

# Idade deposicional da Formação Bananeiras (Bacia de Sergipe-Alagoas): uma aplicação do método radiométrico Rb-Sr em rochas sedimentares

*Depositional age of the Bananeiras Formation (Sergipe-Alagoas Basin): an attempt to apply the Rb-Sr radiometric method to sedimentary rocks*

Diogo Rodrigues Andrade da Silva | Ana Maria Pimentel Mizusaki | Edison José Milani | Colombo Celso Gaeta Tassinari

## resumo

As rochas sedimentares podem ser datadas de maneira relativa a partir dos fósseis nelas existentes ou por correlação estratigráfica. Quando estas não têm um conteúdo fossilífero diagnóstico ou quando a correlação não é possível nem conclusiva, a tarefa de estimar a época de deposição de uma determinada rocha fica inviável. O método das isócronas Rb-Sr em rocha total tem sido aplicado, com sucesso, em rochas sedimentares de granulometria fina visando à obtenção de idades deposicionais. Em muitos casos, apesar dos resultados geologicamente significativos, ainda persistem dúvidas em relação à extensão e interpretação dos dados obtidos. Isto ocorre porque as rochas sedimentares resultam da mistura de fragmentos detríticos de diversas proveniências com diferentes sistemas isotópicos, conseqüentemente, já contendo um registro isotópico da rocha fonte. No entanto, verifica-se que é possível obter idades absolutas para o evento

deposicional desde que sejam observados alguns pré-requisitos em relação à amostragem, granulometria, ambiente deposicional e composição mineralógica das amostras, entre outros. Para aprimorar a metodologia e obter novos parâmetros para a datação radiométrica Rb-Sr em rochas sedimentares, foram analisadas amostras de folhelho da seção pré-rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas, estratigraficamente posicionadas na porção inferior da Formação Bananeiras. A isócrona obtida indicou valor de  $227,1 \pm 2,2$  Ma (Neotriássico) que foi interpretado como idade deposicional. Este dado, inédito, traz importantes implicações aos esquemas paleogeográficos anteriormente estabelecidos, uma vez que essa unidade sedimentar era tradicionalmente considerada como tendo idade neojurássica.

(originais recebidos em 08.08.2006)

**Palavras-chave:** Formação Bananeiras | Bacia de Sergipe-Alagoas | idade deposicional | método Rb-Sr

## abstract

*The Rb-Sr whole rock isochron methodology has been successfully applied to estimate the age of argillaceous, fine grained sedimentary rocks. In many cases age values obtained by this methodology seem to have geological significance, because this methodology provides ages in fair agreement with fossil content or with biostratigraphic interpretations. In spite of these promising results, some concerns regarding the extension and interpretation of the data still remain. This is due to the fact that sedimentary rocks result from the mixing of associated detrital fragments with different origins. Nevertheless, reasonable absolute ages of the depositional event can be obtained when criteria such as sampling, granulation, depositional environment and mineralogical composition of the samples are observed. In order to improve the methodology application to sedimentary rocks in the search for answers to some questions samples were collected from the Bananeiras Formation - the pre-rift shale section of the Sergipe-Alagoas Basin. The use of the Rb-Sr whole rock isochron methodology suggests that  $227.1 \pm 2.2$  Ma (Late Triassic) is the depositional age of the unit. This unprecedented result has important implications to the paleogeographic schemes previously established, considering that this pre-rift unit has been traditionally considered Late Jurassic in age.*

*(expanded abstract available at the end of the paper)*

**Keywords:** Bananeiras Formation | Sergipe-Alagoas Basin | depositional age | Rb-Sr method

## introdução

As rochas sedimentares podem ser datadas de maneira relativa a partir dos fósseis nelas existentes ou por correlação estratigráfica. Quando estas não têm um conteúdo fóssilífero diagnóstico ou quando a correlação não é possível nem conclusiva, a tarefa de estimar a época de deposição de uma determinada rocha fica inviável. Em tais casos, os métodos radiométricos, usualmente aplicados em rochas ígneas e metamórficas para obtenção de idades absolutas, têm sido tentativa-

mente utilizados visando à definição de idades deposicionais e/ou de fases diagenéticas de rochas sedimentares (Cordani *et al.* 1978; Thomaz Filho e Lima, 1979; Silva *et al.* 2006).

A datação radiométrica de rochas sedimentares pelo método Rb-Sr é uma das técnicas que tem fornecido resultados geologicamente significativos desde que sejam respeitados alguns pré-requisitos, tais como: excelente controle estratigráfico da amostragem, baixa relação silte/argila e mineralogia na fração fina das amostras enriquecida em argilominerais expansivos (esmectita, interestratificado ilita-esmectita e ilita degradada) (Whitney e Hurley, 1964; Byscae e Dasch, 1971; Cordani *et al.* 1978; Morton, 1985; Mizusaki *et al.* 1998). Entretanto, ainda persistem questionamentos em relação à possibilidade desta aplicação e à validade dos resultados quando obtidos, uma vez que rochas sedimentares são misturas de fragmentos de rochas pré-existentes, conseqüentemente, já contendo um registro isotópico da rocha fonte primordial.

Dentre os questionamentos existentes podem-se citar: o papel da composição mineralógica, a uniformização isotópica do estrôncio no ambiente deposicional, as frações granulométricas e as oxidações, dentre outros. Pela importância e significado dos resultados de idade absoluta em seções sedimentares, servindo como elo de amarração a seções de referência internacionais, é necessário investir-se nesta linha de pesquisa, visando consolidar a geocronologia isotópica em rochas sedimentares.

Neste sentido, foram aqui analisadas amostras de rochas siliciclásticas de granulação fina provenientes de uma região geologicamente bem conhecida, visando à obtenção de sua idade deposicional.

