



**Micropaleontologia da Litofácies Recifal da  
Formação Pirabas (Mioceno inferior), Estado do Pará, Brasil**

Micropaleontology of the Reef Facies of the Pirabas Formation (Lower Miocene), Pará State, Brazil

Vladimir de Araújo Távora;  
Bruna Leal Passos de Souza & Ignácio de Loiola Alvares Nogueira Neto

*Laboratório de Paleontologia, Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará,  
Caixa Postal 8608, CEP 66075-110, Belém, Pará, Brasil.*

*E-mails: vladimir@ufpa.br, leal-bruna@hotmail.com, ignacioneto@ufpa.br*

Recebido em: 05/08/2014      Aprovado em: 01/10/2014

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2014\\_2\\_100\\_110](http://dx.doi.org/10.11137/2014_2_100_110)

## Resumo

Este trabalho apresenta os resultados da análise sistemática e paleoambiental dos foraminíferos, ostracodes e microbriozoários nos três estágios da sucessão ecológica da litofácies recifal da Formação Pirabas, aflorante na praia do Maçarico, município de Salinópolis, Pará. A diversidade específica é baixa e a pequena abundância relativa tipificam ambiente recifal eutrófico de águas rasas, quentes, com alta energia e elevada disponibilidade de carbonato de cálcio. As associações atestam variedade na composição substratal de acordo com os estágios de sucessão ecológica, bem como influência continental que causou oscilações nos gradientes dos parâmetros ambientais. A intensa diagênese parece ter dissolvido muitos microfósseis mas não alterou significativamente a oritocenose original.

**Palavras-chave:** Formação Pirabas; biohermito; microfósseis

## Abstract

This work presents the resulting data from microfossils analysis of the Pirabas Formation reef lithofacies, exposed in the Maçarico beach, Salinópolis city, Pará State, Brazil. The specific diversity and abundance indicates reef environment developed in warm and shallow waters with high energy and high availability of calcium carbonate. The microfossils also suggest low to moderate sedimentation rate and variable substrate composition. The intense diagenesis appears to have dissolved many specimens but the structure of the primary oritocoenosis was preserved.

**Keywords:** Pirabas Formation; fossil reef; microfossils

## 1 Introdução

Um bioherma é um corpo lentiforme de origem orgânica, de composição interna peculiar, que podem estar encaixados em rochas de diferentes composições. Representa uma acumulação *in situ* de organismos bentônicos ou acumulações em pilhas de detritos esqueléticos, em um ambiente com nível de energia baixo a moderado que propicia rápido crescimento de uma comunidade. (Davis Jr., 1983; James, 1983; Tucker & Wright, 1990).

Como consequência da variada e complexa estrutura esquelética dos recifes, suas múltiplas fases de bioerosão por organismos perfuradores, sedimentação interna, cimentação e diagênese, os carbonatos recifais possuem uma gênese complexa e peculiar em escala macroscópica, constituindo materiais bioconstruídos *in situ*, e por esta razão a eles não podem ser aplicadas as propostas clássicas de classificação das rochas carbonáticas. Nesse contexto estes carbonatos são genericamente chamados de biolitos ou *boundstones*. Por meio de feições texturais e de fábrica, o componente autóctone pode ser classificado como *bafflestone*, que inclui organismos dispersos, com crescimento verticalizado que aprisionam sedimentos entre eles de maneira desordenada, tais como corais ramificados; *blindstone*, designa agrupamentos de organismos tabulares ou incrustantes que aprisionam sedimentos, tais como as algas coralíneas, e formam uma incrustação plana; e *framestone*, inclui os organismos com estrutura maciça, tais como alguns corais, que formam uma armadura resistente. O componente alóctone pode ser classificado como *floatstone* e *rudstone*, em substituição a *wackstone* e *rudstone*, se mais de 10% das partículas são maiores que 2 mm. (Davis Jr, 1983; Embry & Klovan, 1971; James, 1983; Riding, 2002; Tucker & Wright, 1990).

Segundo Monismith (2007) a complexidade geométrica dos recifes de corais induz mecanismos de fluxo desde a escala de colônias de corais até de recifes inteiros. A estrutura de carbonato produzida pelos pólipos dos corais é uma superfície muito resistente, que promove a transferência de massas de água amortecendo o choque das ondas para que o fluxo seja menos intenso sobre os organismos de modo que transporte os nutrientes entre eles. Segundo este mesmo autor, o fluxo ao redor de recifes isolados gera vorticidade vertical, ou seja, a água movimentada-se como redemoinhos aumentando a energia local. A crista recifal é a área mais afetada pelas ondas, logo apresenta maior grau de abrasão e fragmentação de espécimes.

O calcário aflorante na Praia do Maçarico foi interpretado como um biohermito, a partir do padrão faciológico e conteúdo biótico (Ferreira, 1980; Góes *et al.*, 1990; Rossetti & Góes, 2004) composto predominantemente por corais hermatípicos, algas coralíneas e equinóides, secundarizado por briozoários e bivalvíos incrustantes, todos típicos de recifes (Figura 1). Neste trabalho é realizada a caracterização sistemática e paleoambiental dos três principais grupos de microfósseis da carapaça calcária - foraminíferos, ostracodes e microbriozoários deste recife antigo.

## 2 Materiais e Métodos

As amostras estudadas nesta pesquisa foram coletadas entre 2008 e 2010, onde foram realizadas caracterizações geológica, mineralógica, sedimentológica, estratigráfica e estrutural nos blocos que compõem o afloramento correspondente ao biohermito. A segunda etapa foi a identificação dos componentes bióticos macroscópicos e suas interações, suas feições paleoecológicas e bioestratinômicas, e sua relação com a litologia. A última etapa tratou da coleta de 12 amostras para análise micropaleontológica mediante as técnicas usuais de separação e triagem de microfósseis da rocha matriz.

Foram utilizados os métodos de tratamento de amostras para separação de microfósseis convencionais de desagregação mecânica, peneiramento via úmida, secagem, separação dos microfósseis sob lupa binocular Carl Zeiss Stemi SV-6 e armazenagem em células de Franke. Os táxons mais representativos foram ilustrados mediante Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) modelo Zeiss, modelo Leo 1430, seguindo os métodos usuais de preparação do material nos *stubs*.

## 3 A Formação Pirabas: Litofácies Recifal

A sucessão miocênica do Estado do Pará desenvolveu-se sob condições de forte controle tectônico, com o desenvolvimento de vales incisivos que se encaixam ao longo de zonas de falhas (Rossetti & Góes, 2004), cuja evolução é entendida como decorrente do último episódio de manifestação extensional na margem equatorial brasileira, relacionado ao evento de separação América do Sul – África (Costa *et al.*, 1993).

