



Reflexões Sobre a Série Recôncavo, Brasil
Refletions on the Recôncavo Series, Brazil

Rogério Loureiro Antunes¹; Ricardo Latgé Milvard de Azevedo¹ & Janaína Teixeira Lobo²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Associação Brasileira de Geólogos de Petróleo (ABGP).

Av. Almirante Barroso, 52, 21º andar, 20031-000, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mails: rlantunes56@gmail.com; ricardolatge@gmail.com; janaina_lobo@hotmail.com

Recebido em: 08/05/2018 Aprovado em: 12/06/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_276_296

Resumo

Unidades cronoestratigráficas são de fundamental importância para a Geologia. É com base nos limites dessas unidades que as cronocorrelações são realizadas. Vários são os critérios de definição e reconhecimento das mesmas. Apesar de alguns senões, os eventos fósseis figuram dentre os elementos mais importantes para a definição e caracterização dessas unidades. Apresenta-se, neste trabalho, uma breve revisão das unidades cronoestratigráficas e de sua aplicabilidade, com ênfase na Série Recôncavo. O estágio atual da correlação de seus andares com aqueles do Jurássico Superior-Cretáceo Inferior é discutido. São sugeridas algumas linhas de investigação para que os andares desta importante série brasileira adquiram uma nova roupagem, mais de acordo com as normas dos códigos estratigráficos mais recentes. Além destas sugestões e visando o estabelecimento mais acurado de sua geocronologia, valoriza-se a aplicação do método de datação radiométrica Rb/Sr em rocha total. Os poucos resultados disponíveis a partir desta metodologia contradizem a correlação clássica da Série Recôncavo com o Jurássico Superior-Cretáceo Inferior. É o caso dos andares Dom João e parte do Rio da Serra, cujos dados mais recentes sugerem associá-los ao Triássico. As medições radiométricas disponíveis na literatura também implicam alterações na base regional do Andar Albiano, ou do topo do Andar Alagoas. Esta passaria a coincidir com a base da espessa camada de sal relacionada ao “Evento Ibura”, com ampla ocorrência regional, nas bacias de Santos até Sergipe-Alagoas. Tal proposição contrapõe-se à nova tendência observada em trabalhos recentes, os quais identificam o limite Aptiano-Albiano em fácies marinhas (plataforma carbonática) pós-evaporíticas daquelas mesmas bacias, por meio de microfósseis, em especial foraminíferos planctônicos. Considera-se que tal contradição aparente entre metodologias distintas reflita o diacronismo na extinção destes microfósseis. A possança deste gigantesco depósito de evaporitos no proto-oceano Atlântico Sul, um mar epicontinental formado a partir de águas vindas do norte (Mar de Tetis), teria desequilibrado as condições paleoambientais das águas superficiais oceânicas a nível global. Uma das possíveis consequências desta desestabilização pode ter sido o distúrbio (*turnover*) observado na fauna de foraminíferos planctônicos no estratótipo do limite Aptiano-Albiano e em outras seções coevas ao redor do mundo.

Palavras-chave: Cronoestratigrafia; Geocronologia; Série Recôncavo

Abstract

Chronostratigraphic units are of prime importance in geology. Their limits provide the basis for reliable chrono-correlations, both locally and globally. Of the several criteria used nowadays for the definition and characterization of chronostratigraphic units, fossil events are particularly important. This article presents a brief review of chronostratigraphic units and their applicability, with special emphasis on the Recôncavo Series and the current correlation of its stages with those of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous. Some lines of research are suggested, including Rb/Sr radiometric datings by the total rock method. Limited evidence based on the latter challenges the classic correlation of the Recôncavo Series with the Upper Jurassic-Lower Cretaceous. This is the case of the Dom João and the base of Rio da Serra stages, dated radiometrically as Triassic. Lastly, it is suggested that the base of the Albian Stage (i.e. the top of Alagoas Stage) coincides with the base of a distinctive, thick salt layer (Ibura Event) which is widely represented in basins Santos through Sergipe-Alagoas. This interpretation contrasts with the new tendency noted in some recent Brazilian papers, which place the Aptian-Albian boundary within post-evaporite marine (carbonatic shelf) sediments of those same basins, on the basis of microfossils, particularly planktonic foraminifera. This apparent contradiction could simply reflect the diachronous LADs of some index species. The magnitude of the evaporitic event in the South Atlantic proto-ocean (originated from the Tethys Sea to the north) could have triggered major paleoenvironmental disturbances in oceanic surface waters over much of the planet. A possible consequence of such changes was the faunal turnover noted in foraminiferal successions across the Aptian-Albian boundary, in its type section and elsewhere in the world.

Keywords: Chronostratigraphy; Geochronology; Recôncavo Series

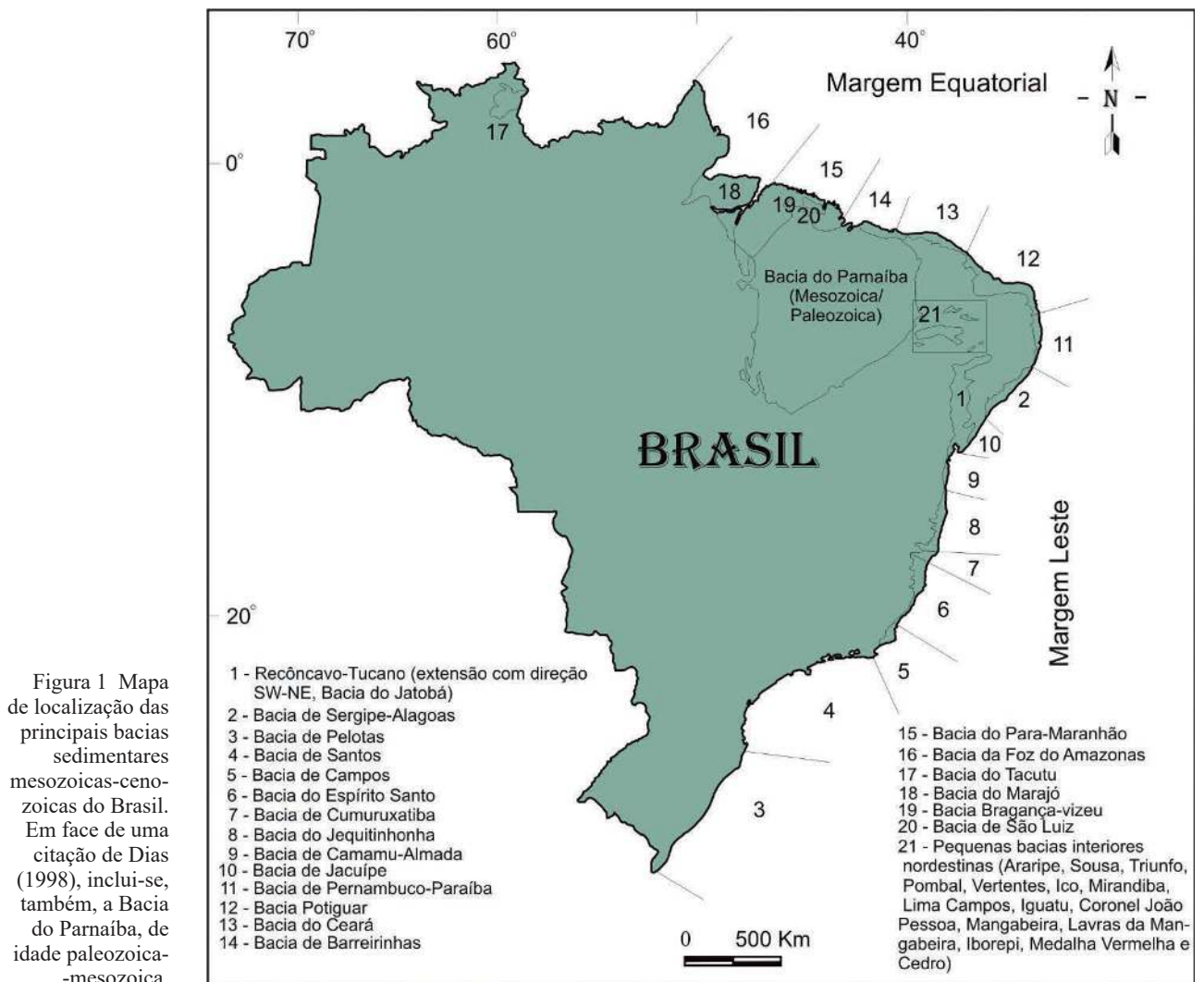


1 Introdução

A exploração de petróleo, no Brasil, tem um capítulo importante nas regiões sedimentares atualmente emersas, em especial, as bacias do Recôncavo-Tucano e de Sergipe-Alagoas (Figura 1). Desses sítios sedimentares surgiram inovações e proposições cronoestratigráficas que perduram até hoje. Durante as décadas de 1950 e 1960, nessas regiões, a busca por petróleo foi intensa e logo de início as equipes de geologia diagnosticaram que os depósitos investigados não haviam sido formados em ambiente marinho. Os microfósseis resgatados das matrizes das rochas eram representados, sobretudo, por palinomorfos (grãos de pólen e de esporos = miósporos) e ostracodes não-marinhos.

Diante desta paleobiota não-marinha, logo se percebeu que seria impossível a identificação de unidades cronoestratigráficas globais, uma vez que estas haviam sido definidas em depósitos marinhos. Os geólogos de então resolveram propor unidades locais que vieram a compor a Série Recôncavo, englobando os andares Dom João, Rio da Serra, Aratu, Buracica, Jiquiá e Alagoas. Sobreposto ao Alagoas, foi identificado na Bacia de Sergipe-Alagoas, o Andar Albiano, caracterizado por fósseis marinhos e reconhecido na cronoestratigrafia internacional.

Com o presente artigo, pretende-se traçar uma breve revisão sobre os conceitos que regem as unidades cronoestratigráficas e comentar algumas questões relativas à proposição da Série Recôncavo e sua correlação com o Jurássico Superior-Cretáceo



Inferior. Com relação à série brasileira, objetiva-se ilustrar como seus andares foram definidos e apresentar sugestões para a modernização da definição dos mesmos, assim como novas estratégias para sua correlação com os andares do Mesozoico. Por fim, é formulada uma proposta para o reconhecimento da base do Andar Albiano (isto é, o topo do Andar Alagoas), na maioria das bacias da margem leste do Brasil (Figura 1). É especulado, também, sobre as eventuais consequências paleoceanográficas/paleoecológicas, a nível global, decorrentes da precipitação do gigantesco depósito evaporítico nessas bacias.

Nenhum dado novo é apresentado neste artigo, que se apoia, integralmente, no trato de informações previamente publicadas. Espera-se, portanto, que o mesmo sirva de estímulo ao debate acadêmico com vista a avançar no conhecimento da Série Recôncavo. Discute-se principalmente sobre as questões observadas com o cruzamento de informações biocronoestratigráficas/biocronológicas com aquelas de natureza radiométrica (datações absolutas).

2 Breve Revisão das Unidades Cronoestratigráficas

De acordo com o *North American Stratigraphic Code* (NASC, 2005), unidades cronoestratigráficas compreendem rochas de qualquer natureza, formadas em determinado intervalo do tempo geológico. Constituem-se, pois, em unidades materiais, objetivas (são corpos rochosos). As unidades cronoestratigráficas são de fundamental importância, porque sobre elas estarão alicerçadas as unidades geocronológicas: unidades imateriais, puramente conceituais (abstratas), relacionadas às divisões do tempo geológico. Por isto, as unidades geocronológicas não são unidades estratigráficas *sensu strictu*, e suas amplitudes em tempo são estabelecidas a partir das unidades cronoestratigráficas que lhes servem de referências.

O dimensionamento e as estimativas do tempo geológico são importantes para a Geologia, pois um dos objetivos desta ciência da Terra é ordenar em termos cronológicos as rochas que compõem o planeta. A Figura 2 apresenta o que pensa atualmente a Comissão Internacional de Estratigrafia, no que se refere à estimativa do tempo geológico para as eras mesozoica (parte) e cenozoica.