## a seção pré-rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas

A Bacia de Sergipe-Alagoas situa-se na região Nordeste do Brasil e compreende uma área de 35 000 km<sup>2</sup>, sendo aproximadamente dois terços destes na porção da plataforma continental

e em águas profundas (fig 1). Dentre as bacias da margem continental brasileira, a de Sergipe-Alagoas é a que abriga o registro estratigráfico mais completo. Localmente, preservados da erosão pelo abatimento de blocos ocorrido durante o rifteamento, aparecem unidades do Neoproterozóico e Paleozóico como remanescentes da ampla sedimentação que outrora recobriu grandes extensões do paleocontinente Gondwana. Estão também documentadas na bacia as seções completas das clássicas seqüências pré-rifte, rifte e drifte (fig. 2).

A evolução tectono-sedimentar da margem continental brasileira, a partir da fragmentação mesozóica do Gondwana (Reativação Wealdeniana, Almeida, 1967), tem sido interpretada por diferentes autores (e.g., Asmus e Porto, 1980; Chang *et al.* 1990). Um aspecto comum a todos os modelos propostos é a presença de uma seção pré-rifte. Por pré-rifte – aí se incluem as rochas estudadas neste trabalho – se entende o pacote sedimentar acumulado numa ampla e

rasa bacia de origem flexural; tal depressão tem sua origem associada tectonicamente ao processo distensivo em ampla escala, que culminaria a seguir na fase rifte e na separação continental. Ao tempo da sedimentação pré-rifte, os falhamentos normais eram ainda pouco freqüentes e de rejeitos pouco expressivos. Esta ampla bacia foi denominada “Depressão Afro-Brasileira” por Cesero *et al.* (1972, *apud* Cesero *et al.* 1997) e ali se depositaram sedimentos de natureza continental correspondentes a depósitos fluviais, localmente retrabalhados eolicamente, e lacustres muito rasos, todos com características de *red beds*.

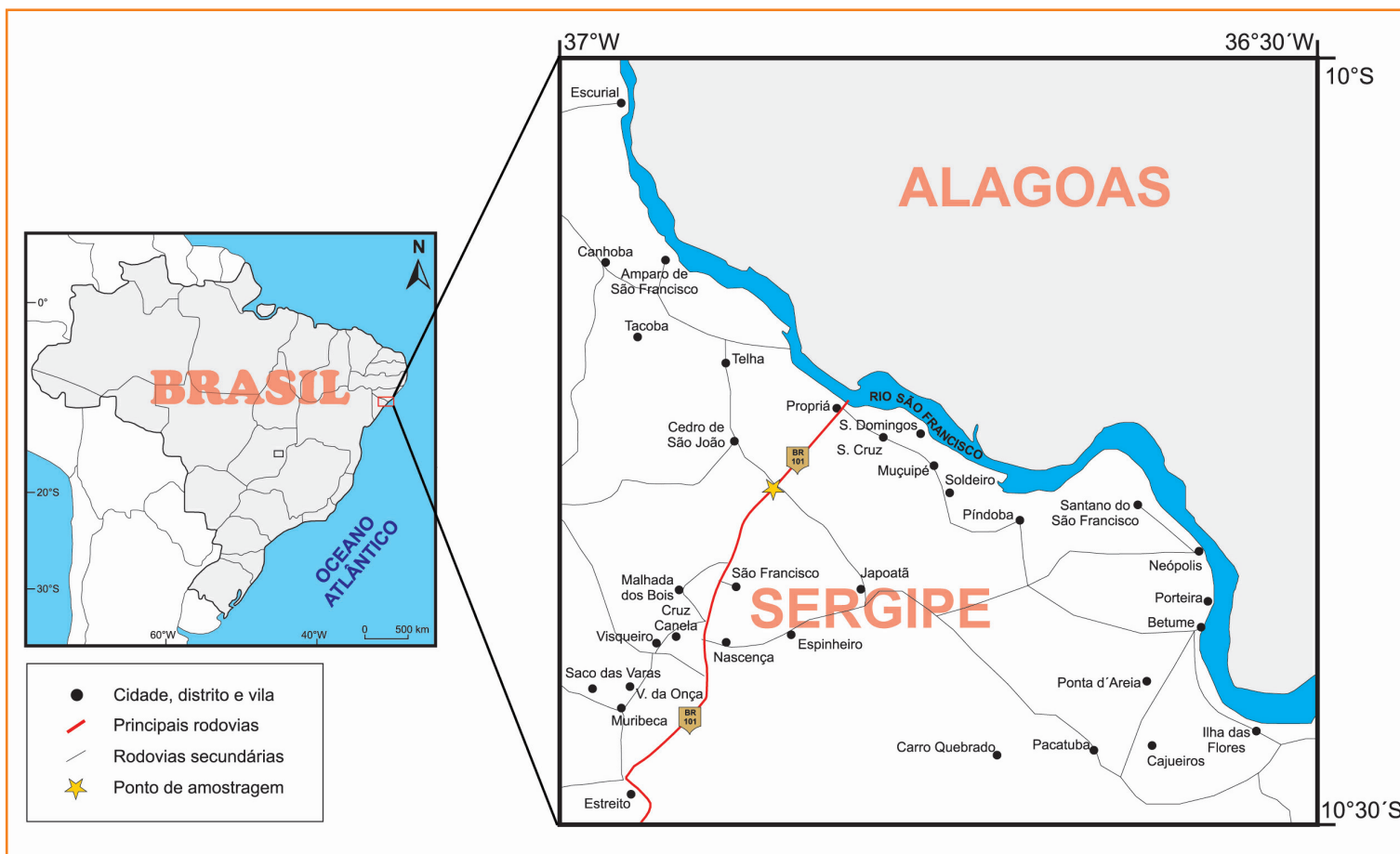
Em termos litoestratigráficos, a seção pré-rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas corresponde ao Grupo Perucaba (Feijó, 1994) que inclui as formações Candeeiro, Bananeiras e Serraria. Nessa concepção, a Formação Candeeiro, arenosa, é a unidade basal que se sobrepõe discordantemente aos remanescentes sedimentares pré-mesozóicos ou diretamente sobre o embasamento pré-cambri-

Figura 1

Mapa de situação da Bacia de Sergipe-Alagoas e localização do afloramento da Formação Bananeiras na rodovia BR-101 – proximidades da Vila Bananeiras (SE) – local de coleta das amostras analisadas neste trabalho (Latitude 10°18'52”S – Longitude 36°53'43”W).