O arranjo dos depósitos da Formação Pirabas evidencia padrão geral progradacional, revelado

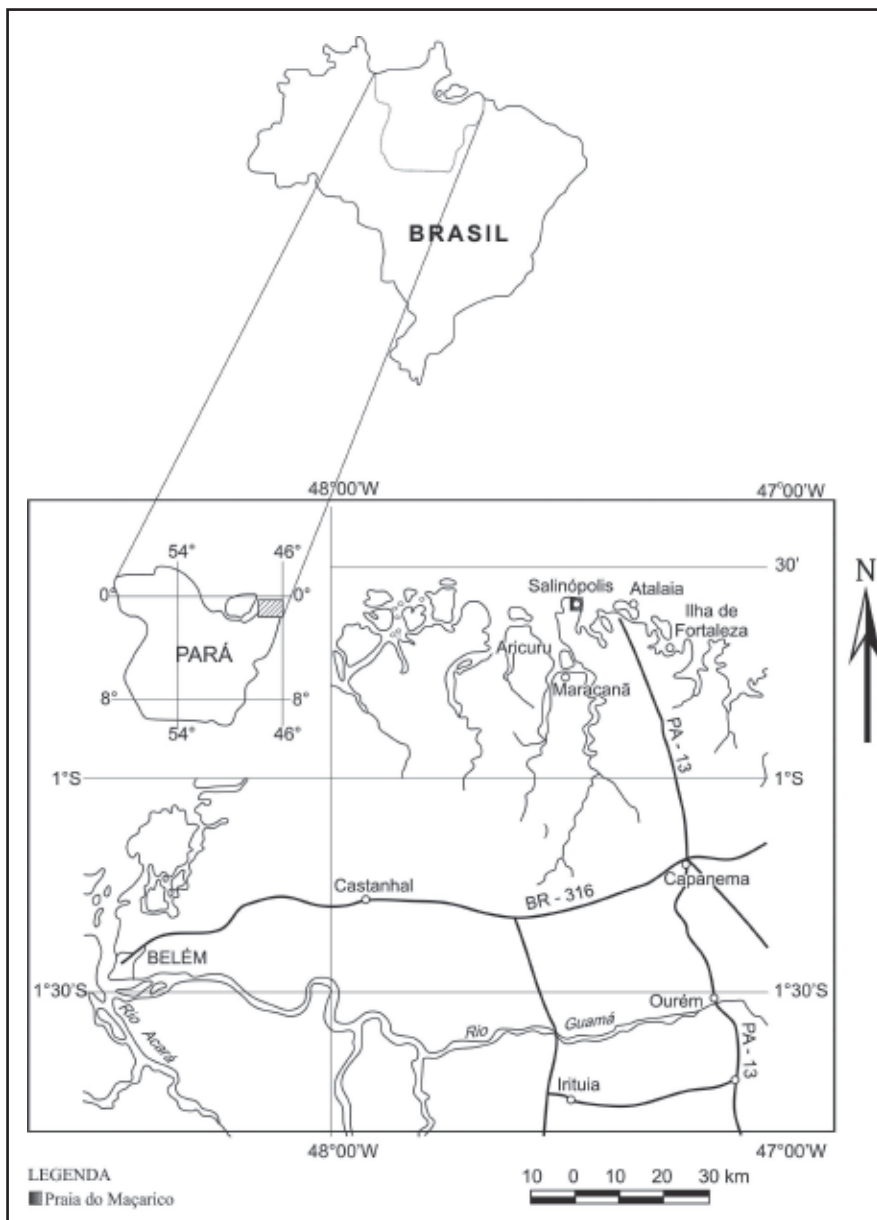


Figura 1 Mapa de localização da área estudada em Salinópolis, Estado do Pará.

pela superposição de fácies de plataforma aberta por fácies progressivamente mais costeiras, associadas a sistema deposicional contendo ilhas-barreiras (Góes *et al.*, 1990). Também foram reconhecidos vales estuarinos incisivos, através da abundância de depósitos formados sob influência de processos de marés em ambientes canalizados, típicos de estuários. Estes depósitos caracterizados por litologias típicas com gradações laterais e verticais, geneticamente relacionadas com uma variedade de outros depósitos comuns a sistemas estuarinos, destacando-se particularmente delta de maré, baía/laguna estuarina, planície de maré e mangue. O relacionamento destes depósitos com estratos atribuídos à plataforma rasa, e a associação icnológica, com representantes de

ambientes marinhos estressados e com influência de água salobra, são importantes elementos na caracterização de fácies proximais, intermediárias e distais estuarina nesses estratos (Rosseti & Góes, 2004).

A litofácies recifal da Formação Pirabas aflora no município de Salinópolis, que juntamente com a seção aflorante da Ilha de Fortaleza constituem uma das suas mais expressivas exposições em toda a sua área de ocorrência, sob a forma de blocos métricos, alongados na direção NW-SE, fortemente afetado por fraturas, estando a maioria em posição original e alguns basculados, em posição inclinada a verticalizado. Sua extensão

areal, aliada à composição, espessura, variação textural e relações espaciais/macrofósseis das três litofácies identificadas, bem como a extensão areal do bioherma, sugerem que esta bioconstrução constituiu uma unidade de sedimentação contínua, acumulada e desenvolvida sob condições de trato de sistema transgressivo passando a trato de sistema transgressivo de mar alto, durante um curto intervalo de tempo (Figura 2).

O perfil geológico deste bioherma apresenta uma sucessão de três litofácies com pequenas variações no conteúdo biótico macroscópico e padrões preservacionais, caracterizando uma comunidade abundante e pouco diversa (Figura 3).

As litofácies individualizadas da base para o topo representam três estágios de uma sucessão ecológica autogênica, onde cada um deles prepara o meio para o próximo, pois cada comunidade abundante e pouco diversa altera o ambiente para que outra adaptada às novas condições ocupe com êxito o ecoespaço.