As unidades cronoestratigráficas são arranjadas em hierarquia, de acordo com o dimensionamento de sua ordem de grandeza, em termos de tempo geológico. Da maior hierarquia para a menor, tem-se: Eonotema, Eratema, Sistema, Série e Andar. Suas unidades correspondentes, em termos geocronológicos, são: Eon, Era, Período, Época e Idade (Figura 2).

Eonotema/Eon	Eratema/Era	Sistema/Período	Série/Época	Andar/Idade	Idades Numéricas (Ma)		
FANEROZOICO	CENOZOICO	QUATERNÁRIO	Holoceno		Presente		
				Superior/Final	0,0118		
				Médio/Médio	0,126		
				Calabrianiano	0,773		
		NEOGENO	Pleistoceno	Gelasiano		1,80	
				Piacenziano		2,58	
			Mioceno	Plioceno		3,600	
					Zancleano		5,333
					Messiniano		7,246
					Tortoniano		11,63
					Serravaliano		13,82
					Langhiano		15,97
					Burdigaliano		20,44
					Aquitano		23,03
		PALEOGENO	Oligoceno	Chattiano		28,1	
				Rupeliano		33,9	
			Eoceno	Priaboniano		38,0	
				Bartoniano		41,0	
				Lutetiano		47,8	
			Paleoceno	Ypresiano		56,0	
				Thanetiano		59,2	
				Selandiano		61,6	
				Daniano		66,0	
	Maastrichtiano				72,1 ± 0,2		
MESOZOICO	CRETÁCEO	Superior/Final	Campaniano		83,6 ± 0,2		
			Santoniano		86,3 ± 0,5		
			Coniaciano		89,8 ± 0,3		
			Turoniano		93,9		
			Cenomaniano		100,5		
		Inferior/Inicial	Albiano		113,1		
			Aptiano		-126,3		
			Barremiano		-130,8		
			Hauteriviano		-134,7		
			Valanginiano		-139,4		
			Berriasiano		-145,0		
			Jur.	Superior/Final	Tithoniano		-152,1

📌 - Limites geocronológicos estabelecidos pela Comissão Internacional de Estratigrafia

Figura 2 Relação entre unidades geocronológicas e cronoestratigráficas do Mesozoico (parte) e Cenozoico (Modificado de Ogg *et al.*, 2016).

Desde o final da década de 1980, a Comissão Internacional de Estratigrafia vem envidando esforços para atribuir limites “definitivos e consensuais” para as unidades cronoestratigráficas. Com a evolução dos estudos, estes limites têm sido modificados a partir de muita pesquisa e discussão, objetivando o senso comum. A Figura 3 congrega parte das várias proposições surgidas desde o século passado, com o intuito de estabelecer idades numéricas para os limites das unidades cronoestratigráficas globais do Mesozoico. Deve ser notado como varia a idade absoluta dos limites, devido, principalmente, a escolha de diferentes seções de referência (estrátotipos) para as unidades cronoestratigráficas, no caso os andares. Acredita-se que estas divergências na medição e estimativa do tempo geológico serão minimizadas, na medida em que a Comissão for estabelecendo, de modo consensual, os limites estratigráficos e numéricos entre as unidades.

Petri *et al.* (1986, p. 394) destacam a importância do andar como “*unidade básica da cronoestratigrafia regional porque se presta em categoria e alcance às necessidades e objetivos práticos da classificação cronoestratigráfica intra-regional. Além disso, é uma das menores unidades da hierarquia cronoestratigráfica possível de ser reconhecida em todo o mundo*”.

E como definir os limites das unidades cronoestratigráficas de extensão global, uma vez que se necessita de uma referência objetiva para caracterizá-los? Esta é uma questão complexa, pois é praticamente impossível reconhecer eventos síncronos em todas as partes do planeta. Atualmente, a Comissão Internacional de Estratigrafia tenta valorizar, na proposição daqueles limites, seções que contenham eventos distintos e próximos do ponto de vista estratigráfico, e que possam ser caracterizados a partir de técnicas de análise geológica distintas. Seções rochosas que contenham eventos de mudanças paleontológicas, reversões do campo magnético terrestre e variações geoquímicas (por exemplo: excursões isotópicas negativas do Carbono - $\delta^{13}C$, dentre outras), todas estratigraficamente próximas, podem ser candidatas a estrátotipo de uma unidade cronoestratigráfica. Esta combinação de eventos facilita o reconhecimento do limite e a sua melhor correlação inter-regional e/ou global.

Limites de estrátotipos de unidades cronoestratigráficas globais normalmente são escolhidos em seções marinhas por assegurarem maior abrangência espacial e, por conseguinte, maior facilidade de correlação. Na proposição destes limites, muita atenção é dada aos eventos paleontológicos, especialmente

Figura 3 Diferentes idades absolutas atribuídas aos limites das unidades cronoestratigráficas do Eratema Mesozoico (Modificado de Gradstein *et al.*, 2004). Idades absolutas referem-se à base das unidades. Autoria das colunas: (1) Holmes (1937), (2) Holmes (1960), (3) Harland *et al.* (1982), (4) Kent & Gradstein (1983), (5) Harland *et al.* (1990), (6) Odin (1994) e (7) Gradstein *et al.* (1995). Colunas de 1 a 7, apud (8) Gradstein *et al.* (2004).

Ma	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	Ma	
100	Cretáceo	Cretáceo	Cenoman.	Cenoman.	Cenoman.	Cenoman.	Cenoman.	Cenoman.	100	
			97,5	97,5	97	96	98,9	99,5		
110	105	Cretáceo	Albiano	Albiano	Albiano	Albiano	Albiano	Albiano	110	
			113	113	112	105	112	112		
			Aptiano	Aptiano	Aptiano	Aptiano	Aptiano	Aptiano		
120	Jurássico	Jurássico	Barremiano	Barremiano	Barremiano	Barremiano	Barremiano	Barremiano	120	
				119	119	124,5	114	121	125	
				125	124	124,5	116	127	130	
				Hauterivi-ano	Hauterivi-ano	Barremiano	Hauterivi-ano	Hauterivi-ano	Hauterivi-ano	
130			131	131	131,5	130	132	130		
			Valangini-ano	Valangini-ano	Hauterivi-ano	Berriasiano	Valangini-ano	Hauterivi-ano		
		135	138	138	136	136	137	136,4		
140			Berriasiano	Berriasiano	Valangini-ano	Thitoniano	Berriasiano	Valangini-ano	140	
			144	144	140,7	141	144,2	140,2		
			Thitoniano	Thitoniano	Berriasiano	Oxfordiano	Thitoniano	Berriasiano		
	145		145,6	145,6	145,6	145,6	145,6	145,5		
150	Triássico		Thitoniano	Thitoniano	Thitoniano	Oxfordiano	Thitoniano	Thitoniano	150	
			150	150	150	150	150	150		

o surgimento de espécies-guias: afinal, “a evolução da vida é unidirecional e irreversível”. Ademais, o conhecimento taxonômico de miríades de grupos fósseis, em particular aqueles que contenham espécies marinhas de hábito planctônico, presta grande auxílio na definição e caracterização dos limites dessas unidades. Não obstante, por vezes, observam-se limites que são especificados a partir de eventos físicos e/ou químicos registrados nas rochas. De modo geral, os sinais gravados nas rochas pelas reversões do campo magnético da Terra ou por variações anômalas de certos elementos químicos (ou de seus isótopos) são os eventos mais empregados. O fundamental é que o evento que revele algum indício de sincronismo que o faça merecedor de ser escolhido.

O NASC (2005) estabelece que os limites das unidades cronoestratigráficas são superfícies síncronas, e não há como deixar de assim fazê-lo do ponto de vista conceitual. No entanto, esta formalidade não se coaduna com a realidade de um planeta que desenvolve processos e formas próprias em locais e em tempos diferentes. Por isto, na prática, todos os registros ditos síncronos são dependentes da escala de aferição. De acordo com Ogg (*in Gradstein et al., 2012*), um *datum* associado ao processo de reversão

magnética tem duração da ordem de 5.000 anos, um diacronismo insignificante em termos geológicos, o que o torna aceitável considerá-lo como um evento síncrono.

No caso dos eventos fósseis, acrescenta-se a imponderabilidade de se imaginar síncrono o surgimento ou a extinção de espécies, em todas as regiões do planeta. A ocorrência das espécies depende de vários fatores, com destaques para as condicionantes ambientais que controlam a distribuição geográfica dos seres vivos. A Figura 4 mostra quão distintos e diácronos são alguns eventos bioestratigráficos de nanofósseis calcários, relacionados ao intervalo Aptiano-Albiano, em diferentes regiões do planeta. Como pode ser visto, entre outras espécies, *Axoporphadus albianus* tem sua primeira ocorrência estratigráfica (PO) assinalada em 109 Ma, nas regiões tropicais; nas regiões boreais, este mesmo *datum* é posicionado em 107 Ma. O diacronismo dos eventos biológicos deve ser visto como o “Calcanhar de Aquiles” para as cronocorrelações. Na maioria das vezes, contudo, tende a ser ignorado, pois nem sempre é fácil a sua percepção e mensuração em face da ausência de outros eventos “mais síncronos” que sirvam como elementos de comparação.

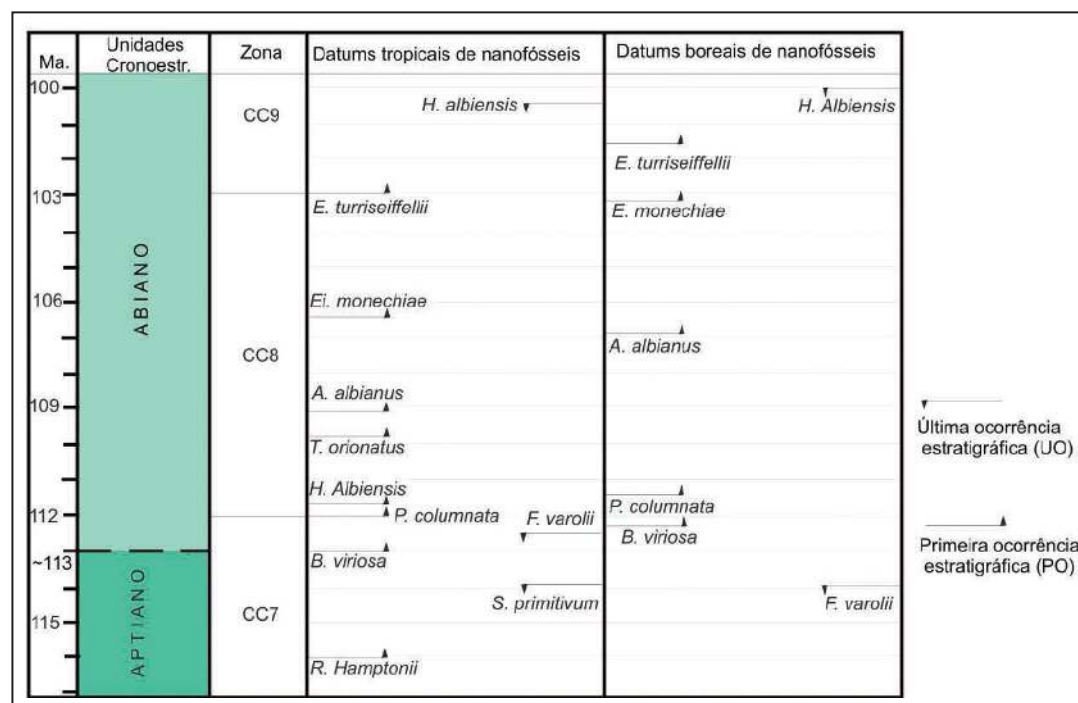


Figura 4 Diacronismo de eventos biológicos para algumas espécies de nanofósseis calcários característicos do intervalo Aptiano-Albiano. Fonte: *Time scale creator chart*: URL: <https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/tscreator/index/index.php>. Acessado em 4/4/2017.