Figure 1

Map of the Sergipe-Alagoas Basin and position of the Bananeiras Formation outcrop at BR-101 road – near Vila Bananeiras (SE) – location of the collected samples (Lat. 10°18'52”S – Long. 36°53'43”W).



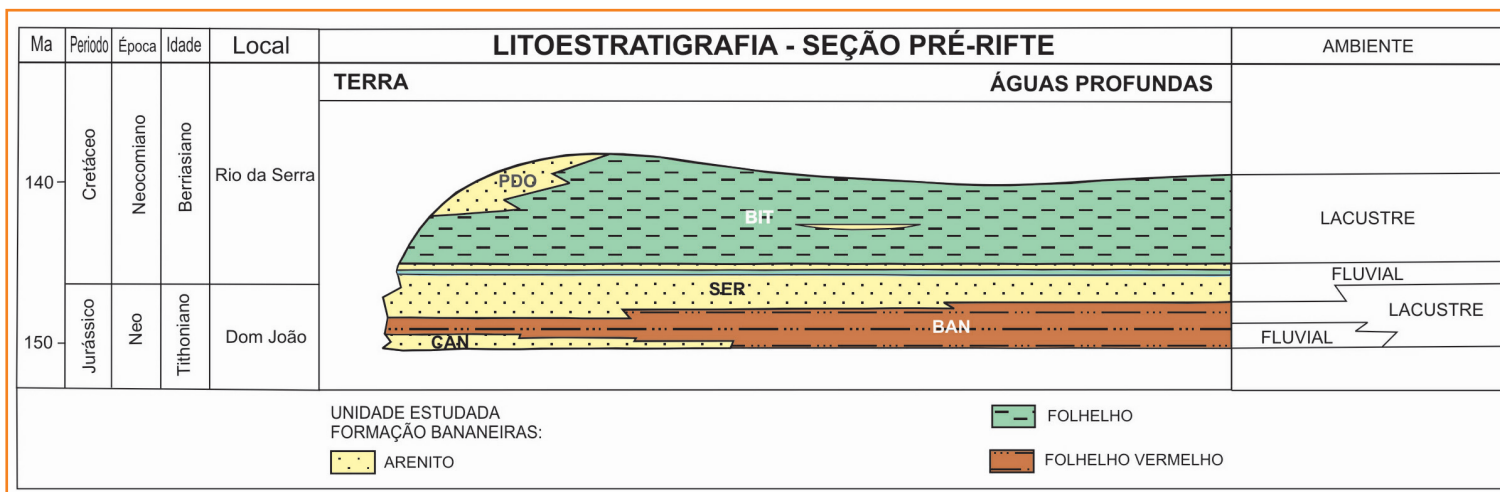


Figura 2

Intervalo inferior da carta estratigráfica da Sub-bacia de Sergipe (adaptado de Mendes, 1994; Feijó, 1994 e Carvalho, 2001).

Figure 2

Lower interval of the stratigraphic column, Sergipe Sub-basin (adapted from Mendes, 1994; Feijó, 1994 and Carvalho, 2001).

ano, e que é recoberta de maneira transicional pela Formação Bananeiras, predominantemente pelítica. Onde a Formação Candeeiro está ausente, é a Formação Bananeiras que assenta em discordância sobre unidades mais antigas. O ciclo pré-rifte culmina com a Formação Serraria, de natureza arenosa e que exibe contato gradacional com a unidade anterior.

A Formação Bananeiras, unidade sedimentar que é o foco deste trabalho, foi definida por Schaller (1969) na Revisão Estratigráfica da Bacia de Sergipe-Alagoas, embora já houvesse sido citada de maneira informal por Perrella *et al.* (1963, *apud* Schaller, 1969). É constituída por folhelho vermelho, vermelho acastanhado e arroxeadado, mosqueado de verde claro, síltico, por vezes micromicáceo e com fissilidade pouco definida. A espessura da Formação Bananeiras varia até um máximo de 200 m, com uma tendência regional de adelgaçamento no sentido norte (fig. 3). Estratigraficamente correlata à Formação Aliança da Bacia do Recôncavo, são ambas unidades consideradas de idade neojurássica com base em seu conteúdo de ostracodes não-marinhos que neste caso correspondem à biozona RT-001, Andar Dom João da Série do Recôncavo (Viana *et al.* 1971).

A correlação do zoneamento bioestratigráfico da Série do Recôncavo a esquemas internacionais de referência, buscando definir a idade da seção, é tema bastante discutido e com inúmeras questões ainda em aberto (Regali e Viana, 1989; Arai *et al.* 1989). Particularmente para o

caso da seção pré-rifte, Arai *et al.* (1989) asseguram que "... não existe elemento de datação para assegurar a idade neojurássica para o Andar Dom João...". Esses mesmos autores lembram que unidades equivalentes na Bacia do Gabão foram datadas como Jurássico médio pela Palinologia (Wenger, 1973, *apud* Arai *et al.* 1989). O fato é que as características endógenas do conteúdo micropaleontológico de ostracodes não-marinhos, sobre as quais se apóia o esquema bioestratigráfico da Série do Recôncavo, associado a um conteúdo pouco variado e pouco abundante de palinomorfos, não se prestam a um avanço maior do que aquele já obtido em termos de correlação a seções de referência e definição de idades. É fundamental perseguirem-se tentativas de datar as rochas dessa seção, como forma de se obter determinações geocronológicas, e definir a questão do seu posicionamento em termos de idade absoluta.

