisada neste trabalho. As espessuras não estão em escala.

A S1 é a base da capa carbonática e representa uma superfície de inundação marinha formada após a glaciação Puga (Fig. 1, 2). Os valores depletados de $\delta^{13}\text{C}$, em torno de -5‰, representam a excursão negativa típica das capas dolomíticas encontradas em todo o mundo interpretada como produto de ressurgência, decréscimo da produtividade biológica no modelo de *snowball Earth* e desestabilização de hidratos de gás (Kennedy *et al.* 2001, Hoffman & Schrag 2002). Por outro lado, os valores fortemente empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$, associados à superfície 1, representam provavelmente um artefato diagenético superimposto ao valor médio primário de -5‰ das capas carbonáticas. Uma tendência de enriquecimento isotópico logo acima da superfície é interpretada como uma resposta ao evento transgressivo pós-glacial (Fig. 2).

A S2 assim como as S4 e S5 não são marcadas por variações de carbono expressivas. Entretanto, a S2 é marcada por um aumento na concentração de Sr acima de 0,709 (Fig. 2). Interpretadas como limites de fácies, estas superfícies sem expressão regional não envolvem significativo tempo de formação e por isso podem não registrar variações isotópicas expressivas.

A S3 representa o início do evento transgressivo marcado por uma excursão negativa com valores acima de -8‰ (Fig. 2). Em seguida os valores tornam-se mais enriquecidos, em torno de -5‰ (Fig. 2). As rápidas

subidas do nível do mar eustático são refletidas diretamente nas deflexões abruptas das razões isotópicas de carbono. A rápida mistura dos $\delta^{13}\text{C}$ depletados de águas profundas com águas rasas por ressurgência é outra hipótese para o empobrecimento isotópico inicial que marca a S2. A superfície 3 também marca o aparecimento dos primeiros níveis ricos em cimento e crostas aragoníticas, indicando um evento de supersaturação em CaCO_3 . O aumento na concentração de CaCO_3 é outro fator que pode ser considerado com indutor do empobrecimento dos valores de $\delta^{13}\text{C}$.

A S6 é marcada por composições isotópicas que mostram um rápido enriquecimento, variando de -1,5‰ para -0,5‰. Este enriquecimento é compatível tanto com um *trend* transgressivo associado à inundação máxima, quanto com eventuais modificações impostas pelos eventos de sismicidade (Fig. 2).

O aumento no valor de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ é um forte indício de modificação diagenética (Jacobsen & Kaufman, 1999). Estes valores altos diferem consideravelmente do valor médio encontrado para cada associação de fácies (Fig. 2). Valores $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de amostras próximas às S1, S2 e S3, dentro da associação de plataforma, mostram um aumento desde 0,708 até valores acima de 0,711 (Fig. 2). Mesmo as amostras consideradas inalteradas pelo critério do $\delta^{18}\text{O}$ (>-10‰) divergem da média e tendem a mostrar uma grande variação se comparados com os valores de δ



^{13}C (Fig. 2) sugerindo, provavelmente, que se tratam de valores alterados diageneticamente.