A litologia margosa basal, *bafflestone*, corresponde ao estágio de estabilização do recife, provavelmente restrito à fase inicial da instalação do trato de sistema transgressivo, onde os altos topográficos pré-existentes no substrato do mar de Pirabas, foram inundados e colonizados. O substrato duro deve ter sido disponibilizado a partir

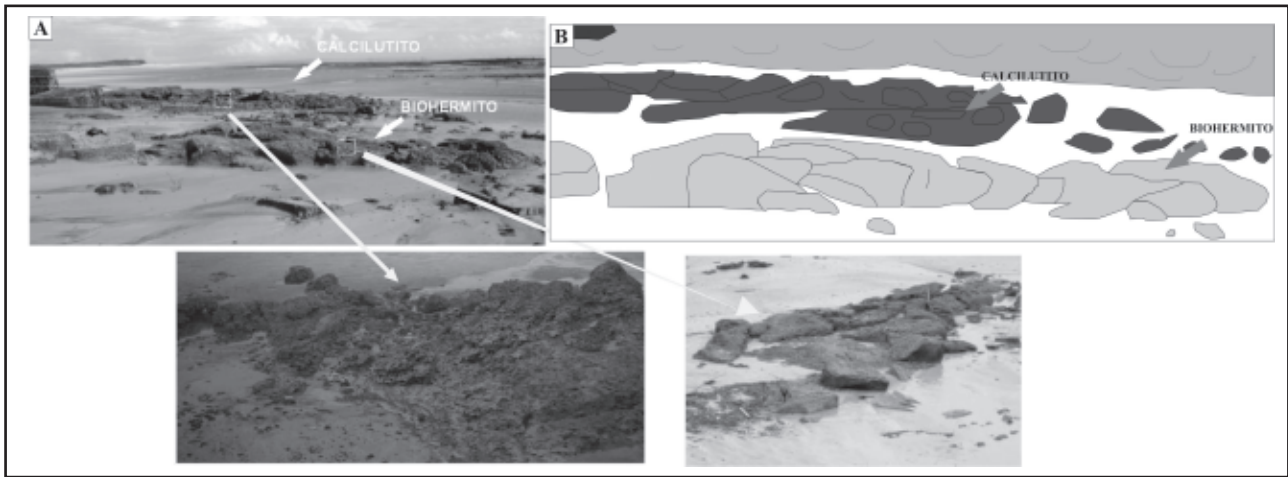


Figura 2 Vista geral dos blocos métricos. Destaque para litofácies biohermito e calcilito (A); (B) Representação esquemática das litofácies.

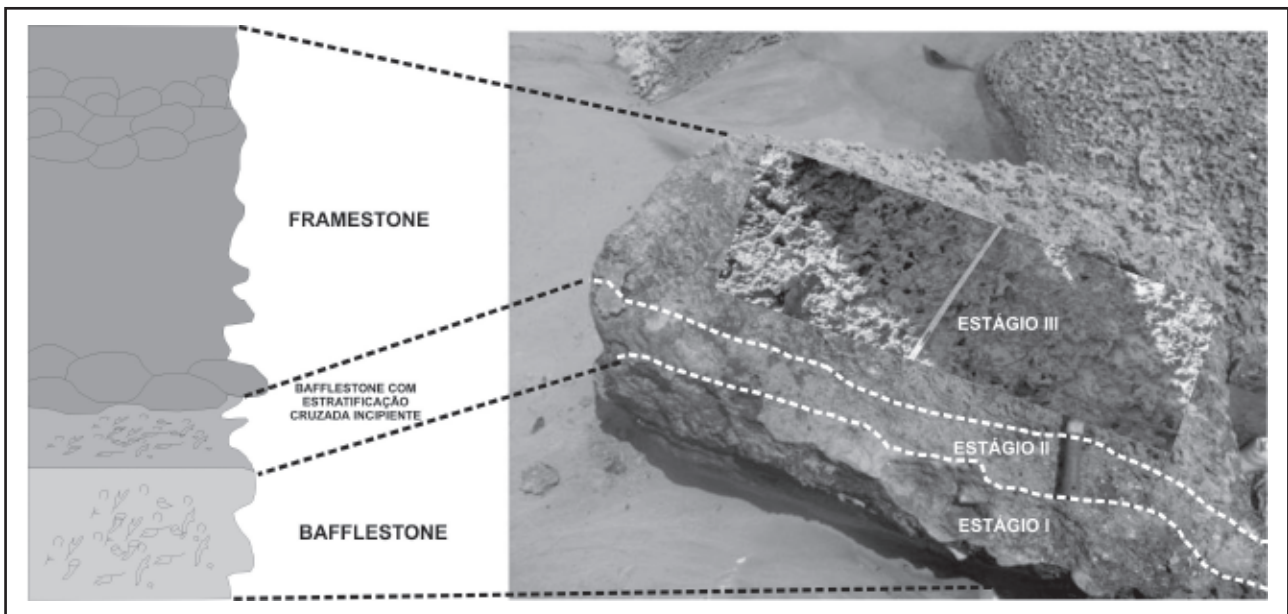


Figura 3 Perfil esquemático e bloco métrico do biohermito com as suas três litofácies, com destaque para a complexa malha de crostas algálicas da litofácies de topo.

de fragmentos do fluxo biogênico inconsolidado e dos restos esqueléticos algálicos já viventes na área, formando pequenos refúgios de substratos duros compostos por restos inorgânicos que permitiam a fixação das larvas dos metazoários. A litofácies intermediária, também *bafflestone*, representa a segunda fase de acreção biohermal – colonização, o primeiro substrato sólido e estável, o pulso inicial de colonização do recife, porém ainda com baixas diversidade e representatividade numérica. Por fim, a litofácies de topo, *framestone*, correspondente a fase de diversificação do recife, compreende a maior parte da massa recifal, onde a construção começa seu crescimento vertical em direção ao nível do mar. O número de táxons dobra, e a sua representatividade numérica atinge seu máximo, quando a concentração de esqueletos de corais produz um arcabouço fechado, e tornam-se muito frequentes fragmentos de moluscos e equinodermas, além de estruturas de bioturbação.

## 4 Micropaleontologia

### 4.1 Análise Microfaunística

O estudo micropaleontológico revelou um conteúdo de associações caracterizadas por baixa diversidade genérica e representatividade numérica entre todos os estágios de sucessão ecológica do biohermito. Para os foraminíferos foram utilizadas as classificações sistemáticas de Loeblich & Tappan (1988) e Stainforth *et al.* (1975). As propostas de Benson *et al.* (1961), Benson & Coleman II (1963), Maddocks (1969), Távora (1992, 1994a, 1994b) foram adotadas para os ostracodes, enquanto os microbriozoários foram identificados com base nos arranjos de Bassler (1953) e Távora & Fernandes (1994). Além deste apanhado bibliográfico foram também consultadas outras fontes complementares específicas.