## o método radiométrico Rb-Sr em rochas sedimentares

O rubídio (Rb), juntamente com o lítio (Li), sódio (Na), potássio (K), céσιο (Cs) e frâncio (Fr), compõem o grupo I (metais alcalinos) da tabela periódica. Trata-se de um elemento químico que,

na natureza, não forma minerais próprios. Assim sendo, sempre é encontrado como impureza nos minerais potássicos (muscovita, biotita, lepidolita, ilita e feldspato potássico). Esse comportamento resulta do fato do raio iônico do Rb (1,48 Å) ser muito semelhante ao raio do K (cerca de 11% maior que o do K). O Rb apresenta propriedades mais alcalinas do que o K, fato este importante quando da adsorção desses elementos pelos argilominerais. Ele apresenta dois isótopos de ocorrência natural:  $^{85}\text{Rb}$  (isótopo estável) e  $^{87}\text{Rb}$  (isótopo instável).

O estrôncio (Sr) é um elemento químico do grupo II da tabela periódica que inclui os elementos alcalinos terrosos: berílio (Be), cálcio (Ca), bário (Ba) e rádio (Ra). O raio iônico do Sr (1,13 Å) tem valor próximo do íon Ca (0,99 Å), sendo o Sr aproximadamente 13% maior que o Ca. Assim sendo, torna-se possível a substituição do íon Ca pelo íon Sr em minerais como plagioclásio, apatita e calcita. O elemento Sr pode formar diversos minerais próprios, dos quais somente a estroncianita ( $\text{SrCO}_3$ ) e a celestita ( $\text{SrSO}_4$ ) são importantes pela massa que perfazem. O Sr apresenta quatro isótopos de ocorrência natural:  $^{84}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$  e  $^{88}\text{Sr}$  – isótopos não radiogênicos – e  $^{87}\text{Sr}$  – isótopo radiogênico.

O método radiométrico Rb-Sr relaciona-se ao processo de desintegração radioativa de um isótopo pai ou radioativo (Rb de massa 87) que se transforma em um isótopo filho ou radiogênico (Sr de massa 87). Esta desintegração radioativa se processa segundo uma constante de decai-

mento  $\lambda$ , de valor conhecido, da ordem de  $1,42 \times 10^{-11} \cdot \text{ano}^{-1}$ , que corresponde a uma meia-vida de 48,8 Ga no caso do  $^{87}\text{Rb}$ .

O método radiométrico Rb-Sr é tradicionalmente aplicado para determinação de idades absolutas de rochas ígneas, pelo fato das condições de formação destas serem de alta temperatura. No caso da cristalização de um magma, o  $^{87}\text{Sr}$  radiogênico possui considerável mobilidade e migra entre as fases minerais enquanto a temperatura for superior a  $350^\circ \text{C}$ . Como resultado, ocorre um fenômeno chamado homogeneização isotópica do Sr, o qual é interrompido pelo resfriamento da rocha considerada. Assim, a idade Rb-Sr estará relacionada a este processo de fechamento do sistema obtido no evento de cristalização da rocha.

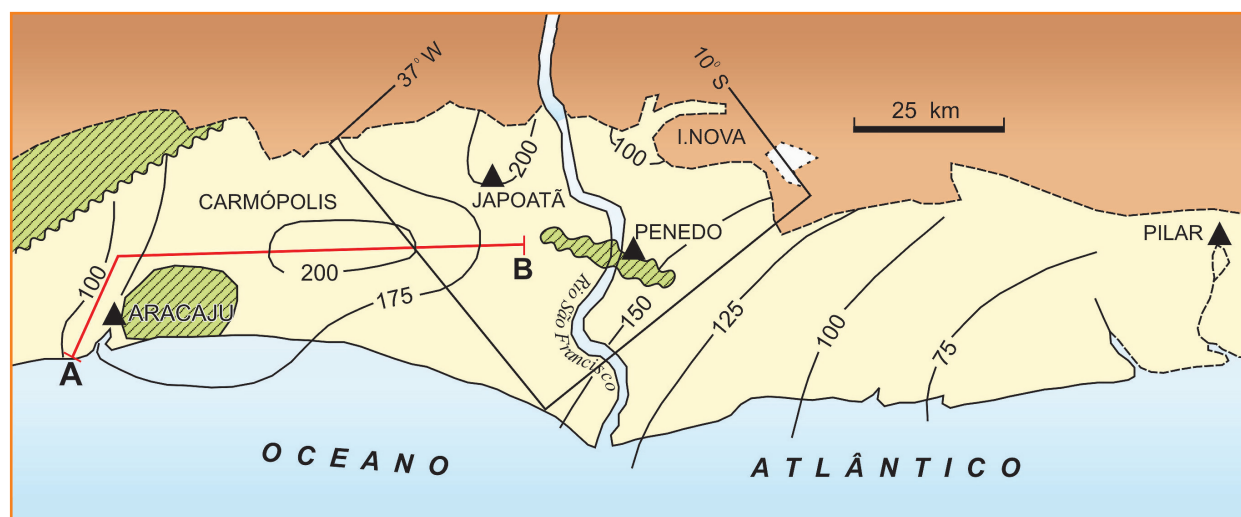
Uma particularidade que deve ser levada em consideração reside no fato de que, em qualquer processo de cristalização a partir de um magma, existem quantidades de Sr inicial que conferem àquele sistema uma proporção isotópica ou razão inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ . Assim, para rochas cuja razão inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  for conhecida ou convencionalizada, análises individuais fornecem a idade convencional da amostra. Alternativamente, se o conhecimento das condições de geração do magma não for preciso, não podem ser arbitradas razões isotópicas iniciais. A idade resultará então da linha de melhor ajuste entre diversos pontos plotados num diagrama isocrônico, que possui no eixo X as razões  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  e no eixo Y as proporções  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  das amostras consideradas.