Os eventos físicos tendem a ser recorrentes na história da Terra. As reversões magnéticas têm frequência aleatória e revelam apenas a inversão de polaridade do campo magnético (normal ou reversa). Diversas excursões negativas na razão isotópica de carbono ($\delta^{13}\text{C}$), medidas em depósitos sedimentares, são verificadas no registro geológico (Jones & Jenkyns, 2001). Assim, a irreversibilidade da evolução da vida faz dos fósseis peças fundamentais e insubstituíveis como instrumento de caracterização dos limites cronoestratigráficos, facilitando o discernimento, no tempo geológico, de semelhantes eventos físicos e/ou químicos.

O NASC (2005, artigos 10b e 67a) recomenda que somente a base das unidades cronoestratigráficas seja definida. Consequentemente, do ponto de vista estratigráfico, o topo de uma unidade qualquer passa a ser definido pela base da unidade imediatamente acima. Tal procedimento evita possíveis problemas decorrentes, por exemplo, da superposição parcial de unidades estratigraficamente sucessivas, porém erigidas em partes diferentes do globo, ou ainda, de possíveis hiatos adjacentes ao *datum* definidor da base da unidade.

Como comentado, unidades cronoestratigráficas de caráter global são definidas, sobretudo, em depósitos marinhos. Há muitas situações, entretanto, em que espessa pilha sedimentar, composta por depósitos não-marinhos, predomina numa dada bacia. Nestes casos, diante da impossibilidade de reconhecimento das unidades globais, unidades de caráter regional são definidas. Esta foi a solução adotada com a proposição da Série Recôncavo, para a qual se busca desde a sua propositura a correlação ideal com as unidades globais.

3 A Série Recôncavo, sua Correlação com o Mesozoico e sua Revisão em Caráter Mais Amplo

A proposição da Série Recôncavo deu-se no final da década de 1960 e início da década seguinte. No início dos trabalhos para a exploração de petróleo na Bacia do Recôncavo-Tucano e áreas adjacentes, como a Bacia de Sergipe-Alagoas, não foram identificados estratos marinhos que permitissem inferências de idade para as suas rochas. Schaller *et al.*

(1969) e Viana *et al.* (1971) definiram, então, unidades locais que vieram a compor a Série Recôncavo. À exceção do topo do Andar Alagoas, todos os demais limites foram definidos, principalmente, a partir de eventos fósseis de ostracodes não-marinhos.

Schaller (1969), na revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe-Alagoas, destacou o fato das definições de várias unidades prévias terem sido feitas sem o adequado rigor científico. Em seus comentários deixa claro que havia uma evidente confusão entre unidades bioestratigráficas e litoestratigráficas. Viana *et al.* (1971), que revisaram a estratigrafia da Bacia do Recôncavo-Tucano, citam este mesmo descompasso e comentam que “*foram utilizadas unidades bioestratigráficas para a delimitação de unidades cronoestratigráficas, que levaram os nomes das unidades litoestratigráficas*”. Estas inconsistências refletem, portanto, a confusão que existia entre os conceitos de rocha e rocha-tempo.

O ajuste dessas questões foi o principal mote dos dois artigos. Assim, ambos tiveram o mesmo objetivo, só que em áreas distintas: o estabelecimento de uma coluna litoestratigráfica, de uma coluna bioestratigráfica e de uma coluna cronoestratigráfica, separando definitivamente os conceitos de rocha e rocha-tempo, e mostrando como eles se inter-relacionam.

Schaller (1969) propôs vários andares para a Bacia de Sergipe-Alagoas (Brotas, Santo Amaro, Ilhas, São Sebastião, Jiquiá e Alagoas). As quatro unidades mais antigas (Brotas até São Sebastião) tinham caráter informal e não lograram aceitação subsequente. Coube, assim, a Viana *et al.* (1971) a definição de outros andares (Dom João, Rio da Serra, Aratu e Buracica), mais ou menos coevos a esses últimos, refutados, do trabalho de Schaller (1969).

Os andares da Série Recôncavo foram definidos em intervalos de poços ou, algumas vezes, em intervalos de mais de um poço, para o caso de seções compostas (andares Jiquiá e Alagoas). A Figura 5 ilustra a definição do Andar Alagoas, o mais novo da Série.

Schaller (1969) manteve um escopo complexo para a definição os andares Jiquiá e Alagoas,

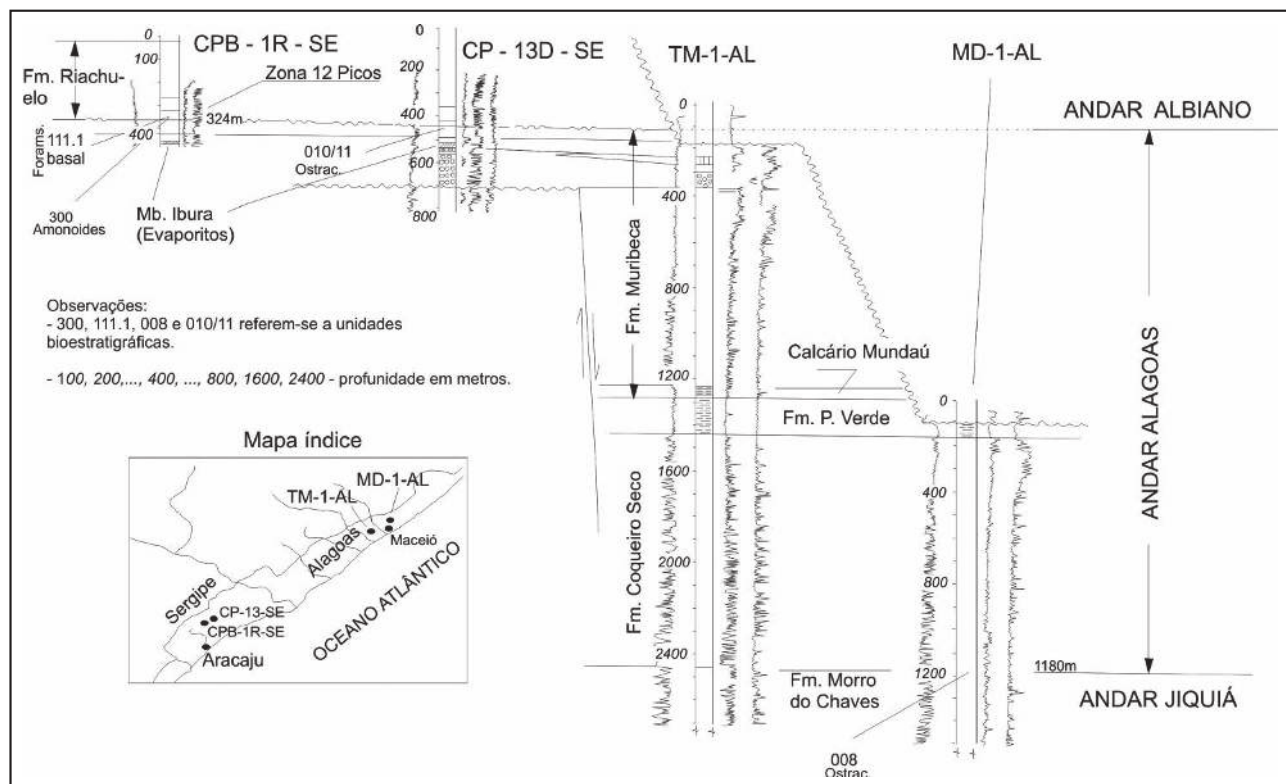


Figura 5 Seção-tipo composta do Andar Alagoas (Modificado de Schaller, 1969).

valendo-se de informações litológicas, grafoelétricas e bioestratigráficas. Para o Andar Alagoas, por exemplo, a base é dada na profundidade de 1180m do poço MD-1-AL, onde ocorre o topo dos carbonatos da Formação Morro do Chaves, praticamente coincidente com o limite superior da unidade bioestratigráfica 008, de ostracodes. Seu topo foi definido a partir de uma distintiva feição grafoelétrica (base da “zona 12 picos” da Formação Riachuelo) observada no poço CPB-1R-SE, na profundidade de 324m e que, na região, constitui um excelente horizonte de cronocorrelação. Schaller (1969) complementa, ainda, a sua definição, citando a ocorrência de unidades litoestratigráficas em seus estratos (formações Coqueiro Seco, Ponta Verde e Muribeca).

A coluna litoestratigráfica da Bacia de Sergipe-Alagoas foi revisada por Feijó (1994) e muitas das unidades definidas previamente tiveram suas hierarquias alteradas e alguns membros passaram a ter o status de formação. Entretanto, neste rearranjo, o Membro Ibura da Formação Muribeca, “caracterizado por uma variada suite evaporítica associado a

calcarenito e calcirudito de origem algálica,” (Feijó, 1994) manteve o mesmo status. Em contrapartida, o Membro Maceió da Formação Muribeca de Schaller (1969), que também contém, entre outros tipos litológicos, evaporitos mais antigos do que aqueles do Membro Ibura (Evaporitos Paripueira), foi elevado à categoria de formação.

Em termos de biozonas, Schaller (1969) cita a ocorrência de unidades de ostracodes (zonas 010/011 - *Cytheridea* (?) sp. gr. 201-218), de palinómorfos (470 - *Inaperturopollenites* sp.), de amonitas (zona 300 - *Chelonicerias* spp.) e de foraminíferos planctônicos (zona 111.1 - *Hedbergella washitensis praecursor*), a depender da fácies, se continental ou marinha. Como fica explícito, para Schaller (1969), o Andar Alagoas, cujo topo poderia situar-se estratigraficamente próximo ao limite Aptiano-Albiano, encerraria a transição regional definitiva da sedimentação não-marinha para marinha. Na Figura 5, no poço CPB-1R-SE, pouco acima de 324m, a presença das zonas 111.1 e 300 indicam sedimentação marinha; já o poço CP-13D-SE, pouco abaixo de

400m, registra as biozonas 010/011, de ostracodes não-marinhos/transicionais. Os evaporitos do Membro Ibura associados a ingressões marinhas, segundo Feijó (1994) e Campos Neto *et al.* (2007), situam-se, estratigraficamente, abaixo das biozonas mencionadas.

Por outro lado, Viana *et al.* (1971), numa abordagem principalmente bioestratigráfica, definiram os andares mais inferiores da Série Recôncavo (Dom João a Buracica) de modo mais simples. Seus estratotipos não envolvem muita complexidade e situam-se num único intervalo de poço. Para exemplificar, a Figura 6 ilustra o estratotipo dos andares Aratu e Buracica.

A Figura 7 é uma síntese daquela apresentada por Viana *et al.* (1971), onde podem ser observados os *data* micropaleontológicos que limitam os andares. A base do Andar Dom João foi definida a partir da Primeira Ocorrência Estratigráfica (PO), na sucessão sedimentar, da espécie de ostracodes *Bisulco-cypris pricei*. De modo semelhante, a base do Andar Rio da Serra é indicada pela PO da espécie *Cypridea kegelii*. Entre estes dois *data* ocorre uma seção de arenito (Formação Sergi), que aparentemente não possui ostracodes, mas encerra, em algumas áreas, troncos silicificados da espécie *Dadoxylon benderi* (Viana, 1980).

À exceção destes dois andares, todos os demais se fundamentam em eventos de Última Ocorrência Estratigráfica (UO) de ostracodes. As definições de Viana *et al.* (1971) são bastante pragmáticas e seus proponentes não se valeram de marcos grafo-elétricos, de limites litoestratigráficos, dentre outras possibilidades: vincularam, exclusivamente, os limites dos andares a determinados *data* do zoneamento de ostracodes. Na realidade, estes andares podem ser vistos como verdadeiros agrupamentos de zonas bioestratigráficas (superzonas). A partir do artigo de Viana *et al.* (1971), o topo do Andar Jiquiá, unidade definida por Schaller (1969), passou a ser identificado pelo topo da zona RT009 (Figura 7).