A fauna de foraminíferos é pouco abundante e pouco diversa, composta por 126 espécimens recuperados nas amostras dos três estágios de sucessão ecológica do biohermito, enquadrados nos táxons (Figuras 4 e 5) *Ammonia beccarii* (d'Orbigny), *Amphistegina lessonii* (d'Orbigny), *Bolivina escalprata* Maxfadyen, *Elphidium sagrum* (d'Orbigny), *Elphidium* sp.1, *Elphidium* sp. 2, *Pyrgo subsphaerica* (d'Orbigny), *Quinqueloculina akneriana* (d'Orbigny), *Quinqueloculina lustra* (Cushman).

A ostracofauna é também pouco diversa, composta por 81 valvas isoladas e 235 carapaças, assim distribuídos 55 e 164 no estágio de

estabilização, 5 e 34 no estágio de colonização e 21 e 37 no estágio de diversificação (Figuras 5 e 6), onde foram reconhecidas *Aurilla amygdala* (Stephenson), *Cytherelloidea obliquecostata* (Bold), *Loxococoncha* sp., *Loxocorniculum* sp., *Macropyxis* sp., *Munseyella minuta* (Bold), *Neocaudites* sp., *Neonesidea amygdaloides* (Brady), *Neonesidea bradyi* (Bold), *Paracypris* sp., *Paranesidea* sp., *Quadracythere* sp., *Tenedocythere turda* (Holden) e *Xestoleberis dactylotypa* (Bold).

Os briozoários possuem baixa diversidade específica e elevada abundância, reunindo as macrocolônias de *Lunulites* e *Steginoporella*, e colônias de microbriozoários (Figuras 5 e 7) representadas por *Crisia* sp., *Vincularia* sp., *Nellia oculata* (Busk), *Bugula* sp., *Metrahabdotos* sp., *Pasythea tulipifera* (Ellis & Solander) e *Vittaticella elegans* (Busk), totalizando 711 indivíduos no estágio estabilização, 94 no estágio colonização e 556 no estágio diversificação.

### 4.2 Interpretações Paleoambientais

Os dados supracitados aliados aos levantados sobre a diagênese das rochas analisadas sugerem que muitos indivíduos podem ter sido dissolvidos, explicando talvez a modesta oritocenose originada a partir de um ecossistema normalmente muito rico em associações bióticas.

A utilização de critérios ecológicos/paleoecológicos e tafonômicos dos microfósseis do biohermito possibilitou complementar a reconstrução paleoambiental deste específico ecossistema, já realizada com base nos macrofósseis (Távora *et al.*, 2013).

O estudo dos foraminíferos bentônicos foi baseado nos critérios de táxons dominantes, relação foraminíferos plantônicos/foraminíferos bentônicos, diversidade genérica, indicadores ambientais e tamanho dos espécimes. Segundo Pinheiro (2006), os ostracodes e briozoários são, em grande parte, tolerantes a variações ambientais, logo o estudo dessas faunas complementa as informações obtidas a partir deste grupo de protistas.

No estudo dos ostracodes as interpretações tiveram base na relação entre morfologia e substrato, em alguns indicadores ambientais e na relação entre valvas isoladas e carapaças.

Os dados levantados permitiram a observação de tendências faunísticas que possibilitaram a

Micropaleontologia da Litofácies Recifal da Formação Pirabas (Mioceno inferior), Estado do Pará, Brasil  
 Vladimir de Araújo Távora; Bruna Leal Passos de Souza & Ignácio de Loiola Alvares Nogueira Neto

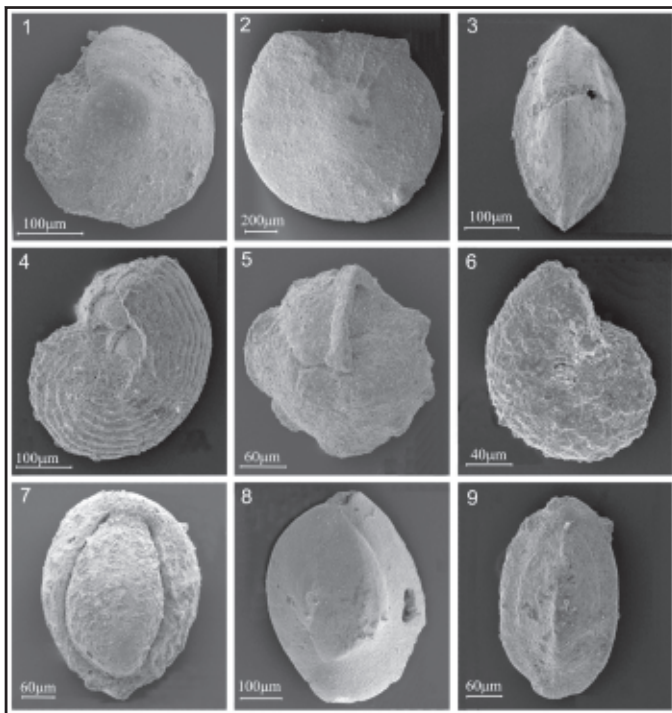


Figura 4 Foraminíferos reconhecidos na litofácies recifal da Formação Pirabas: 1 - *Ammonia beccarii* (d'Orbigny); 2 - *Amphistegina lessonii* (d'Orbigny); 3 - *Bolivina escalprata* Maxfadyen; 4 - *Elphidium sagrum* (d'Orbigny); 5 - *Elphidium* sp1.; 6 - *Elphidium* sp2.; 7 - *Pyrgo subsphaerica* (d'Orbigny); 8 - *Quinqueloculina akneriana* (d'Orbigny); 9 - *Quinqueloculina lustra* (Cushman).