Figura 3

Mapa de isópocas (em metros) da Formação Bananeiras, Bacia de Sergipe-Alagoas (simplificado de Schaller, 1969). O polígono refere-se à localização da área de coleta das amostras analisadas (mostrada na figura 1). O traço A-B indica a posição da seção de correlação mostrada na figura 4.

Figure 3

Isopachs map (in meters) of the Bananeira Formation, Sergipe-Alagoas Basin (simplified of Schaller, 1969). The polygon indicates the area where the analyzed samples were collected (shown on figure 1). Trace A-B indicates the position of the correlation section showed on Figure 4.





No ambiente sedimentar, caracterizado por temperaturas mais baixas, o comportamento dos íons de Rb e Sr é diferenciado. O Rb é mais facilmente adsorvido pelos argilominerais, enquanto o Sr tende a ser liberado da estrutura cristalina dos minerais para os fluidos intersticiais. Supõe-se que esta característica favoreça o processo de homogeneização isotópica do Sr no momento da deposição dos sedimentos numa determinada bacia, condição necessária para a datação radiométrica Rb-Sr (Compston e Pidgeon, 1962; Faure, 1986; Mizusaki, 1992).

Considerando-se válida a suposição da homogeneização isotópica do Sr nos sedimentos, no momento da deposição, o sucesso de uma datação radiométrica pelo método Rb-Sr em rochas sedimentares depende – como salientam Mizusaki (1992), Mizusaki *et al.* (1998) e Cordani *et al.* (2004) – da seleção de amostras com alto teor de fração argila, composta por argilominerais expansivos como a esmectita e o interestratificado ilita-esmectita amostradas segundo as recomendações de Thomaz Filho e Lima (1979).

(Latitude: 10°18'52"S e Longitude: 36°53'43"W) para serem analisadas pelo método radiométrico Rb-Sr. Os critérios de Thomaz Filho e Lima (1979) e Mizusaki (1992) foram seguidos, ou seja, amostragem em intervalos regulares, centimétricos, ausência de carbonatos e de minerais potássicos tais como micas e feldspatos potássicos.

Das 12 amostras originais, foram selecionadas seis com base nos resultados das análises de difratometria de raios X (DRX) e nas características macroscópicas visuais. Neste caso, foram as amostras com maior teor semiquantitativo de argilominerais expansivos bem como ausência de carbonatos, micas e feldspatos potássicos. Em seguida, procedeu-se à análise isotópica das seis amostras que também apresentaram variadas razões Rb/Sr, conforme sugerido por Mizusaki *et al.* (1998). A análise isotópica visou à determinação dos teores em ppm dos elementos Rb e Sr e das razões  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  e  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ . Tais análises foram realizadas no Centro de Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP/IG/CPGeo).

Inicialmente, as amostras foram secas em estufa com temperatura controlada, atingindo no máximo 70° C, evitando-se assim danos na estrutura dos argilominerais, que poderiam prejudicar a análise isotópica. Em seguida procedeu-se:

- Determinação semiquantitativa e quantitativa dos teores de Rb e Sr pela técnica da fluorescência de raios X;
- Dissolução total das amostras por digestão química e separação dos elementos Rb, Sr pela passagem em colunas com resina catiônica AG-50W-X8 da Bio Rad;

Figura 4

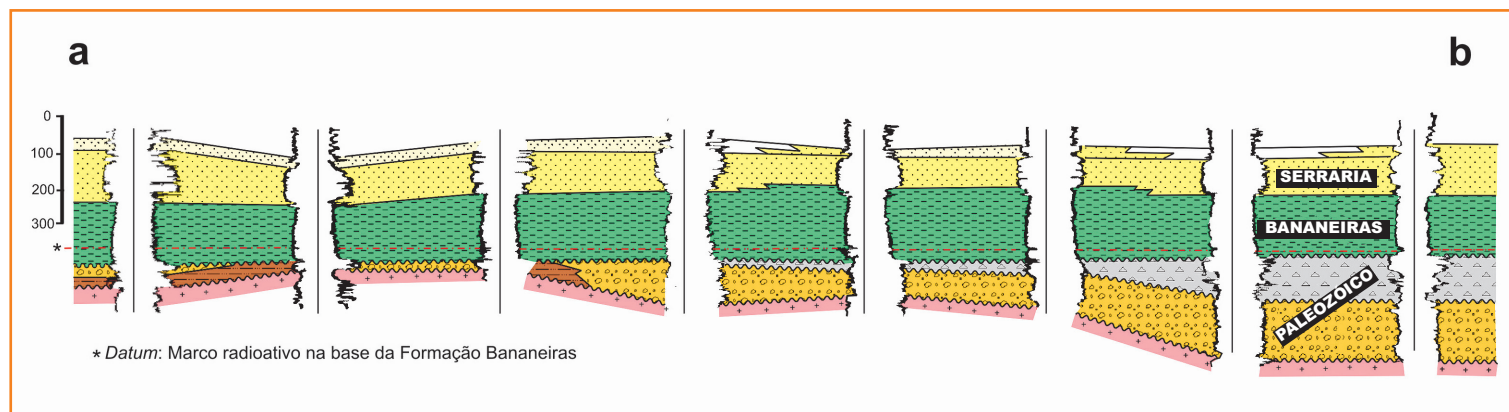
Seção de correlação de poços (ver localização na figura 3), ilustrando a distribuição da Formação Bananeiras em subsuperfície (modificado de Schaller, 1969).

Figure 4

Wells correlation section (see location on Figure 3), illustrating the distribution of the Bananeiras Formation in subsurface (modified from Schaller, 1969).