Nas décadas seguintes, os códigos das biozonas de Viana *et al.* (1971) passaram por modificações e muitas das unidades bioestratigráficas foram emendadas, sendo adaptadas para utilização nas bacias marginais. Há vários trabalhos na literatura bio-

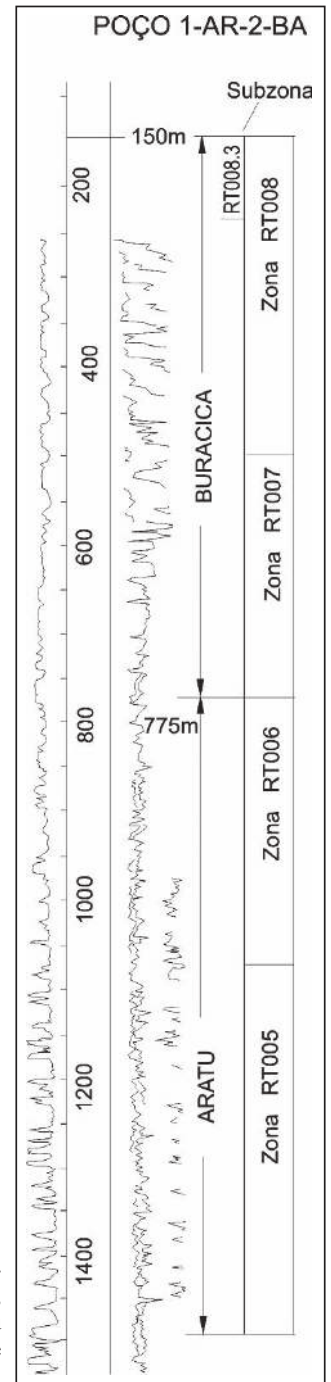


Figura 6 Seção-tipo (“Poço-tipo”, segundo Viana *et al.*, 1971) para os andares Aratu e Buracica (Modificado de Viana *et al.*, 1971).

estratigráfica brasileira tratando deste assunto (veja-se, por exemplo, Silva-Telles Jr., 1995).

Uma vez estabelecida a Série Recôncavo, seus andares, principalmente os mais jovens (Buracica a Alagoas), passaram a ser amplamente reconhecidos nas bacias marginais, com o início da exploração de

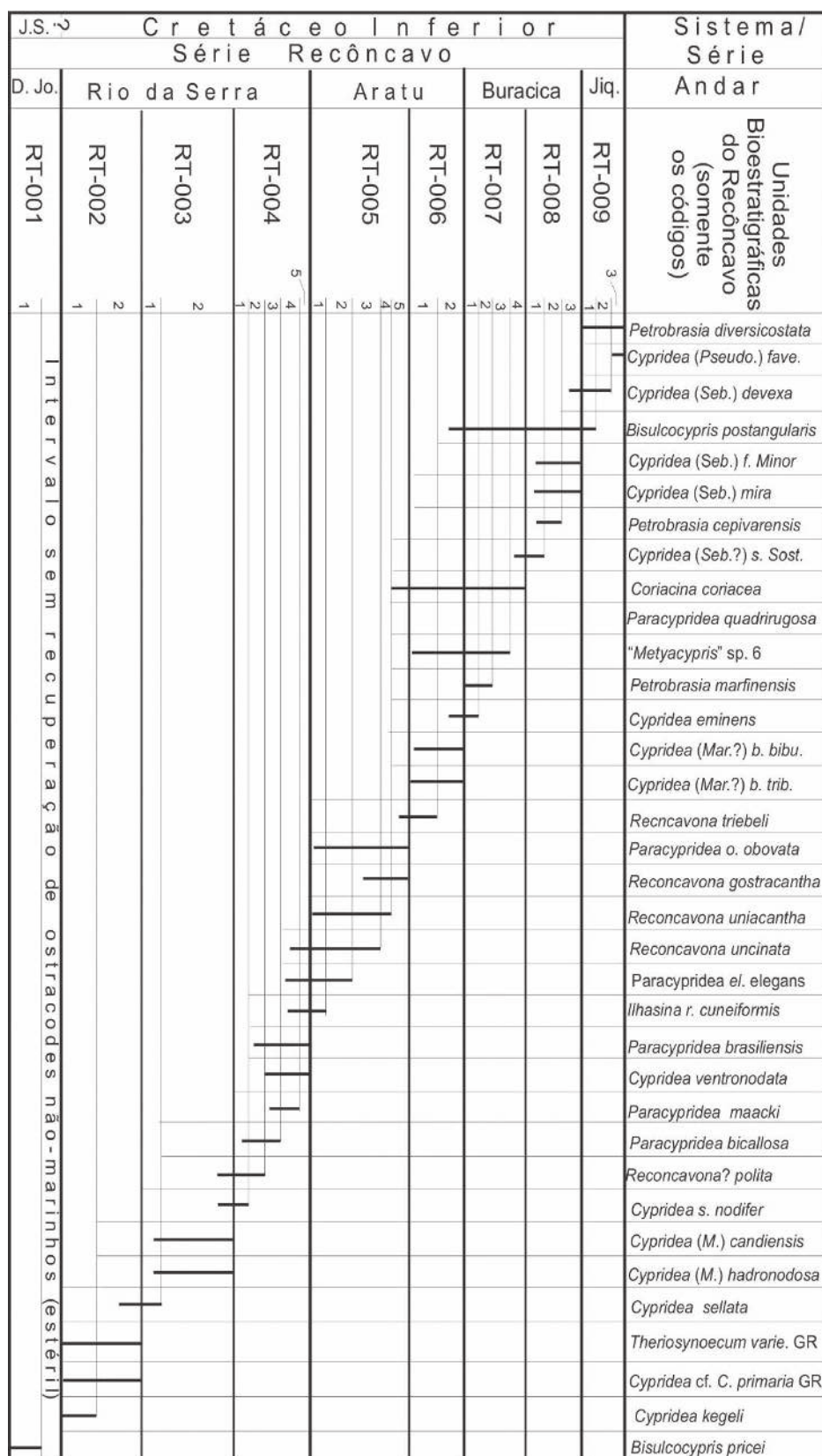


Figura 7 Síntese do zoneamento de ostracodes não-marinhos (zonas e subzonas) para a Bacia Recôncavo-Tucano. A figura ilustra, também, os *data* que definem os andares da Série Recôncavo, à exceção do Andar Alagoas (Modificado de Viana *et al.*, 1971).

petróleo na margem continental brasileira, em 1968. Com o progresso dos estudos e a perfuração de vários poços, feições grafoelétricas foram identificadas e passaram a subsidiar, tal como as biozonas, bons horizontes de cronocorrelação.

Não obstante, restava ainda uma importante questão a ser resolvida. Na verdade, esta questão ainda permanece. Como correlacionar estes andares regionais àqueles da coluna cronoestratigráfica padrão? Esta questão, de difícil resposta, nunca foi esquecida e, de tempos em tempos, ressurge com uma nova proposição. A Figura 8 sumariza as principais delas.

Os ostracodes da Série Recôncavo, apesar de comporem uma fauna “*altamente diversificada*” (Viana, 1980), são, em sua grande maioria, endêmicos (raros ou ausentes em outras regiões do mundo). Não obstante, Viana (1980) compara-a àquela do “*Wealden*” da Alemanha, onde se encontram estratos não-marinhos adotados como seções de referência

de vários andares potencialmente coevos aos da Série Recôncavo, que, num sentido mais amplo (*sensu* Viana, 1980), poderia ser equiparado ao “*Neocomiano*” (~Tithoniano até o Aptiano, Figura 2).

Diante das limitações ambientais dos ostracodes, os grãos de pólen e esporos fósseis (os miósporos) se apresentam como alternativas para exercitar aquelas correlações cronoestratigráficas. Como se sabe, estas células reprodutoras de vegetais terrestres possuem grande poder de dispersão, quer pelas águas, quer pelos ventos e, por isto, ocorrem concomitantemente em paleoambientes continentais, transicionais e marinhos.

A correlação da Série Recôncavo com o Mesozoico (especialmente o Cretáceo Inferior), baseada em miósporos, evoluiu bastante e se encontra praticamente esgotada, ao menos até que surjam novas evidências e informações mais esclarecedoras.

Importa destacar que a possibilidade de diaconismo no rastreamento estratigráfico de eventos

Ma	Unidades Cronoestrat.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
110	Albiano										
	113,1		Alagoas			Alagoas					
120	Aptiano	Alagoas	Jiquiá	Alagoas	Jiquiá	Jiquiá	Alagoas	Alagoas	Alagoas	Alagoas	Alagoas
	~126,3	Jiquiá		Jiquiá			Jiquiá		Jiquiá	Jiquiá	Jiquiá
130	Barremiano	Buracica	Buracica		Buracica	Buracica		Jiquiá		Jiquiá	Buracica
	~130,8						Buracica	Buracica	Buracica	Buracica	Buracica
	~134,7			Buracica							
	Hauteriviano						Aratu	Aratu	Aratu	Aratu	Aratu
	~139,4	Aratu	Aratu	Aratu	Aratu	Aratu					
140	Valanginiano			R. Serra			Rio da Serra	Rio da Serra	Rio da Serra	Rio da Serra	Rio da Serra
	~145,0	Rio da Serra	Rio da Serra		Rio da Serra	Rio da Serra					
150	Berriasiano										
	~145,0										
	Jurássico	Dom João	Dom João	Dom João	Dom João	Dom João	Dom João	Dom João	Dom João	Dom João	Dom João

Figura 8 - Esboços de correlação entre os andares regionais da Série Recôncavo e os andares globais do Cretáceo Inferior (Modificado de Arai *et al.*, 1989). Geocronologia segundo Ogg *et al.* (2016). Idades absolutas (em Ma) atribuídas aos limites das unidades cronoestratigráficas internacionais em conformidade com a Figura 2. Autoria das colunas: (1) Sampaio & Northfleet (1973); (2) Mabessone *et al.* (1981); (3) Petri & Campanha (1981)/Petri & Fúlfaro (1983); (4) Rolim & Mabessone (1982); (5) Mabessone (1984); (6) Petri *et al.* (1986); (7) Regali & Viana (1986); (8) Petri (1987). Colunas de 1 a 8 apud (10) Arai *et al.* (1989). Coluna (9), segundo Regali & Viana (1989).

de palinórfos é maior do que aquela que se observa em outros fósseis marinhos e de hábito planctônico. Isto por que são mais susceptíveis a variações climáticas e fatores ambientais impostos pelas mais diversificadas áreas de ocorrência e dispersão. Por exemplo, é comum uma espécie vegetal viver numa região e se ausentar em outra. Do mesmo modo, em resposta à dinâmica das condicionantes climático-ambientais, uma espécie vegetal pode migrar lentamente de uma região para outra, originando registros fósseis diácronos. Portanto, assim como todos os demais eventos biológicos, os eventos de miósporos podem “migrar no tempo”. Ademais, sendo elementos alóctones, originados fora do sítio deposicional, os miósporos ficam sujeitos, durante o transporte, às intempéries e desgastes, capazes de provocar a destruição total ou parcial da associação palinológica, antes que ela chegue à área de deposição final.

Um caso interessante de diacronismo palinológico é discutido por Arai *et al.* (1989) no que se refere à amplitude de *Dicheiropollis etruscus*, pólen pertencente a um grupo extinto de coníferas. Por ser espécie reconhecida em vastas regiões do planeta, constitui um dos elementos de correlação mais importantes do Cretáceo Inferior, no âmbito da Província Microflorística Afro-Sul Americana. De acordo com Arai *et al.* (1989, p. 93), “sua amplitude mais aceita vai do Berriasiano ao Barremiano. Hochuli (1981) reconhece esta tendência, embora tenha observado uma amplitude local limitada superiormente ao Eobarremiano nos Alpes Meridionais (...). Jardiné *et al.* (1974) admitiram a possibilidade de sua existência desde o final do Neojurássico. Gübeli *et al.* (1984) reportaram, no norte de Marrocos, a ocorrência de *D. etruscus* (...), datada como Aptiano Inferior através de dinoflagelados. Os autores acreditam que não se trata de retrabalhamento, mas, como é idade mais nova do que as atribuídas tradicionalmente, o dado deve ser encarado com certa reserva, aguardando estudos adicionais”.