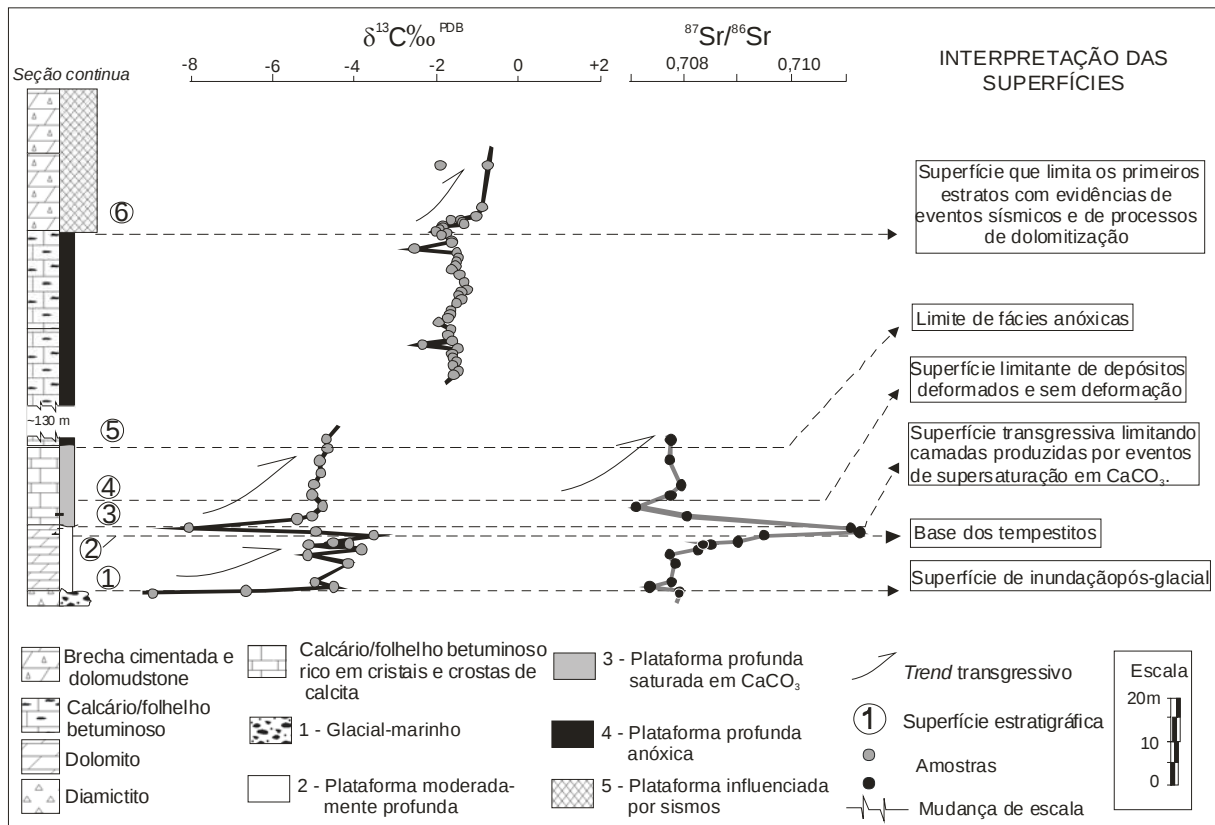


Figura 2. Resposta isotópica de C e Sr com relação às superfícies estratigráficas da sequência de capa carbonática. Note que as excursões negativas anômalas de $\delta^{13}\text{C}$ e aumentos abruptos dos valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ são correlacionados diretamente com as superfícies. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ acima das superfícies 1, 3, 5 e 6 mostram um padrão de enriquecimento correlato aos eventos transgressivos. Este comportamento é refletido em picos de redução dos valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

CONCLUSÕES

As variações dos valores isotópicos de carbono, oxigênio e estrôncio se revelaram como poderosas ferramentas na composição do arcabouço estratigráfico do Grupo Araras. De fundamental importância foi a constatação de que os valores isotópicos apresentam variações bruscas positivas ou negativas próximos às superfícies estratigráficas que parecem refletir os eventos de inundação, transgressão, erosão que caracterizam a gênese destas superfícies, ou ainda diagênese. Esta aplicação dos isótopos estáveis abre perspectivas para o entendimento do significado das composições isotópicas associadas às superfícies estratigráficas comumente encontradas em sucessões carbonáticas neoproterozóicas.

REFERÊNCIAS

- Hoffman, P.F., Schrag, D.P., 2002. The Snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. *Terra Nova*. 14, 129-155.
- Jacobsen, S.B., Kaufman, A.J., 1999. The Sr, C and O isotopic evolution of Neoproterozoic seawater. *Chem. Geol.* 161, 37-57.
- Kennedy, M.J., Christie-Blick, N., Sohl, L.E., 2001. Are Proterozoic cap carbonates and isotopic excursions a record

of gas hydrate destabilization following Earth's coldest intervals?. *Geology*. 29, 443-446.

- Nogueira, A.C.R., Riccomini, C., Sial, A.N., Moura, C.A.V., Fairchild, T.R., 2003. Soft-sediment deformation at the Neoproterozoic Puga cap carbonate (southwestern Amazon Craton, Brazil): conformation of rapid icehouse to greenhouse transition in snowball Earth. *Geology*. 31, 613-616.