Espécies	Estágio da sucessão ecológica		Colonização		Diversificação	
	Estabilização		V	C	V	C
<b>Foraminíferos</b>						
<i>Ammonia beccarii</i>	2		-			1
<i>Amphistegina lessonii</i>	38		4			44
<i>Bolivina escalprata</i>	1		-			-
<i>Elphidium sagrum</i>	-		-			2
<i>Elphidium</i> sp1.	-		-			4
<i>Elphidium</i> sp2.	-		-			1
<i>Pyrgo subsphaerica</i>	1		-			5
<i>Quinqueloculina akneriana</i>	1		-			4
<i>Quinqueloculina lustra</i>	5		-			13
<b>Total</b>	<b>48</b>		<b>4</b>			<b>74</b>
	V	C	V	C	V	C
<b>Ostracodes</b>						
<i>Aurila amygdala</i>	12	40	3	10	6	13
<i>Cytherelloidea obliquecostata</i>	-	-	-	-	-	1
<i>Loxocancho</i> sp.	2	5	-	1	-	-
<i>Loxocorniculum</i> sp.	5	6	-	2	-	-
<i>Macropyxis</i> sp.	-	1	-	-	1	2
<i>Munseyella minuta</i>	1	1	-	-	-	-
<i>Neocaudites</i> sp.	1	-	-	-	-	-
<i>Neonesidea amygdaloides</i>	12	4	2	4	7	-
<i>Neonesidea bradyi</i>	2	15	-	-	2	6
<i>Paracypris</i> sp.	1	6	-	-	-	4
<i>Paranesidea</i> sp.	1	20	-	2	3	5
<i>Quadracythere</i> sp.	5	48	-	11	1	3
<i>Tenedocythere turda</i>	11	15	-	4	1	3
<i>Xestoleberis dactylotipa</i>	2	3	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>164</b>	<b>5</b>	<b>34</b>	<b>21</b>	<b>37</b>
<b>Briozoários</b>						
<i>Crisle</i> sp.	33		1			7
<i>Vincularia</i> sp.	13		1			-
<i>Nella oculata</i>	560		85			522
<i>Bugula</i> sp.	85		7			22
<i>Metraboldos</i> sp.	-		-			1
<i>Pasythea tulpifer</i>	16		-			2
<i>Vittaticella elegans</i>	4		-			2
<b>Total</b>	<b>711</b>		<b>94</b>			<b>556</b>

Figura 5 Distribuição das espécies de foraminíferos, ostracodes e briozoários nos estágios de sucessão ecológica do biohermito. V- valvas, C- carapaças.

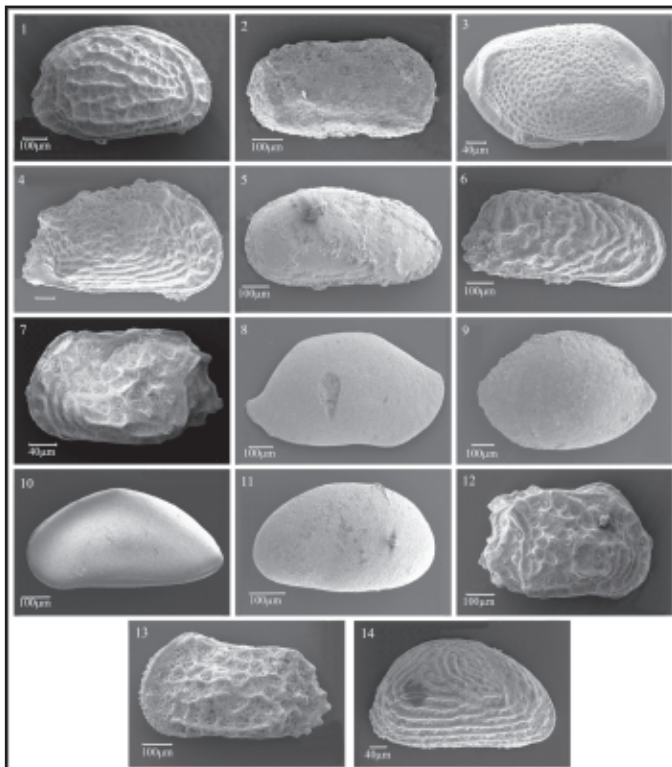


Figura 6 Representantes da ostracofauna encontrada na litofácies recifal da Formação Pirabas: 1 - *Aurila amygdala* (Stephenson); 2 - *Cytherelloidea obliquecostata* (Bold); 3 - *Loxocancho* sp.; 4 - *Loxocorniculum* sp.; 5 - *Macropyxis* sp.; 6 - *Munseyella minuta* (Bold); 7 - *Neocaudites* sp.; 8 - *Neonesidea amygdaloides* (Brady); 9 - *Neonesidea brady* (Bold); 10 - *Paracypris* sp.; 11 - *Paranesidea* sp.; 12 - *Quadracythere* sp.; 13 - *Tenedocythere turda* (Holden); 14 - *Xestoleberis dactylotipa* (Bold).

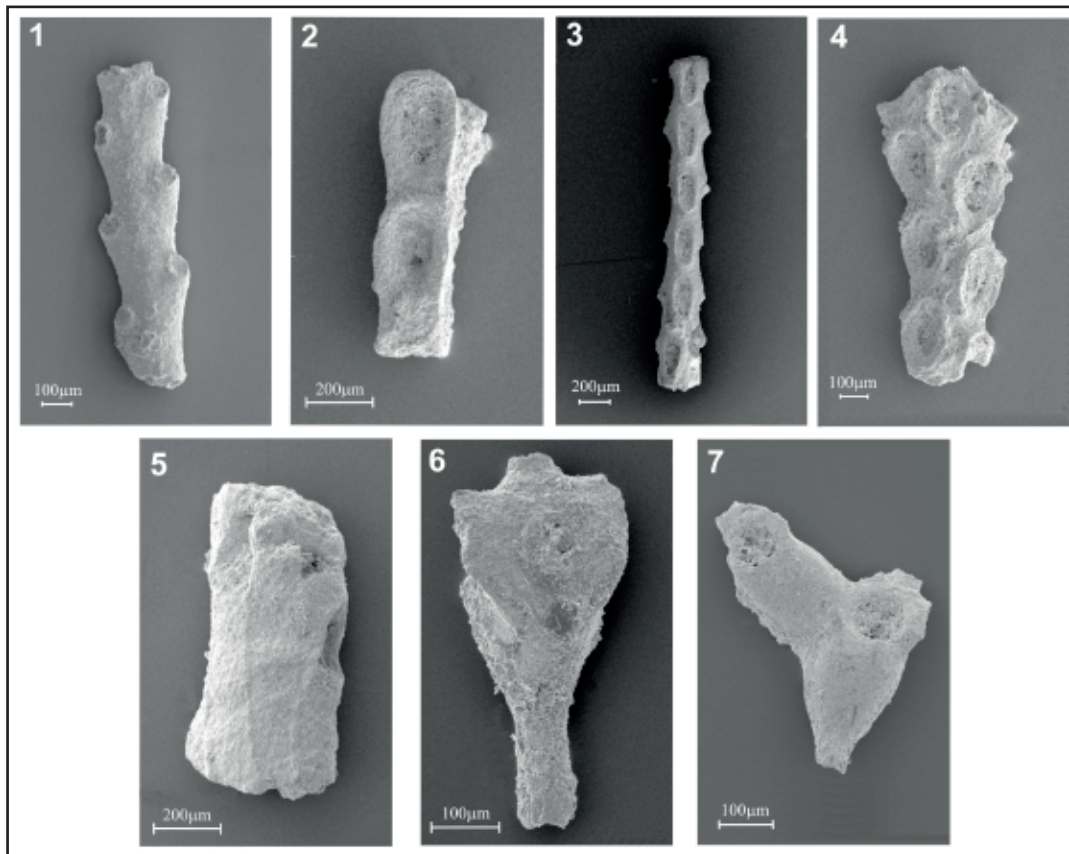


Figura 7  
Composição taxonômica dos microbriozóários na litofácies recifal da Formação Pirabas: 1 - *Crisia* sp.; 2 - *Vincularia* sp.; 3 - *Nellia oculata* (Busk); 4 - *Bugula* sp.; 5 - *Metrahabdotos* sp.; 6 - *Pasythea tulipifera* (Ellis & Solander); 7 - *Vittaticella elegans* (Busk).

interpretação da evolução paleoambiental a partir da microfauna em consonância com os elementos macrobentônicos.