Tradicionalmente, o topo da palinozona P-180, indicado pela UO de *D. etruscus*, tem sido associado ao topo da unidade RT009.1, de ostracodes, que define a parte inferior do andar Jiquiá (Figura 7; Viana *et al.* 1971; Regali & Viana 1989; Arai *et al.* 1989). A partir desta associação, Arai *et al.* (1989),

entre outros, interpretaram que o topo do Jiquiá inferior seria de idade aptiana, próxima ao limite Barremiano-Aptiano (Figura 8). De modo semelhante, outros pesquisadores posicionaram o topo do Jiquiá em outros níveis aptianos mais novos (Figura 8). Como pode ser visto, todas as associações são bastante interpretativas, já que, atualmente, estima-se que a amplitude geocronológica do Aptiano seja da ordem de 13 Ma. E nestes casos, não há como ser mais precisa, em função das informações disponíveis.

A Figura 8 mostra o quão confusa tem sido a correlação dos andares da Série Recôncavo com aqueles do Cretáceo Inferior. Diante desta dificuldade e dos senões ligados aos diacronismos dos miósporos, outros caminhos poderiam ser tentados. Estes caminhos passam necessariamente pela datação radiométrica em rochas sedimentares. Neste sentido, o método Rb/Sr em rocha total surge como uma possível alternativa, apesar das limitações inerentes ao método. Esta técnica é aplicável em amplo espectro do tempo geológico, desde que certos pré-requisitos sejam observados: excelente controle estratigráfico das amostras, controle granulométrico – litologias bem argilosas, gênese deposicional, grau de diagênese, composição mineralógica, dentre outros fatores (Silva *et al.*, 2006).

A utilização do método Rb/Sr em terrenos sedimentares brasileiros já vem sendo praticada, esporadicamente, há um bom tempo. Dentre outros, podem ser mencionadas as pesquisas de Thomaz Filho & Lima (1981), Mizusaki (1992), Mizusaki *et al.* (2002), Silva *et al.* (2006), Silva *et al.* (2012), as quais, conjuntamente, abrangem idades do Paleozóico ao Recente.

Thomaz Filho & Lima (1981), em investigações pelo método Rb/Sr, obtiveram para o, então, Membro Afligidos da Formação Aliança (Poço I-FI-I-Ba) a idade de 165 ± 15 Ma (Jurássico). Quase uma década depois, Aguiar & Mato (1990), em estudo regional englobando as bacias de Recôncavo-Tucano e Camamu (Figura 1), elevaram o Membro Afligidos à categoria de formação, subdividindo-a nos membros Pedrão e Cazumba representativos do intervalo Permiano-Triássico(?), de acordo com evidências palinológicas. Esta proposta foi parcial-

mente incorporada ao conhecimento geológico e se encontra estampada na Figura 9, que retrata a atual carta estratigráfica da Bacia do Recôncavo (Silva, *et al.* (2007), restrita ao intervalo em questão. Para Aguiar & Mato (1990), as amostras datadas por Thomaz Filho & Lima (1981) não pertenceriam, de fato, aos depósitos da Formação Afligidos e teriam sido coletadas nos estratos do Membro Boipeba da Formação Aliança.

Silva *et al.* (2006) obtiveram, em amostras de afloramento, a idade de $227,1 \pm 2,2$ Ma (Triássico) para a Formação Bananeiras da Bacia de Sergipe-Alagoas, que, de acordo com estudos regionais, seria cronocorrelata à Formação Aliança (*sensu* Schaller, 1969 e Viana *et al.*, 1971). Em outras amostras, também provenientes de afloramentos, Silva *et al.* (2012) identificaram idades triássicas para as formações Aliança (Membro Capianga – 224 ± 32 Ma) e Itaparica (226 ± 6 Ma). Não obstante, tais informações ainda não foram incorporadas ao conhecimento da bacia (Figura 9).

De modo geral, estima-se que estas datações apresentam erros estatísticos moderados a pequenos. Entretanto, estes erros são função de diferentes fatores, dentre os quais se destacam, principalmente, a atualidade tecnológica dos instrumentos de medição (espectrômetros de massa) e as metodologias empregadas. De qualquer modo, e sem estabelecer uma comparação entre as mesmas, em termos percentuais, tais erros são aproximadamente os seguin-

tes: Thomaz Filho & Lima (1981), 9%; Silva *et al.* (2006), 1%; Silva *et al.* (2012), 14% (Membro Capianga) e 2,6% (Formação. Itaparica). Silva *et al.* (2006) comentam que o erro estatístico de 1%, para a datação da Formação Bananeiras, é compatível com a aplicação do método Rb/Sr, em rochas sedimentares.

Diante destas informações numéricas, chamam a atenção as datações triássicas obtidas nas amostras do Membro Capianga (224 ± 32 Ma) e da Formação Itaparica (226 ± 6 Ma). Em contraste, a biocronoestratigrafia vem sugerindo para estas unidades rochosas, respectivamente, as idades Dom João e Rio da Serra, caracterizadas pelas biozonas RT001 e RT002, tradicionalmente, correlacionadas ao Jurássico Superior e à base do Cretáceo Inferior (Figuras 7 e 8). A Figura 9 ilustra a contradição mencionada. Deve ser registrado, também, que a Formação Itaparica é estratigraficamente mais jovem do que o Membro Capianga, o que não foi verificado nas datações realizadas. De acordo com os resultados numéricos de Silva *et al.* (2012), o Membro Capianga seria cerca de 2 Ma mais novo do que a Formação Itaparica, inconsistência que pode ser contornada pelas margens de erro assinaladas para as duas datações. Ainda, à luz destas datações radiométricas, deve ser observado, outrossim, que a idade do Membro Boipeba teria mais afinidade com o Triássico do que com o Jurássico. Esta observação coloca em dúvida aquela interpretação de Aguiar &

Figura 9 Esboço sintético da atual carta estratigráfica da Bacia do Recôncavo, restrita ao intervalo em discussão (Modificado de Silva *et al.*, 2007). Se as datações triássicas, obtidas por Silva *et al.* (2012), para as amostras do Mb. Capianga (224 ± 32 Ma.) e para as amostras das Fm. Itaparica (226 ± 6 Ma.) forem incorporadas ao conhecimento da bacia, a ocorrência de depósitos jurássicos na Bacia do Recôncavo fica comprometida. O(s) evento(s) erosivo(s) que gerou (geraram) a discordância “Pré-Água Grande” e, possivelmente outros mais novos, teriam removido parte expressiva ou a totalidade da sedimentação jurássica.

CRONOESTRATIGRAFIA	DISCORDÂNCIAS	LITOESTRATIGRAFIA			TECTÔNICA		
		GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO			
CRETÁCEO INFERIOR	Rio da Serra	Santo Amaro	Itaparica	Ilhas	Capianga Boipeba	Rifte	
				Maracan.			Salvador
				Marfim			Pitanga-Caruaju
							Gomo
JURÁSSICO (?)	Dom João	Brotas	Itaparica	Água Grande	Capianga Boipeba	Pré-Rifte	
				Sergi			Tauá
JURÁSSICO (?)	"Neojurássica"						
PERMIANO			Afligidos	Cazumba Pedraço	Sinéclise		

Mato (1990), de que Thomas Filho & Silva (1981) teriam amostrado, para datação, o referido membro da Formação Aliança, obtendo a idade jurássica de 165 ± 15 Ma.

O conjunto de datações radiométricas disponível foi obtido nas seções mais antigas das bacias do Recôncavo-Tucano e de Sergipe-Alagoas. Para Viana *et al.* (1971) e Viana (1980), tais seções pertenceriam, duvidosamente, à parte mais superior do Jurássico (Andar D. João, biozona RT001). Já Regali & Viana (1989), entre outros (Figura 8), consideram segura esta correlação. À exceção do trabalho de Thomaz Filho & Lima (1981), todas as demais idades numéricas privilegiam idades triássicas para os depósitos basais das bacias mencionadas.

Neste ponto, vale resgatar algumas observações de Schaller (1969) e Arai *et al.* (1989). No primeiro trabalho (p. 76), o autor admite que “o *Andar Brotas* [unidade informal mais ou menos coeva ao Andar Dom João, definido formalmente por Viana *et al.*, 1971] *corresponde a uma parte mal definida do Jurássico Superior onde (...), não se pode estabelecer uma correlação exata com a coluna cronoestratigráfica internacional (...). A parte superior do andar é constituída por um “intervalo estéril [sem fósseis] que corresponde aos sedimentos da Formação Serraria; a parte inferior corresponde, na coluna bioestratigráfica, à Zona 001 [~ zona RT001, definida por Viana *et al.*, 1971] baseada em ostracodes não marinhos (...)*”.

Nesta mesma linha de ponderação, Arai *et al.* (1989, p. 88) sustentam que “Viana *et al.* (1971) admitiram de maneira bastante simplista que os ostracodes da Biozona *Bisulcoypris pricei* [RT-001] (...), identificada na Formação Aliança, sejam indicativos da idade jurássica (...). Para a Formação Sergi (...), a idade neojurássica foi determinada indiretamente através da relação de contato desta formação com a subjacente Formação Aliança”. Um pouco mais à frente, ainda na p. 88, Arai *et al.* (1989) concluem que: “A verdade é que não existe elemento [paleontológico] de datação para assegurar a idade neojurássica para o Andar Dom João”. Conforme observado na Figura 8, a correlação entre os andares Dom João, Rio da Serra e Aratu com as unidades cronoestratigráficas globais é um tanto precária.

Como pôde ser visto, a confusão é grande, necessitando, portanto, de mais investigações. Faltam, por exemplo, datações radiométricas para os estratos mais novos dos depósitos da Série Recôncavo. Embora escasso, o conjunto de dados disponível dá ensejo a alguns questionamentos: haveria, de fato, registro de sedimentação jurássica nas bacias do Recôncavo-Tucano e de Sergipe-Alagoas? Nestas bacias os depósitos pré-rifte teriam mais afinidade com o Triássico? A Figura 9 indica a atuação de fases erosivas regionais (as discordâncias “Neojurássica”, “Pré-Água Grande”, “Rio da Serra Médio” e “Rio da Serra Superior”), na Bacia do Recôncavo, ao tempo Dom João e Rio da Serra. Em especial, a discordância “Pré-Água Grande” e outras mais recentes, durante o tempo Rio da Serra, poderiam representar a remoção de parte ou da totalidade dos depósitos jurássicos, caso se adote parcialmente as datações de Silva *et al.* (2012). Independente da confirmação científica desta possibilidade, esta situação serve de alerta para a inconveniência do uso de termos geocronológicos na designação de superfícies erosivas, como, por exemplo, o da discordância “Neojurássica”.

As informações radiométricas disponíveis indicam que as idades das biozonas RT001 e, pelo menos, parte da RT002 têm mais afinidade com o Triássico do que com o Jurássico e Cretáceo Inferior, respectivamente (Figuras 7, 8 e 9). Em trabalho recente, Guzmán-González (2016) examinou os ostracodes da Formação Aliança diante das datações radiométricas citadas e de dados de outros grupos fósseis, na Bacia do Jatobá (Figura 1). De acordo com seus comentários, o andar Dom João e a biozona RT001 teriam, também, afinidade com o Triássico.

Esclarecer essas e outras questões exigirá mais dados radiométricos, apontando idades numéricas com margens de erro reduzidas. Um conjunto maior destas informações, obtidas em situações estratigráficas estratégicas (amostras de testemunhos de poços) e aliados às investigações de cicloestratigrafia permitirão interpretações mais consubstanciadas para as idades numéricas dos limites dos andares da Série Recôncavo e para os limites das biozonas que os integram. Salvo por pouquíssimas abordagens mais específicas, nem nas bacias do Recôncavo

vo-Tucano e de Sergipe-Alagoas, nem nas seções rifte e *drift* das bacias marginais brasileiras, há qualquer notícia do cruzamento tentativo de informações geocronológicas com dados bioestratigráficos, a exemplo do que fizeram Mizusaki *et al.* (2002) para o Siluriano inferior da Bacia do Paraná. Tais procedimentos integrados são de extrema importância e poderiam originar arcabouços biocronológicos mais acurados.

Na realidade, a caracterização dos estratotipos da Série Recôncavo merece uma revisão, de acordo com as informações e os senões comentados. Não se fala, aqui, em modificação substancial dos *data* definidores de seus limites, porquanto consagrados por seu uso e eficácia. Em termos de limites físicos dos andares, apenas um, aparentemente, merece ser reavaliado, o que será discutido no item 4.