## amostragem e técnicas analíticas

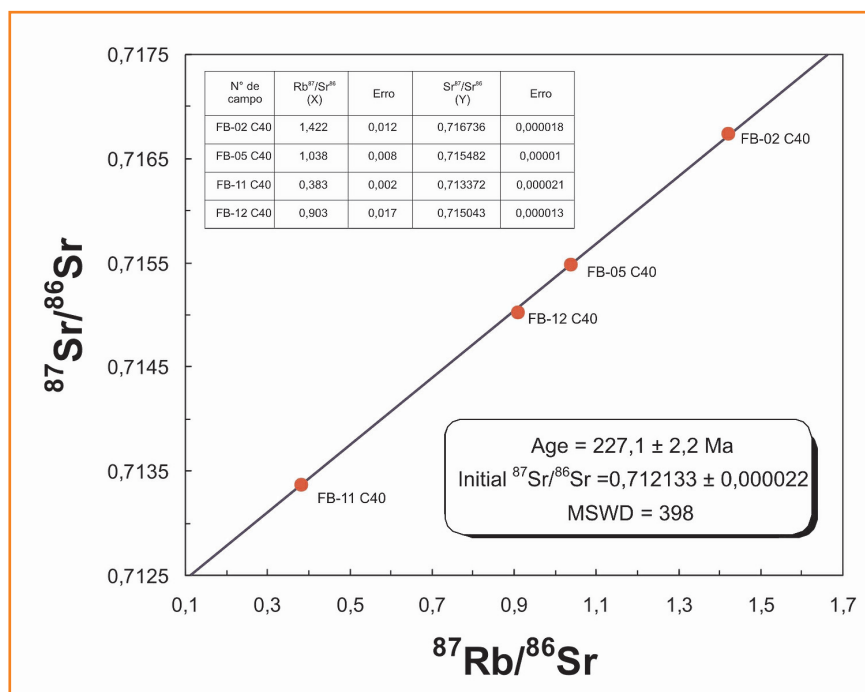
As amostras estudadas neste trabalho provêm da seção pré-rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas, estratigraficamente posicionadas na porção inferior da Formação Bananeiras (fig. 4). Foram coletadas 12 amostras em afloramento na rodovia BR-101, nas proximidades da Vila Bananeiras (SE),



- Análises das razões isotópicas em um espectrômetro Micromass VG 354 Multi-collector. Os elementos, separados nas colunas catiônicas, foram depositados em filamentos apropriados (simples de Ta para Rb e Sr) com ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) 0,25N e analisados no chamado "modo estático". Foram medidas 100 razões com feixe de íons da ordem de 1 V e com precisão externa baseada em padrão interno que é medido repetidamente sendo da ordem de 20 ppm ( $2\sigma$ ). Todas as análises foram ajustadas baseando-se nos padrões interno e externo NBS-987 (carbonato de estrôncio), com média de  $0,71028 \pm 0,00006$ . Durante as separações químicas processadas, os brancos de Sr foram inferiores a 150 picogramas (pg) enquanto os de Rb foram menores que 750 pg, valores considerados ideais.
- Construção do diagrama isocrônico com os resultados isotópicos obtidos para as amostras da Formação Bananeiras por meio do programa estatístico Isoplot (Ludwig, 2003).

## resultados

As amostras analisadas podem ser macroscopicamente caracterizadas como folhelhos de coloração avermelhada a esverdeada. As análises pela técnica da difratometria de raios X (na fração fina (FF)  $< 2\ \mu m$ ) permitiram identificar o predomínio do interestratificado ilita-esmectita com traços de ilita, esmectita e caolinita. Os resultados da aplicação da metodolo-



gia Rb-Sr em rocha total encontram-se na tabela 1. Os valores das amostras de Rb variam entre 86,8 e 102,3 ppm e de Sr entre 187,4 e 564,4 ppm. Os valores da razão  $^{87}Sr/^{86}Sr$  vão de 0,7133 a 0,7167 e os da razão  $^{87}Rb/^{86}Sr$  ficam entre 0,383 e 1,422.

As razões isotópicas obtidas para as amostras FB-02 C40, FB-05 C40, FB-11 C40 e FB-12 C40 da Formação Bananeiras foram plotadas no programa estatístico Isoplot (Ludwig, 2003), definindo uma isócrona que aponta para uma idade da rocha em  $227,1 \pm 2,2$  Ma (fig. 5). As amostras FB-01 C40 e FB-09 C40 não foram utilizadas para o traçado por terem razões muito próximas às das demais já presentes no diagrama.

Figura 5

Diagrama isocrônico para as amostras da Formação Bananeiras (modificado de Ludwig, 2003).

Figure 5

Isochron diagram of the Bananeiras Formation samples (modified from Ludwig, 2003).

Tabela 1

Razões isotópicas das amostras da Formação Bananeiras (Bacia de Sergipe-Alagoas). Os valores dos erros das razões isotópicas estão em SD absoluto.

Table 1

Isotopic ratios of the Bananeiras Formation sample (Sergipe-Alagoas Basin). Error values of the isotopic ratios are presented in absolute SD.

Amostra	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$^{87}Rb/^{86}Sr$	Erro	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Erro
FB-01 C40	86,8	209,6	1,2	0,014	0,715944	0,000011
FB-02 C40	92,0	187,4	1,422	0,012	0,716736	0,000018
FB-05 C40	87,0	242,8	1,038	0,008	0,715482	0,000010
FB-09 C40	93,4	356,3	0,759	0,002	0,714754	0,000018
FB-11 C40	74,7	564,4	0,383	0,002	0,713372	0,000021
FB-12 C40	102,3	328,1	0,903	0,017	0,715043	0,000013

## discussão dos resultados - implicações paleogeográficas

A idade isocrônica de  $227,1 \pm 2,2$  Ma (Neotriássico) obtida a partir das amostras da Formação Bananeiras é considerada como representativa da idade deposicional desta unidade; admite-se que o processo de uniformização isotópica do Sr foi penecontemporâneo ao processo de sedimentação. A ausência de alterações diagenéticas significativas da mineralogia original corrobora a validação do resultado como idade deposicional. Além disso, o reduzido erro estatístico (1%) registrado para as amostras analisadas é compatível com a aplicação do método Rb-Sr em rochas sedimentares, conforme discutido em Mizusaki (1992).