#### 4.2.1 Foraminíferos

Os táxons identificados pertencem às subordens Miliolina e Rotaliina, com baixas diversidade específica e dominância, bem como tamanho unitário inferior ao normal. Estes dados refletem oscilação dos gradientes dos parâmetros ambientais e tratar-se de uma comunidade jovem ou em estabelecimento, que se desenvolveu rapidamente por meio de alta favorabilidade em um curto intervalo de tempo (Petri & Vieira, 1974; Tinoco, 1989). A composição taxonômica pode também estar influenciada pela maior resistência de suas tecas, que por serem mais robustas suportam os processos de saltação e arrasto desgastando-se em menor grau do que as formas aglutinantes e microgranulares (Murray, 1991; Araujo & Machado, 2008).

As tecas coletadas apresentam sinais de abrasão, sendo que algumas estão fragmentadas

e outras com coloração amarelada. Classificando a associação resultante de modificações *post mortem* segundo Murray (1991), a associação de foraminíferos do biohermito está situada no campo IC – transporte pequeno ou ausente, presente em lama, silte ou areia lamosa, com poucas e pequenas tecas calcárias e/ou tecas hialinas quebradas e opacas – caracterizando abrasão moderada. A cor amarelada pode ser resultado de uma baixa velocidade de deposição, possibilitando a oxidação dos grãos, ou ainda do revolvimento de sedimentos pela alta energia do ambiente (Batista *et al.*, 2007).

Os gêneros encontrados são comuns em águas rasas, sendo que *Amphistegina* ocorre até profundidades de 50m – as algas comensais que o acompanham são restritas à zona fótica, assim como *Ammonia*, enquanto *Elphidium* é raro abaixo de 28m (Murray, 1991). Os espécimes de *Elphidium* do biohermito também ocorrem no estágio de diversificação, que é correspondente a um trato de sistema de mar alto que provavelmente atingiu profundidades em torno de 50m.

A espécie *Amphistegina lessonii* é abundante e indicadora de águas límpidas de áreas recifais, e

muito resistente ao desgaste imposto pelo transporte e dissolução (Bruno *et al.*, 2009; Moraes & Machado, 2001). Esta espécie ocorre em todos os estágios de sucessão ecológica, sendo mais abundante no estágio de diversificação, composto por areia quartzosa com silte e lama carbonática, coincidindo com o tipo de sedimento em que ocorre nos complexos recifais atuais (Ribeiro, 2009). O reduzido tamanho da população dessa espécie no biohermito pode ser também resultante da instabilidade nos parâmetros ambientais.

Segundo Ribeiro (2009), os gêneros *Quinqueloculina*, *Pyrgo*, *Elphidium* e *Ammonia* predominam em substratos argilosos a areno-argilosos e, segundo Murray (1991), *Bolivina* é típico de substrato de areia fina a lamoso. Esses dados condizem com o encontrado no biohermito para os três gêneros mais abundantes no estágio de diversificação, cuja litofácies também é composta por silte e lama carbonática.

Não foram recuperados foraminíferos planctônicos em nenhum estágio de sucessão ecológica do biohermito, em detrimento ao que ocorre nas outras litofácies da Formação Pirabas, que permitem supor a ligação deste mar com o oceano Atlântico. Esta ausência pode estar relacionada com a forma, estrutura porosa e menor espessura das câmaras, que torna as suas tecas mais suscetíveis à dissolução (Távora & Coelho, 2006). A ausência de texturários pode ser explicada pelas preferências ambientais ou intensidade dos processos tafonômicos que ocasionaram sua total destruição.

O conteúdo foraminíferológico e as características litofaciológicas definem um ambiente recifal de águas rasas e quentes de alta energia, provavelmente com influência continental. As variações da associação faunística e dos substratos nos estágios de sucessão ecológica refletem a variação das condições ambientais de trato de sistema transgressivo, caracterizado pelas areias calcárias e predomínio de *Amphistegina*, a trato de sistema transgressivo de mar alto, com deposição de silte e lama carbonática e o aumento no número de espécimes dos gêneros *Quinqueloculina*, *Pyrgo* e *Elphidium*, que são característicos desse tipo de sedimento.

#### 4.2.2 Ostracodes

Segundo Tinoco (1989) ainda não há relação bem definida entre ostracodes e profundidade, por habitarem desde regiões plataformais até

abissais, sendo mais abundantes e diversificados na plataforma continental, onde as populações possuem pequeno tamanho. A relação ostracodes/foraminíferos aumenta a medida que se caminha das zonas marinhas profundas em direção aos ambientes marginais (Piovesan, 2008). O predomínio da representatividade dos ostracodes sobre os foraminíferos atesta subambiente de águas rasas com oscilação dos gradientes dos parâmetros ambientais e conseqüente influência continental. A maior ocorrência de carapaças em relação a valvas isoladas caracteriza fidelidade em relação a tanatocenose original, ou seja, transporte pequeno ou nulo.

A relação entre morfologia e substrato está representada nos estágios de sucessão ecológica do biohermito, de modo que no estágio estabilização, caracterizado por areias calcárias, as espécies ornamentadas estão em maior quantidade que as lisas, tanto em número de indivíduos como na diversidade específica. O inverso ocorre no estágio de diversificação, que também é composto por lama carbonática, onde as formas lisas estão em maior proporção.

O gênero *Paranesidea* é habitante de águas rasas e quentes, muito comum em ambientes coralíneos e fundos constituídos por algas calcárias (Ghilardi, 2004). O registro deste gênero associado com a dominância das espécies *Aurila amygdala* e *Quadracythere sp.*, dotadas de carapaças robustas e com ornamentação reticulada, sugerem ambiente recifal com alta energia (Tinoco, 1989), sendo que a ação de correntes está também evidenciada pela fragmentação, expressiva ocorrência de valvas isoladas, cuja proporção em relação á carapaças varia entre 25% no estágio de estabilização e 36% no estágio de diversificação, bem como pela coloração amarelada de algumas valvas e carapaças, na maioria de formas lisas, advindas do revolvimento dos sedimentos que permitiu a sua oxidação.