A revisão sugerida estende-se, também, à adoção de uma roupagem mais moderna, em conformidade com procedimentos preconizados no NASC (2005). Diante de tantos dados existentes e diante de tantos testemunhos cortados nos estratos da série, investigações micropaleontológicas quantitativas, baseadas em ostracodes e palinomorfos, poderiam ser executadas com vistas à melhor caracterização de seus estratos. De modo semelhante, a aplicação de razões isotópicas ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$, etc.), dentre outras análises químicas, poderiam trazer resultados que se somariam a esta melhor caracterização. Feições grafoelétricas diagnósticas poderiam ser explicitamente associadas às unidades bioestratigráficas. Novas seções, em diferentes bacias e exibindo esta riqueza de detalhes poderiam ser elaboradas. Sabe-se que muitas pesquisas dessa natureza já foram empreendidas, numa ou noutra região. O que pode estar faltando apenas é uma integração detalhada das mesmas, aliada a mais estudos.

4 O Topo do Alagoas e sua Relação com o Limite Aptiano-Albiano

Para Schaller (1969), o topo do Andar Alagoas situava-se estratigraficamente próximo ao limite Aptiano-Albiano e a parte mais superior do andar encerraria a transição definitiva da sedimentação regional não-marinha para marinha. Assim, regional-

mente, o Albiano já estaria representado por depósitos de litofácies com fósseis marinhos. Interessante observar, na Figura 5, que, acima dos evaporitos do Membro Ibura (Formação Muribeca), verifica-se a ocorrência de biozonas de fósseis marinhos (amonoídes – 300 - e foraminíferos planctônicos - 111.1) e não-marinhos/transicionais (ostracodes - 010/011).

A compreensão, identificação e reconhecimento do Andar Alagoas são de fundamental importância para a geologia das bacias marginais brasileiras, mas o posicionamento de seu limite superior, em relação àquele que separa o Aptiano do Albiano é visto, ainda, como uma questão em aberto (Figura 8). Dias-Brito *et al.* (1987), Regali & Viana (1989), Arai *et al.* (1989), Koutsoukos (1989) e Dias (1998, 2005) discutem esta questão, que, como não poderia deixar de ser, envolve, entre outros temas, bioestratigrafia (foraminíferos, ostracodes e miósporos) e interpretações litofaciológicas.

De acordo com Feijó (1994), a Formação Muribeca sotopõe-se em contato concordante à Formação Riachuelo. Além disso, a Formação Muribeca, composta pelos membros Carmópolis, Ibura e Oiteirinhos, retrata “*deposição em ambiente transicional para marinho restrito, caracterizando planícies de sabkha*”. Em termos de Estratigrafia de Sequências, Campos Neto *et al.* (2007) interpretam que os evaporitos do Membro Ibura representam depósitos de tratos de sistemas de mar alto. Koutsoukos (1989) e Feijó (1994) admitem que a Formação Muribeca seja de idade neo-aptiana, com base nas datações de palinomorfos e foraminíferos.

Dias-Brito *et al.* (1987, p. 113), em revisão do trabalho Schaller (1969), de outros artigos e de relatórios inéditos da Petrobras, e sem o conhecimento das datações de Koutsoukos (1989), questionam a “*afirmação categórica da existência de camadas aptianas marinhas no topo do Alagoas*”. Dias-Brito *et al.* (1987) detiveram-se principalmente na análise de resultados provenientes de miósporos e concluíram que, embora estes microfósseis sejam “*os elementos mais seguros e mais amplamente usados na detecção e definição desta unidade cronoestratigráfica*”, não há como identificar o seu topo. Como consequência, afirmam que, por meios palinoestratigráficos seria

impossível diagnosticar o limite superior do andar, conforme definido por Schaller (1969). Afirmam ainda, citando um relatório interno da Petrobras (Della Favera *et al.*, 1984; apud Dias-Brito *et al.*, 1987, p. 113), que o topo do Alagoas poderia ser evidenciado pela UO do palinomorfo *Sergipea variverrucata*. Este *datum* define o topo da palinozona P-270, cuja ocorrência, na margem continental brasileira, é registrada principalmente a partir região sul da Bahia, englobando as bacias interiores do Nordeste do Brasil (Figura 1) e aquelas da margem equatorial (Mitsuru Arai, comunicação verbal, 2017).

Para Dias-Brito *et al.* (1987), Della Favera e colaboradores, ao reconhecerem o *datum* de UO de *S. variverrucata*, propuseram, implicitamente, uma redefinição do topo do Alagoas. Por outro lado, ainda com relação ao limite superior do Alagoas, Dias (2005, p. 9) comenta “*que apesar do grande esforço (...), a definição de um “único” Andar Alagoas, com base exclusivamente em Palinologia, e válida para todas as bacias brasileiras, ainda não foi alcançada*”.

Dias (1998, 2005), em estudo sobre a tectono-estratigrafia do Aptiano, envolvendo as bacias de Santos até Camamu-Almada (Figura 1), dividiu o Andar Alagoas em duas partes, valendo-se, para isso, do topo da palinozona P-230 (UO de *Tucanopollis crisopolensis*). Assim, considerou como “Alagoas inferior” e “Alagoas superior” as porções situadas abaixo e acima do referido bio-horizonte, respectivamente.

Para a parte inferior do Alagoas, Dias (1998, 2005) reconhece o predomínio de depósitos não-marinhos. Reconhece, também, eventuais incursões do mar, indicadas por evaporitos precipitados na Bacia de Sergipe-Alagoas (Evaporitos Paripueira da Formação Maceió), Espírito Santo e Camamu-Almada, apoiado na presença de escassos microfósseis marinhos, tais como (palino)foraminíferos, dinoflagelados e acritarcos (informações verbais creditadas a Cecília C. Lana, Elizabete Pedrão e Marília Regali). Silva-Telles Jr. (1995) também cita a rara presença de microfósseis marinhos (palinomorfos) nos estratos Jiquiá da Bacia de Campos, parte mais inferior do Aptiano, segundo Dias (2005). No entanto, não se deve descartar a possibilidade destas asso-

ciações fossilíferas terem ocupado lagos salgados como exemplificam Resig (1974) e Cann & Deckker (1981), em lagos atuais.

De acordo com Dias (1998, 2005), no Aptiano terminal, aproximadamente final do tempo Alagoas, ocorreu a efetiva separação entre América do Sul e África, com o início da formação do proto Atlântico Sul. Isto propiciou a precipitação de espessas camadas evaporíticas, em grande parte da margem leste brasileira, desde a Bacia Santos até a de Sergipe-Alagoas (Figura 1). Atualmente, é interpretado que a incursão marinha responsável pela origem deste proto-oceano veio do norte e suas águas seriam originárias do Mar de Tétis (Dias-Brito, 1992, 1995; Arai, 1994; 2014; Azevedo, 2004).

Para Dias (1998, 2005), as camadas de sal encontram-se limitadas a sul pela feição denominada Dorsal de São Paulo. Esta feição, “*uma muralha vulcânica*” com direção geral E-W, não teria permitido a comunicação franca entre as águas proto-oceânicas, situadas entre Brasil-África e a norte da Dorsal, com aquelas águas mais meridionais do Atlântico, a sul da Dorsal. Em face do clima quente e seco que imperava na região, e diante da ausência de circulação efetiva das águas proto-oceânicas, a intensa evaporação teria induzido a precipitação de sal, formando espessa camada coeva àquela que, na Bacia de Sergipe-Alagoas, é denominada Evaporito Ibura (Membro Ibura da Formação Muribeca). Assim, o autor cunhou o evento formador destas camadas como “*Evento Ibura*”.

Dias (1998, p. 173) informa que o poço ST-2, perfurado pela Petrobras, no alto de Florianópolis (“*uma extensão geográfica da Dorsal*”), atingiu, sem atravessar totalmente, rochas traqui-andesíticas, cuja datação pelo método Ar/Ar revelou a precisidade de $113,2 \pm 0,1$ Ma. Como fonte da informação, o autor cita comunicação verbal e escrita de Ana Maria Pimentel Mizusaki.

À época dos estudos de Dias (1998), estimava-se para o “o topo do Aptiano” (ou seja, a base do Albiano) o valor absoluto de $112,1 \pm 1,4$ Ma (Gradsstein *et al.* 1994, apud Dias, 1998). Na região do poço ST-2, as vulcânicas do Alto de Florianópolis foram sobrepostas “*pelas anidritas do Aptiano Superior ou*

pelos carbonatos do Andar Albiano” (Dias, 1998, p. 174). Demercian (1996, *apud* Dias 1998; 2005) caracterizou, em linhas sísmicas, o caráter “*onlapante*” do pacote evaporítico sobre os refletores de um alto vulcânico do Platô de São Paulo. A partir destas constatações, Dias (1998, 2005) conclui que, se a idade “*de 113 Ma corresponder ao evento vulcânico principal*”, formador da Dorsal, “*pode-se supor que os evaporitos sejam um pouco mais jovens, possivelmente com idade entre 112 e 113 Ma*”.

Neste sentido, Dias (2005) vai mais além e infere que os 2.000m de sal do Evento Ibura, que jazem no Platô de São Paulo, poderiam ter sido formados em 600.000 anos. Com estes e outros argumentos, Dias (1998, 2005) postulou que “*no final do Neo-Aptiano, uma extensa e rasa bacia evaporítica com mais de 1500 km de extensão e até 500 km de largura formou-se ao norte da barreira representada pela Dorsal de São Paulo*”, tornando-se o registro mais conspicuo do neo-aptiano para as bacias situadas a leste da margem continental brasileira (Figura 1).

Em caráter subordinado, sotopostos e lateralmente aos evaporitos, Dias (1998, 2005) também reconheceu depósitos continentais e marinhos epicontinentais de suposta idade aptiana terminal. Porém, essa inferência careceu de confirmação bioestratigráfica. No entender do autor, tais informações são “*muito controversas*”. Não obstante, para Dias (1998, 2005), tais corpos sedimentares seriam mais novos do que topo da palinozona P-230: portanto, pertencentes ao Alagoas “*superior*”.

Em Ogg *et al.* (2016), a Comissão Internacional de Estratigrafia ratifica a “*nova*” base estratigráfica do Albiano, e estabelece a sua geocronologia, com a idade absoluta de $113,14 \pm 0,4$ Ma (Figura 2). Esta idade, muito semelhante àquela reportada por Dias (1998) para o traqui-andesito amostrado no poço ST-2 ($113,2 \pm 0,1$ Ma), estimula a adotar, como *datum* regional representativo do início do Albiano, a base deste amplo depósito evaporítico. Em tese, esta solução poderia ser aplicada para as bacias de Santos até Sergipe-Alagoas (Figura 1). Importa registrar ainda que embora não tenha analisado os dados desta última, nem aqueles das pequenas bacias interiores nordestinas e nem das outras situadas

mais a norte e noroeste, no entender de Dias (1998, p. 173), os Evaporitos Ibura poderiam ter equivalentes coevos nas bacias do Araripe, Parnaíba e Ceará.

Deve ser dito que a associação do topo do Alagoas à base do Albiano foi proposta por outros autores que se dedicaram ao estudo das bacias brasileiras, como demonstrado na Figura 8.

Ressalte-se a notável convergência entre as datações radiométricas para a vulcânica do Alto de Florianópolis ($113,2 \pm 0,1$ Ma) e para a base do Andar Albiano ($113,14 \pm 0,4$ Ma), na escala do Tempo Geológico atual. Além disso, a adoção da base do sal como marco do início do Albiano tem como grande vantagem representar o limite inferior de uma espessa camada de rocha, contínua, de ampla distribuição regional e depositada em curto período de tempo, passível, portanto, de ser admitida como uma superfície síncrona. Por fim, citam-se como méritos adicionais os seguintes fatos: (1) ser facilmente rastreável em seções sísmicas; (2) ser bem caracterizada em perfis geofísicos de poços; (3) ter associação sólida com um horizonte da porção mais superior específico do Andar Alagoas; (4) e a sua identificação ser mais confiável do que as controversas informações aportadas pela bioestratigrafia de palinomorfos e de foraminíferos.