A idade absoluta de  $227,1 \pm 2,2$  Ma (Neotriássico) agora obtida, em caráter pioneiro, traz importantes implicações aos esquemas paleogeográficos anteriormente estabelecidos. A seção pré-rifte da Bacia de Sergipe-Alagoas era tradicionalmente considerada como tendo idade neojurássica. A Formação Bananeiras é classicamente correlacionada à Formação Aliança da seção pré-rifte da Bacia do Recôncavo, Bahia.

A Formação Aliança originalmente incluía três membros: Afligidos, Boipeba e Capianga. Aguiar e Mato (1990), com base em correlações regionais, conteúdo paleontológico e geocronologia, elevaram o Membro Afligidos à categoria de formação, individualizando os membros Pedrão (Permiano) e Cazumba (Permiano a Triássico ?) e propondo uma sedimentação extensa e contínua para a região.

O resultado geocronológico agora obtido para a Formação Bananeiras indica a possibilidade da presença de uma seção de idade triássica também na Bacia de Sergipe-Alagoas, ampliando a ocorrência de tal sedimentação na região abrangida pela "Depressão Afro-Brasileira" (Cesero *et al.* 1972 *apud* Cesero *et al.* 1997). A amplitude espacial e a abrangência temporal da bacia sedimentar implícitas neste conceito deve-

rão ser revistas à luz da constatação de idades triássicas extensivamente distribuídas no Nordeste brasileiro.

O prosseguir das investigações, ampliando a amostragem da seção pré-rifte, em curso na pesquisa de doutorado do primeiro autor, deverá consolidar estes novos conceitos geocronológicos na evolução da margem continental brasileira.

## agradecimentos

Diogo Rodrigues Andrade da Silva agradece à Petrobras pela bolsa de Mestrado concedida e ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) pela bolsa de Doutorado (em andamento).

## referências bibliográficas

AGUIAR, G. A. G.; MATO, L. F. Definição e relações estratigráficas da Formação Afligidos nas Bacias do Recôncavo, Tucano Sul e Camamu, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990. v. 1, p. 157-170.

ALMEIDA, F. F. M. **Origem e evolução da plataforma brasileira**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Produção Mineral. Divisão de Geologia e Mineralogia, 1967. 36 p. (DNPM. DGM. Boletim, 241).

ARAI, M.; HASHIMOTO, A. T.; UESUGUI, N. Significado cronoestratigráfico da associação microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1/2, p. 87-103, 1989.

ASMUS, H. E.; PORTO, R. Diferenças nos estágios iniciais da evolução tectônica da margem continental brasileira: possíveis causas e implicações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980. v. 1, p. 225-239.

BYSCAE, P. E.; DASCH, E. J. The rubidium, strontium, strontium isotope system in deep sea sediments:



- Argentina Basin. **Journal of Geophysical Research**, Washington, D.C., v. 76, n. 21, p. 5087-5096, 1971.
- CARVALHO, M. A. **Paleoenvironmental reconstruction based on palynological and palynofacies analyses of the Aptian-Albian succession in the Sergipe Basin, northeastern Brazil**. Heidelberg: Universität Heidelberg, 2001. 150 p. Tese (Doutorado).
- CESERO, P. de (Ed.); PONTE, F. C. (Coord.). Análise comparativa da paleogeologia dos litorais atlânticos brasileiro e africano. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1/2, p. 1-18, 1997.
- CHANG, H. K.; KOWSMANN, R. O.; FIGUEIREDO, A. M. F. Novos conceitos sobre o desenvolvimento das bacias marginais do Leste brasileiro. In: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. (Coord.). **Origem e evolução de bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: PETROBRAS. SEREC. CEN-SUD, 1990, p. 269-290.
- COMPSTON, W.; PIDGEON, R.T. Rubidium-Strontium dating of shales by the whole-rock method. **Journal of Geophysical Research**, Washington, D.C., v. 67, n. 8, p. 3493-3502, 1962.
- CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; THOMAZ FILHO, A. Applicability of the rubidium-strontium method to shales and related rocks. In: GEOLOGICAL TIME SCALE SYMPOSIUM, 106.6.; INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 25., 1976, Sydney. **Contributions to the Geologic Time Scale**. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1978. p. 93-117. (AAPG. Studies in Geology, 6).
- CORDANI, U. G.; MIZUSAKI, A. M. P.; KAWASHITA, K.; THOMAZ FILHO, A. Rb –Sr systematics of Holocene pelitic sediments and their bearing on whole rock dating. **Geological Magazine**, London, v. 141, p. 233-244, 2004.
- FAURE, G. **Principles of isotope geology**. 2 ed. New York: J. Wiley, 1986. 589 p.
- FEIJÓ, F. J. Bacia de Sergipe e Alagoas. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 149-162, 1994.
- LUDWIG, K. R. **Isoplot/Ex 3.00**: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley: Berkeley Geochronology Center, 2003. Disponível em: <<http://www.bgc.org/klprogrammenu.html>>. Acesso em 29 nov. 2006.
- MENDES, J. M. C. **Análise estratigráfica da seção neo-aptiniana/eocenomaniana (Fm. Riachuelo) na área do Alto de Aracaju e adjacências – Bacia de Sergipe/Alagoas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994. 166 p. Dissertação (Mestrado).
- MIZUSAKI, A.M.P. **Comportamento do Rb e do Sr em sedimentos recentes: implicação na datação radiométrica de rochas sedimentares**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1992. 134 p. Tese (Doutorado).
- MIZUSAKI, A. M. P.; KAWASHITA, K.; THOMAZ FILHO, A. Razão Isotópica  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  em sedimentos recentes: implicações na datação radiométrica das rochas sedimentares. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 75-88, 1998.
- MORTON, J. P. Rb-Sr evidence for punctuated illite-smectite diagenesis in the Oligocene Frio Formation, Texas Gulf. Coast. **Geological Society of America Bulletin**, New York, v. 96, n. 1, p. 114-122, Jan. 1985.
- REGALI, M. S. P.; VIANA, C. F. **Sedimentos do Neojurássico-Eocretáceo do Brasil: idade e correlação com a Escala Internacional**. Rio de Janeiro: PETROBRAS. SEDES. CEN-SUD, 1989. 95 p.
- SCHALLER, H. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe/Alagoas. **Boletim Técnico da PETROBRAS**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 21-86, 1969.
- SILVA, D. R. A.; MIZUSAKI, A. M. P.; ANJOS, S. M. C.; CONCEIÇÃO, R. V. O método radiométrico Rb-Sr aplicado em rochas sedimentares: o exemplo da Bacia do Paraná, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, 2006. No prelo.
- THOMAZ FILHO, A.; LIMA, V. Q. **Datação radiométrica de rochas sedimentares pelíticas**