Outras espécies dos gêneros *Neonesidea* e *Xestoleberis* e em especial *Tenedocythere cruciata* e *Aurila cicatricosa* são típicas de ambientes coralíneos (Faranda *et al.*, 2008), e permitem extrapolar para os táxons do biohermito estas particularidades ecológicas, já que pertencem aos mesmo gêneros e seus ambientes tendem à similaridade.

As interpretações paleoambientais a partir dos elementos da ostracofauna corroboram ambiente deposicional coralíneo de águas rasas, quentes e com alta energia. A variação na dominância de formas ornamentadas no estágio de estabilização para formas lisas no estágio de diversificação



representa a mudança no tipo de substrato de, respectivamente, sedimentos de granulação mais grossa para granulação fina, representados pela lama carbonática.

#### 4.2.3 Briozoários

Os elementos deste grupo biológico constituem um importante elemento do ecossistema recifal por serem fixadores do fluxo biogênico inconsolidado, originado de todos os organismos de carapaça calcária e do sistema como um todo. No biohermito se repetem os aspectos da sucessão e estabilidade ecológica comum nos ecossistemas recifais, sugerindo que a associação briozoológica está bem preservada em relação a sua composição taxonômica original.

As macrocolônias de *Steginoporella* ocorrem como estruturas modulares muito abundantes no estágio diversificação, e juntamente com as crostas de origem algálica perfazem a estrutura rígida do paleorecife. As cavidades naturais que se formaram nesta malha fusionada, resultante da forma e crescimento irregular dos demais bioconstrutores, favoreceram a ocupação nestes espaços denominados refúgios espaciais, pelas macrocolônias multisseriais de *Lunulites*, e todas as microcolônias supracitadas, dotadas de esqueleto rígido com ramos delicados, e também articulados nos representantes de *Crisia* e *Nellia*.

O zoário frágil e pouco calcificado de *Crisia*, assim como o zoário multisserial espesso de *Nellia*, encontrados com frequência no biohermito, não são elementos alóctones, pois possuem articulações entre seus ramos, que favorecem sua vida em ambientes agitados, nas porções mais superficiais dos refúgios espaciais.

A variedade de morfologias zoariais permite supor que a taxa de sedimentação era baixa a moderada. O alto grau de fragmentação indica alto nível de energia do ambiente no momento da formação da concentração fossilífera, enquanto que o baixo grau de abrasão nos delicados fragmentos zoariais pode refletir transporte nulo ou muito pequeno. Enquanto isso, as feições de recristalização dos zoários sugerem grande quantidade de líquidos percolantes ricos em  $\text{CaCO}_3$  durante a diagênese oriundo provavelmente de conchas aragoníticas de outros táxons associados a estes.

Os dados supracitados e a alta taxa de calcificação dos zoécios estudados permitem

supor que a briozoofauna é típica de regiões de águas rasas e quentes, tropicais, com alta energia cuja alta disponibilidade de carbonato de cálcio e também nutrientes, favoreceu a instalação de uma fauna abundante, diversa e estável. A maior representatividade numérica dos gêneros *Crisia*, *Nellia*, *Vitaticella* e *Pasythea* no estágio de estabilização indica a situação inicial da formação da litofácies, com substrato rígido temporário.

#### 5 Conclusões

O estudo da micropaleontologia da litofácies biohermito da praia do Maçarico, município de Salinópolis, estado do Pará, corroborou com os dados litológicos para a interpretação das condições paleoambientais de formação desse recife fóssil.

As faunas de foraminíferos, ostracodes e briozoários apresentam baixa diversidade genérica e específica, sugerindo que a intensa diagênese local dissolveu muitos espécimes acumulou uma orictocenose com tamanhos de populações reduzidos para um ecossistema normalmente rico em associações bióticas. As associações encontradas para os três grupos são comuns de águas rasas e quentes de ecossistemas recifais e o modo de ocorrência das mesmas atesta que representam a composição taxonômica original. Os foraminíferos são mais sensíveis a variações de fatores ambientais como turbidez, salinidade, profundidade e oxigênio, enquanto os ostracodes e os briozoários são mais tolerantes. Embora a ausência de formas planctônicas possa estar relacionada com a forma, estrutura porosa e espessura de suas tecas, que os tornam mais suscetíveis à dissolução durante a diagênese (Távora & Coelho, 2006), a caracterização de uma orictocenose tipicamente recifal, pode também significar que a litofácies calcirudito, que envolvia o bioherma, isolava-o das águas oceânicas, impedindo assim o acúmulo de foraminíferos pelágicos.

A abundância de *Amphistegina lessonii* e a ocorrência de *Paranesidea sp.* definem ambiente coralíneo com fundos constituídos por algas calcárias, corroborando as caracterizações feitas em estudos anteriores. A alta energia do meio é evidenciada pela ocorrência de espécies de ostracodes com valvas robustas e pelos briozoários com forma de crescimento ereto com ramos robustos ou dotados de articulações, além do alto grau de fragmentação destes e da ocorrência de valvas isoladas de ostracodes. A variedade de morfologias zoariais na associação de briozoários e a coloração amarelada

de espécimes dentre os três grupos indicam taxa de sedimentação baixa a moderada e revolvimento dos sedimentos de fundo.

O desenvolvimento do recife foi possibilitado pela transgressão marinha, através da qual houve espaço suficiente para o crescimento vertical do mesmo. Os estágios de sucessão ecológica são caracterizados não só pela mudança litológica, mas também pelo conteúdo fóssilífero. Inicialmente, no estágio de estabilização composto por areias calcárias, os gêneros *Crisia*, *Nellia*, *Vittaticella* e *Pasythea* predominavam entre os briozoários, que tipificam substrato rígido temporário (algas, crustáceos, moluscos e equinóides), e entre os ostracodes predominavam as espécies ornamentadas, mais comuns em sedimentos mais grossos; já o último estágio apresentado pelo biohermito, o estágio de diversificação, apresenta sedimentos mais finos, silte e lama carbonática, nos quais predominaram as formas lisas dos ostracodes e entre os foraminíferos houve o aumento no número de espécimes dos gêneros *Quinqueloculina*, *Pyrgo* e *Elphidium*, comuns nesses sedimentos. Quanto a profundidade alcançada, a dominância de *Amphistegina*, que ocorre até profundidades de 50m, no estágio de diversificação corrobora com as informações de que o mar de Pirabas teria alcançado profundidades em torno dessa cota.