Um fato complicador à proposta de adotar a “*Base do Sal*” como referência para o início do Albiano está na ocorrência, na Bacia de Sergipe-Alagoas, de depósitos evaporíticos mais antigos, os Evaporitos Paripueira. Contudo, embora de Ida-de Alagoas, tais depósitos são anteriores ao topo da zona P-230. Depósitos aparentemente correlatos, de distribuição restrita e precipitados em contexto tectônico distinto, de fase rifte, são registrados nas bacias do Espírito Santo e Camamu-Almada. Esta situação, permitiria especular sobre uma primeira incursão marinha, de expressão regional, com depósitos relictuais conservados, até o momento, nestas três bacias. Poderiam também representar corpos d’água lacustres com elevada salinidade, guardando ou não, estes lagos, conexão entre si. Por certo, somente com estudos estratigráficos e paleogeográficos mais detalhados e com este foco, será possível responder quanto à relevância regional ou local des-

ses depósitos evaporíticos mais antigos e seu valor como *datum* cronoestratigráfico para as bacias da margem continental brasileira.

Em contraponto, o Evento Ibura impera incontestemente como elemento balizador de um momento único, transformador na Geologia dessas bacias e relacionado aos estágios iniciais do proto-oceano Atlântico Sul. Daí a enorme importância de tentar consagrá-lo como referência cronoestratigráfica para a base do Albiano, na margem leste brasileira. Obviamente, não se pode fazer isto sem elencar e contestar, se possível for, os argumentos científicos conflitantes a esta proposta.

O argumento mais contundente contra a hipótese de associar a base dos evaporitos do Evento Ibura à base do Albiano está no fato de Koutsoukos (1989), ter reconhecido foraminíferos aptianos, acima destes sais, na Bacia de Sergipe-Alagoas. Reforçando esta constatação, estudos recentes citam a presença de foraminíferos planctônicos e nanofósseis calcários associados ao Aptiano em estratos acima dos sais Ibura, nas bacias da margem leste brasileira e sua contraparte africana (Kochhann, 2012; Alves *et al.*, 2017). Corroborando ainda esta interpretação, Tedeschi *et al.* (2017) ofereceram argumentos apoiados em perfis de $\delta^{13}\text{C}$ e da concentração de Carbono Orgânico Total (COT), em amostras do tipo rocha-total, de dois poços da Bacia de Campos e um em Santos.

Infelizmente estes autores não cotejaram suas interpretações com as seguintes condicionantes: (a) o fato da Dorsal de São Paulo (“*uma muralha vulcânica*”) limitar a sul as camadas de sal; (b) a idade de $113,2 \pm 0,1$ Ma obtida para o traqui-andesito amostrado no Alto de Florianópolis, quase coincidente com os $113,14 \pm 0,4$ Ma estabelecidos para a base do Albiano, pela Comissão Internacional de Estratigrafia; e (c) o caráter “*onlapante*” da base dos evaporitos sobre um alto vulcânico da Dorsal de São Paulo.

Como se observa, evidencia-se uma aparente incongruência entre ferramentas estratigráficas de estimativa do tempo geológico. De um lado, aquelas que oferecem resultados indiretos, no caso a bioestratigrafia e a quimioestratigrafia, e de outro, aferições diretas por meio de datação radiométrica.

Considerar como aptiana boa parte da plataforma carbonática situada acima dos evaporitos acarretaria o rompimento de um paradigma construído e ratificado por muitas pesquisas, que sempre associaram ao Albiano estes calcários pós-sal (Dias-Brito, 1982, 1995; Spadini *et al.*, 1988; Azevedo, 2004).

Isto seria irrelevante, não fosse o dado objetivo de uma datação radiométrica em rochas vulcânicas imediatamente sotopostas à base do “Evento Ibura”, praticamente no momento em que se encerrava o tempo aptiano. É legítimo especular que a pujança deste evento tenha relação com fenômenos que, em outras partes do mundo, causaram desequilíbrios na circulação marinha à época. Além disso, a ingressão marinha formadora do proto Atlântico Sul poderia ser responsável por uma queda eustática, ocasionando, mundialmente, erosões e hiatos adjacentes ao limite Aptiano-Albiano. Azevedo (2001) comenta sobre a discordância que separa estratos aptianos daqueles albianos por toda a Bacia Anglo-parisense (região do Mar de Tétis). Do mesmo modo, Huber & Leckie (2011), em *sites* do IODP, reconhecem hiatos na passagem Aptiano-Albiano no Atlântico Norte e na porção austral dos oceanos Atlântico Sul e Índico. Ogg *et al.* (2016, Figura 13.1, p. 168) postulam, justamente no limite Aptiano-Albiano, um recuo do “*Onlap*” costeiro.

A rápida precipitação desta espessa camada de sal pode ter alterado também a condição química dos oceanos e, desta forma, ter afetado a paleobiota de então. O distúrbio (*turnover*) observado na fauna de foraminíferos planctônicos em depósitos da transição Aptiano-Albiano, observado em algumas regiões do mundo, pode estar relacionado ao sequestro do sal do meio aquoso oceânico, com sua concomitante precipitação no substrato marinho do proto Atlântico Sul. De acordo com Huber & Leckie (2011) e Petrizzo *et al.* (2012), este distúrbio, que teve amplitude da ordem de 1 Ma, caracterizou-se: (a) pela extinção de espécies relativamente grandes e com longa amplitude geocronológica; (b) pela acentuada queda de abundância de foraminíferos planctônicos em relação aos bentônicos; e (c) pelo surgimento de espécies com pequenas dimensões. A constatação desta mudança na morfologia e arquitetura das tecas dos planctônicos levou Huber & Leckie (2011) a promo-

verem um rearranjo taxonômico dos foraminíferos, descrevendo novos táxons. Dentre eles, destaca-se o gênero *Microhedbergella*, composto por algumas espécies novas com dimensões reduzidas. Com base nesta mudança na paleobiota dos planctônicos, Kennedy *et al.* (2014) propuseram que a base do Albiano, na sua seção-tipo em *Col de Pré-Guittard* (França), fosse definida a partir da primeira ocorrência estratigráfica da espécie *Microhedbergella renilaevis*, proposição aceita pela Comissão Internacional de Estratigrafia, em 2016.

Então, como compatibilizar a idade albiana ora sugerida para os evaporitos Ibura com a presença de microfósseis planctônicos, tidos como aptianos (Koutsoukos, 1989; Kochhann, 2012; Alves *et al.*, 2017), nos carbonatos pós-sal imediatamente acima do sal Ibura, nas bacias da margem leste brasileira? E como explicar a similitude das excursões nos perfis geoquímicos de poços das bacias brasileiras com as do estratótipo do Aptiano?

O diacronismo dos eventos biológicos é sempre uma possibilidade a ser considerada, conforme aqui ilustrado (Figura 4) pelo exame de um grupo de espécies de nanofósseis calcários, com PO ou UO nos andares Aptiano e Albiano. Portanto, sugere-se que esta possibilidade tenha efetivamente ocorrido nas águas epicontinentais do proto Atlântico Sul, oriundas do Mar de Tétis. Com o término da acumulação de sal, cogita-se que condições relativamente hipersalinas ainda persistissem durante a fase mais inicial da deposição carbonática no proto-oceano, em contraste com o que ocorria nas demais águas marinhas do globo. Isto seria reflexo das condições climáticas vigentes na região, ainda submetida a balanço hídrico negativo sob clima quente e seco (Dias-Brito, 1982; Spadini *et al.*, 1988; Azevedo, 2004). Essas mesmas condições teriam acarretado maior longevidade para certas espécies de foraminíferos planctônicos, já extintas alhures, desde o final do Aptiano. Situações similares de diferentes provincialismo são reportadas no próprio Tétis europeu, originando associações biogeográficas segregadas por latitude, especialmente entre os amonóides.

Já a similitude das excursões nos perfis geoquímicos de poços das bacias brasileiras com seções

de referência internacionais do Aptiano é mais facilmente explicável, visto que estes eventos são recorrentes no tempo (Jones & Jenkyns, 2001). No caso em questão, faz-se mister considerar que importantes e similares excursões globais positivas dos isótopos de carbono, medidas em carbonatos e Carbono Orgânico Total (COT) marcam estratos tanto do Aptiano como do Albiano.

Tal como no caso de seus estratos mais inferiores (triássicos ou jurássicos?), persistem controvérsias na correlação cronoestratigráfica do topo da Série Recôncavo com os andares globais. A presente reflexão advoga a equiparação entre a base do “Evento Ibura” e a base do Albiano, em quase todas as bacias da margem leste brasileira (de Santos a Sergipe-Alagoas). O esperado acúmulo de um crescente volume de informações e interpretações geológicas advindo da perfuração de poços em águas ultra-profundas, dirigidos ao Pré-Sal, poderá ou não confirmar esta tese. Terão especial importância: (a) novas datações radiométricas de rochas vulcânicas, eventualmente interpostas ao pacote sedimentar da Série Recôncavo nas bacias da margem leste; e (b) datações radiométricas em minerais evaporíticos do Evento Ibura, com base em técnicas empregadas mundialmente (Phillips *et al.*, 1993; Renne *et al.*, 2001; Léost & Féraud, 2001).

5 Considerações Finais

Schaller (1969) e Viana *et al.* (1971) lançaram as bases para a correlação da Série Recôncavo com o Mesozoico. Schaller (1969), indicou o topo da série próximo ao limite Aptiano-Albiano. Por sua vez, Viana *et al.* (1971) interpretaram de modo questionável que o limite superior do Andar Dom João equivaleria ao limite Jurássico-Cretáceo. Depois deles, houve outras contribuições importantes, mas fato é que ainda hoje restam grandes incertezas sobre os ajustes destes andares locais com aqueles que balizam a cronoestratigrafia mundial.

Este trabalho expõe, de modo simplificado, aspectos relativos à definição, datação e correlação da Série Recôncavo e seus andares, com as unidades globais do Mesozoico. Comenta, com pouco mais de detalhe, a importância e limitação dos fósseis como referência principal em inferências cronoestrati-

gráficas, alertando para o diacronismo inerente aos eventos biológicos, não raro, ignorado, diante da dificuldade ou impossibilidade em estimá-lo. Por isto, a importância de integrá-los com informações de outras ferramentas estratigráficas, em especial aquelas oriundas de datações radiométricas, quer em rochas sedimentares ou em rochas magmáticas extrusivas.

Os dados obtidos pelo método de Rb/Sr em rocha total, em afloramentos, nas bacias do Recôncavo e de Sergipe-Alagoas, apontam para uma idade triássica para os andares Dom João e base do Rio da Serra. Porquanto precárias, as inferências que levaram à atribuição jurássica atualmente adotada, justificam valorizar esta interpretação alternativa. Por certo, uma resposta mais consistente recomenda novas datações radiométricas nas seções mais novas da Série Recôncavo, confrontando-as com as idades interpretadas a partir das associações esporo-polínicas observadas em seus andares.

Por sua vez, a adoção da base dos depósitos evaporíticos do “Evento Ibura” como limite entre os andares Alagoas-Albiano, em quase toda a margem leste brasileira, é uma solução extremamente conveniente para fins de cronocorrelação. Sustentam esta proposta: (a) o fato da Dorsal de São Paulo limitar a sul as camadas de sal; (b) a datação de $113,2 \pm 0,1$ Ma obtida para o traqui-andesito amostrado no Alto de Florianópolis, praticamente coincidente com os $113,14 \pm 0,4$ Ma estabelecidos para a base do Albiano pela Comissão Internacional de Estratigrafia; e (c) o caráter “*onlapante*” da base dos evaporitos sobre alto vulcânico da Dorsal de São Paulo.

Assim, a incursão marinha que originou o proto Atlântico Sul e a maciça precipitação evaporítica que a sucedeu teriam causado modificações expressivas nas águas marinhas globais, acarretando importantes impactos paleoceanográficos e paleoecológicos. Tais impactos seriam a principal causa da mudança observada na fauna de foraminíferos planctônicos na transição Aptiano-Albiano em algumas regiões do mundo, a qual serviu de referência para definir a nova base do Albiano (Kennedy *et al.*, 2014).