**pelo método Rb-Sr.** Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES, 1979. Relatório interno.

VIANA, C. F.; GAMA JÚNIOR, E.; SIMÕES, I. A.; MOURA, J. A.; FONSECA, J. R.; ALVES, R. J. Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. **Boletim Técnico da PETROBRAS**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3/4, p. 157-192, 1971.

WHITNEY, P. R.; HURLEY, P. M. The problem of inherited radiogenic strontium in sedimentary age determinations. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, v. 28, n. 4, p. 425-436, 1964.

## expanded abstract

The Rb-Sr whole rock isochron methodology has been successfully applied when dealing with ages of argillaceous fine grained sedimentary rocks. In many cases, the age values obtained with the methodology seem to be of some geological significance, yielding ages in fair agreement with fossil content or with biostratigraphic interpretations. Although these good results, some doubts concerning the extension and interpretation of the data are registered. These occur as sedimentary rocks results from the mixing of detrital fragments associated with diverse provenance. Nevertheless, absolute ages of the depositional event can be reasonably obtained if criteria such as sampling, granulation, depositional environment and mineralogical composition of the samples are observed. In order to improve the application of the methodology to sedimentary rocks and searching for answers to some doubts, the Bananeiras Formation, pre-rift section of the Sergipe-Alagoas Basin was sampled.

The evolution of the Sergipe-Alagoas Basin can be roughly divided into four main phases: pre-rift, rift, transitional and drift. The pre-rift phase is characterized by the deposition of continental sections composed by fluvial-deltaic-lacustrine deposits. These units were deposited in a huge basin associated with the initial tectonic process that led to the Gondwana breakup and the evolution of the Brazilian continental margin. This initial basin is recognized as the "Depressão Afro-Brasileira" (Afro-Brazilian Depression).

The pre-rift section of the Sergipe-Alagoas Basin is represented by the Perucaba Group which includes Candeeiro, Bananeiras and Serraria formations. In the Bananeiras Formation we are mainly interested in the pelitic unit of this phase; which is represented by red shales with eventual silt fraction. This formation has been considered as Upper Jurassic when correlated with the Aliança Formation of the Recôncavo Basin. These pre-rift formations of the "Depressão Afro-Brasileira" are considered as Upper Jurassic based on the fossiliferous record (non-marine ostracods, biozone RT-001, Dom João Stage).

Twelve samples of the Bananeiras Formation were collected according to the following criteria: close sampling (centimeter), no visual presence of carbonates and potassium minerals as micas and feldspars. After this initial procedure samples were analyzed using X-ray diffraction and X-ray fluorescence techniques and afterwards they have been macroscopically described. The results of these analyses appointed six samples to

which the Rb-Sr whole-rock isochron methodology was to be applied mainly due to the presence of expansive clay minerals and to the Rb/Sr ratio.

The selected samples were prepared for  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  isotopic ratios determination; which were plotted in specific statistical software named Isoplot. The result indicates an isochron of  $227.1 \pm 2.2$  Ma (Late Triassic); which was considered as the depositional age of the Bananeiras Formation. This unprecedented result has important implications to the paleogeographic schemes previously established, as this pre-rift unit has been traditionally considered as Upper Jurassic.

The Aliança Formation (Recôncavo Basin) stratigraphically correlated with the Bananeiras Formation initially included three members: Afligidos, Boipeba and Capianga. The Afligidos Member, based on regional correlation, paleontological content and geochronology was individualized as Afligidos Formation and Pedrão (Permian) and Cazumba (Permian to Triassic?) Members were defined indicating an extensive sedimentation process in the region. The result obtained for the Bananeiras Formation indicates the possibility of a Triassic section also occurring in the Sergipe-Alagoas Basin. This new concept for the region is strongly suggestive of Triassic ages and the use of the Rb-Sr whole-rock isochron methodology to sedimentary fine grained rocks is the doctorate research project of the first author.

## autor principal



**Diogo Rodrigues Andrade da Silva**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Geociências

e-mail: [diogrodrigues@brturbo.com.br](mailto:diogrodrigues@brturbo.com.br)

**Diogo Rodrigues Andrade da Silva** graduou-se em geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2004. Obteve o título de Mestre em Estratigrafia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2006, defendendo tema de dissertação sobre a aplicação do método radiométrico Rb-Sr em rochas pelíticas da Bacia do Paraná. Durante seu mestrado, foi bolsista da Petrobras. Iniciou o doutorado em estratigrafia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em 2006, como bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas Científicas (CNPq).