A interpretação acima colide com recentes dados de natureza bio- e quimioestratigráfica em bacias brasileiras. Estas aparentes incongruências po-

dem ser explicadas pelo diacronismo de bioeventos e pela recorrência da assinatura quimioestratigráfica no Aptiano e Albiano. Ambos os argumentos conferem sustentação adicional à teoria que reconhece a base do Sal como *datum* do Albiano basal em quase toda a margem leste brasileira. Se confirmada, esta nova interpretação implicará maior longevidade, em águas sul-atlânticas, de espécies de foraminíferos planctônicos, consideradas indicadoras do Aptiano em seções do Tétis e de outras partes do globo.

6 Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos à Ana Maria Pimentel Mizusaki (USP) pela leitura crítica do manuscrito, pelos valiosos comentários relativos às datações radiométricas e pelo fornecimento de trabalhos importantes; Aristóteles Rios Netto, Silvia Clara Pereira da Silva e Thamara Daniel Alves pelo franco acesso ao Laboratório de Micropaleontologia Aplicada do Departamento de Geologia/ Instituto de Geociências/UFRJ, para a consulta a importantíssimos trabalhos referenciados neste artigo. Pelo mesmo motivo, os autores agradecem a Mitsuru Arai, companheiro de longa data. Por fim, agradecem aos seguintes amigos, por sempre estimularem os debates acadêmicos e por refutarem verdades científicas dogmáticas: Sylvia Maria Couto dos Anjos, Pierre Magalhães, Adali Ricardo Spadini, Mitsuru Arai e Dimas Dias-Brito.

7 Referências

- Aguiar, G.A.G. & Mato, L.F. 1990. Definição e relações estratigráficas da Formação Afligidos nas Bacias do Recôncavo, Tucano Sul e Camamu, Bahia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 36, Natal 1990. *Anais. Sociedade Brasileira de Geologia*, Natal, 1: 157-170.
- Alves, C.F.; Lima, F.H.O. & Shimabukuro, S. 2017. New Aptian calcareous nannofossil species from Brazil. *Journal of Nanoplankton Research*, 37(1):15-23.
- Arai, M.; Hashimoto A.T. & Uesugui, N. 1989. Significado cronoeestratigráfico da Associação Microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 3(1/2): 87-103.
- Arai, M. 2014. Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective. *Brazilian Journal of Geology*, 44:339-350.
- Arai M.; Lana, C.C. & Pedrão, E. 1994. Ecozona *Subtilisphaera* spp.: Registro eocretáceo de um importante episódio ecológico do Oceano Atlântico primitivo. *Acta Geologi-*

- ca *Leopoldensia*, XVII, 39(2):521-538.
- Azevedo, R.L.M. 2001. *O Albiano no Atlântico Sul: estratigrafia, paleoceanografia e relações globais*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 401 p. Tese (Doutorado).
- Azevedo, R.L.M. 2004. Paleoceanografia e a evolução do Atlântico Sul no Albiano. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 12(2): 231-249.
- Campos Neto, O. P. A. & Lima, W.S, Cruz, F.E.G. 2007. Bacia de Sergipe-Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2):405-415.
- Cann, J.H. & Deckker, P. de. 1981. Fossil Quaternary and living from athalassic (non-marine) saline lakes, Southern Australia. *Journal of Paleontology*, 55(3):660-670.
- Dias, J.L. 1998. *Análise sedimentológica e estratigráfica do Andar Aptiano em parte da margem leste do Brasil e no Platô das Malvinas – Considerações sobre as primeiras incursões marinhas e ingressões marinhas do oceano Atlântico Sul Meridional*. Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 2 vol.
- Dias, J.L. 2005. Tectônica, estratigrafia e sedimentação no Andar Aptiano da margem leste brasileira. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 13(1): 7-25.
- Dias-Brito, D.; Uesugui, N. & Hashimoto, A.T. 1987. Uma reflexão histórica em torno do Andar Alagoas - importante e problemática unidade cronoestratigráfica do Cretáceo Inferior do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 1(1):111-115.
- Dias-Brito, D. 1982. Evolução paleoecológica da Bacia de Campos durante a deposição dos calcilitos, margas e folhelhos da Formação Macaé (Albiano e Cenomaniano?). *Boletim Técnico da Petrobras*, 25(2):84-97.
- Dias-Brito, D. 1992. Ocorrências de calcisferas em depósitos carbonáticos do Atlântico Sul: impacto na configuração paleoceanográfica do Tétis Cretácico. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCEAS BRASILEIRAS, 2:30-34.
- Dias-Brito, D. 1995. *Calcisferas e microfácies em rochas carbonáticas pelágicas. Curso de Pós-graduação em Geociências*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado 3 vol.
- Feijó, F.J. 1994. Bacias de Sergipe e Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8(1):149-153.
- Gradstein, F.M. 2004. *Introduction*. In: GRADSTEIN F.M.; OGG, G. & SMITH, A.G.(eds.). *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, p. 3-19.
- Guzmán-González, J. 2016. Non-marine Ostracoda from the Aliança Formation in the North-Central portion of the Jatobá Basin, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 19(1):15-24.
- Huber, B.T. & Leckie, R.M. 2011. Planktic Foraminiferal Species Across Deep-Sea Aptian/Albian Boundary Sections. *Journal of Foraminiferal Research*, 41(1):53-95.
- Jones, C.E & Jenkyns, H. 2001. Seawater Strontium Isotopes, Oceanic Anoxic Events, and Seafloor Hydrothermal Activity in the Jurassic and Cretaceous. *American Journal of Science*, 301:112-149.
- Kennedy, W.J.; Gale, A.S.; Huber, B.T, Petrizzo, M.R.; Bown, P.; Barchetta, A. & Jenkyns, H.C. 2014. Integrated stratigraphy across the Aptian/Albian boundary at Col de Pré-Guittard (southeast France): a candidate Global Boundary Stratotype Section. *Cretaceous Research*, 51:248-259.
- Koutsoukos, E.A.M. 1989. *Mid- to late cretaceous microbiostratigraphy, palaeoecology and palaeogeography of the Sergipe Basin, northeastern Brazil*. Department of Geological Sciences of Polytechnics South West, Plymouth. Tese de Doutorado. 645p.
- Kochhann, K.G.D. 2012. *Foraminíferos planctônicos e bentônicos do intervalo Aptiano-Albiano do DSDP Site 364 (Bacia de Kwanza): taxonomia, bioestratigrafia e implicações paleoceanográficas*. Programa de Pós-graduação em Geologia Universidade Vale do Rio Sinos (UNISINOS), Dissertação de Mestrado, 162p. URL:(<http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/4476>). Acesso em 10.9.2017.
- Léost, I. & Féraud. G.2001. First absolute dating of Miocene langbeinite evaporites by ⁴⁰Ar/³⁹Ar laser step-heating: [K₂ Mg₂ (SO₄S)₃] stebnyk mine (Carpathian Foredeep Basin). *Geophysical Research Letters*, 28(23):4347-4350.
- Mizusaki, A.M.P. 1992. *Comportamento do Rb e do Sr em sedimentos recentes: implicação na datação radiométrica de rochas sedimentares*. Programa de Pós-graduação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 132p.
- Mizusaki, A.M.P.; Melo J.H.G.; M.L.M. & Steemans P. 2002. Vila Maria Formation (Silurian, Paraná Basin, Brazil): integrated radiometric and palynological age determinations. *Geological Magazine* 139 (4):453-463.
- NASC. 2005. North American Stratigraphic Code. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin (AAPG Bull)*, 89(11):1547-1591.
- Ogg, J.G. 2012. *Geomagnetic Polarity Time Scale*. In: GRADSTEIN F.M.; OGG J.G.; SCHMITZ M.D. & OGG G.M. (eds.). *The Geologic Time Scale 2012*. Elsevier, p.85-113.
- Ogg, G.J.; Ogg, G.M. & Gradstein, F.M. 2016. *A Concise Geologic Time Scale 2016*. Amsterdam, Elsevier. 234 p.
- Petri, S.; Coimbra, A.M.; Amaral G. & Ponçano, W.L. 1986. Guia de Nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências* 16:376-415.
- Petrizzo, M.R.; Huber, B. T.; Gale, A. S.; Barchetta, A. B. & Jenkyns, H.C. 2012. Abrupt planktic foraminiferal turnover across the Niveau Kilian at Col de Pré-Guittard (Vocontian Basin, southeast France): new criteria for defining the Aptian/Albian boundary. *Newsletters on Stratigraphy*, 45(1): 55-74.
- Phillips, F.M, Zreda, M.G, Ku, T-L, Luo, S. & Huang, Q.; Elmore, D, Kubik, P.W.; Sharma, P. 1993. ²³⁰Th/²³⁴U and ³⁶Cl dating of evaporite deposits from the western Qaidam Basin, China: Implications for glacial-period dust export from Central Asia. *Geological Society of America Bulletin*, 105(12):1606-1616.
- Regali, M.P. & Viana, C.F. 1989. *Sedimentos do Neojurássico-Eocretáceo do Brasil – Idade e correlação com a escala internacional*. Rio de Janeiro. Petróleo Brasileiro S.A. Serviço de desenvolvimento de recursos humanos. 95p.
- Renne, P.R.; Sharp, W.D.; Montañez, I.P.; Becker, T.A. & Zierenberg, R.A. 2001. ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of Late Permian evaporites, southeastern New Mexico, USA. *Earth and Planetary Science Letters*, 193(3-4): 539-547.
- Resig, J. M. 1974. Recent foraminifera from a landlocked

- Hawaiian lake. *Journal of Foraminiferal Research*, 4(2): 69-76.
- Schaller, H. 1969. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe/Alagoas. *Boletim Técnico da Petrobras*, 12(1):21-86.
- Silva, D.R.A.; Mizusaki, A.M.P.; Milani, E.J. & Tassinari, C. C.G. 2006. Idade deposicional da Formação Bananeiras (Bacia de Sergipe-Alagoas): uma aplicação do método radiométrico Rb-Sr em rochas sedimentares. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 14(2):235-245.
- Silva, D.R.; Mizusaki, A.M.P.; Milani, E. J. & Pimentel, M. 2012. Depositional ages of Paleozoic and Mesozoic pre-rift supersequences of the Recôncavo Basin in northeastern Brazil: A Rb-Sr radiometric study of sedimentary rocks. *Journal of South American Earth Sciences*, 37:13-24.
- Silva, O.B.S.; Caixeta, J.M.; Milhomem, P.S. & Kosin, M.D. 2007. Bacia do Recôncavo. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 423-431.
- Silva-Telles Jr., A. 1995. *Estratigrafia de Sequências de alta resolução do Membro Coqueiros da Formação Lagoa Feia (Barremiano?/ Aptiano da Bacia de Campos – Brasil)*. Curso de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, dissertação de Mestrado, 2 vol.
- Spadini, A.R.; Esteves, F.R.; Dias-Brito, D.; Azevedo, R.L.M. & Rodrigues, R. 1988. The Macaé Formation, Campos Basin, Brazil: Its evolution in the context of the initial history of the South Atlantic. *Revista Brasileira de Geociências*, 18(3):261-272.
- Tedeschi, L. R.; Jenkyns, H.C.; Robinson, S.A.; Sanjinés, A.E.S.; Viviers, M.C.; Quintaes, C.M.P. & Vazquez, J.C. 2017. New age constraints on Aptian evaporites and carbonates from the South Atlantic: Implications for Oceanic Anoxic Event 1a. *Geology*, 45(6):543–546.
- TimeScale Creator chart* (URL: <https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/tscreator/index/index.php>). Acesso em 01.11.2017.
- Thomaz Filho, A. & Lima, V.Q. 1981. Datação radiométrica de rochas sedimentares pelíticas pelo método Rb/Sr. *Boletim Técnico Petrobras*, 24(2): 109-119.
- Viana, C.F.; Gama-Jr E.G.; Simões, I.A.; Moura, J.A.; Fonseca J.R. & Alves, R.J. 1971. Revisão Estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da Petrobras* 14(3/4):57-192.
- Viana, C.F. 1980. Cronoestratigrafia dos sedimentos da margem continental brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Cmburiú1980, *Anais*. Sociedade Brasileira de Geologia, Camboriú, 2: 832-843.