## 6 Referências

- Araújo, H.A.B. & Machado, A.J. 2008. Benthic Foraminifera associated with the South Bahia Coral Reefs, Brazil. *Journal of Foraminiferal Research*, 38(1): 23-38.
- Bassler, R.S. 1953. Bryozoa. In: MOORE, R.C. (ed.). *Treatise on invertebrate paleontology*, Part G, New York, University of Kansas Press and Geological Society of America, 253p.
- Batista, D.S.; Vilela, C.G. & Koutsoukos, E.A.M. 2007. Influência dos fatores ambientais na preservação da microfauna de foraminíferos bentônicos no ambiente recifal dos Parrachos de Maracajá, RN, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 30: 92-103.
- Benson, R.H.; Berdan, J.M.; Bold, W.A. van den; Hanai, T.; Hessland, I.; Howe, H.V.; Kesling, R.V.; Levinson, S.A.; Reymont, R.A.; Moore, R.C.; Scott, H.W.; Shaver, R.H.; Sohn, I.G.; Stover, L.E.; Swain, F.M.; Sylvester-Bradley, P.C. & Wainwright, J. 1961. Ostracoda. In: MOORE, R.C. (ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology, Arthropoda 3*, Part Q, New York, University of Kansas Press and Geological Society of America, 442p.
- Benson, R.H. & Coleman II, G.L. 1963. Recent marine ostracods from the eastern Gulf of Mexico. *The University of Kansas, Paleontological Contributions*, Arthropoda, 2: 1-52.
- Braga, Y.S.; Machado, A.J. & Moraes, S.S. 2008. A fauna de Rotallida (Foraminiferida) da borda do recife de Itacimirim, Bahia, Brasil: um estudo comparativo do sedimento e das algas como substrato. *Revista de Geologia*, 21(2): 147-157.
- Bruno, R.L.M.; Araújo, H.A.B. & Machado, A.J. 2009. Análise das assembléias de foraminíferos no sedimento superficial do Recife de Fora, região sul da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 39: 599-607.
- Costa, J.B.S.; Borges, M.S.; Bermeguy, R.L.; Fernandes, J.M.G. & Costa Jr., P.S. 1993. A evolução cenozóica da região de Salinópolis, nordeste do Estado do Pará. *Geociências (Universidade Estadual de São Paulo)*, 12: 373-396.
- Davis Jr., R.A. 1983. *Depositional Systems*. New York, Prentice Hall Inc, p.485-527.
- Embry, A.F. & Klován, J.E. 1971. A Late Devonian reef tract of northeastern Banks Island, Northwest Territories. *Bulletin of the Canadian Petroleum Geologists*, 19: 730-781.
- Faranda, C.; Cipollari, P.; Cosentino, D.; Gliozzi, E. & Pipponzi, G. 2008. Late Miocene ostracod assemblages from eastern Mediterranean coral reef complexes (central Crete, Greece). *Revue de micropaleontology*, 51: 287-308.
- Ferreira, C.S. 1980. Correlação da Formação Pirabas (Mioceno inferior), N e NE do Brasil, com as formações Chipola e Tampa da península da Flórida, USA. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 1, Buenos Aires, 1980. *Atas*, Buenos Aires, Asociación Paleontologica Argentina, 3: 49-55.
- Ghilardi, V.G. 2004. *Origem e taxonomia dos ostracodes (Crustacea) da Ilha da Trindade, Brasil*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, 58p.
- Góes, A.M.; Rossetti D.F.; Nogueira, A.C.R. & Toledo, P.M. 1990. Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, 2: 3-15.
- James, N.P. 1983. Reef Environment. In: SCHOLLE, P.A.; BEBOUT, D.G. & MOORE, C.H. (eds.). *Carbonate Depositional Environments. The American Association of Petroleum Geologists, Memoir 33*: 345-462.
- Loeblich Jr., A.R. & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 970 p.
- Machado, A.J. & Souza, F.B.C. 1994. Principais espécies de foraminíferos e briozoários do Atol das Rocas. *Revista Brasileira de Geociências*, 24: 247-261.
- Maddocks, R.F. 1969. Revision of recent Bairdiidae (Ostracoda). *United States National Museum Bulletin*, 295:1-126.
- Monismith, S.G. 2007. Hydrodynamics of coral reefs. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 39: 37-55.
- Moraes, S. & Machado, A.J. 2001. Influência do transporte sobre a fauna de foraminíferos recentes da Praia do Forte, Bahia-Brasil. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO SOBRE CIENCIAS DEL MAR,9, *Anais*. San Andrés isla, Colombia.CD-ROM.
- Murray, J.W. 1991. *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. New York, Longman Scientific & Technical, 397p.
- Petri, S. & Vieira, E.M. 1974. Métodos de estudos paleoecológicos e as assembléias cenozóicas de foraminíferos de Caravelas, Bahia. *Boletim do Instituto de Geociências*, Universidade de São Paulo, 6: 109-127.
- Pinheiro, M.P. 2006. *Micropaleontologia da Formação Pirabas (Eomioceno) no furo F-NC/18, Nova Canindé*,

**Micropaleontologia da Litofácies Recifal da Formação Pirabas (Mioceno inferior), Estado do Pará, Brasil**  
Vladimir de Araújo Távora; Bruna Leal Passos de Souza & Ignácio de Loiola Alvares Nogueira Neto

- Município de Bragança, Estado do Pará. Universidade Federal do Pará. Trabalho de Conclusão de Curso, 53p.
- Piovesan, E.K. 2008. *Ostracodes cretáceos (Turoniano-Maastrichtiano) da Bacia do Pará-Maranhão: Aspectos taxonômicos, paleoecológicos e paleobiogeográficos*. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo. Dissertação de Mestrado, 132p.
- Ribeiro, A.S. 2009. *Estudo da distribuição vertical da microfauna de foraminíferos do sedimento de subsuperfície da plataforma continental do Complexo Recifal de Abrolhos, Sul da Bahia*. Universidade Federal da Bahia. Trabalho de Conclusão de Curso, 90 p.
- Riding, R. 2002. Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories. *Earth-Science Reviews*, 58: 163-231.
- Rossetti, D.F. & A.M. Góes, 2004. Geologia. In: ROSSETTI, D.F. & A.M. GÓES (eds.). *O Neógeno da Amazônia Oriental*. Coleção Friederich Katzer, Editora do Museu Paraense Emílio Goeldi, p.13-52.
- Stainforth, R.M.; Lamb, J.L.; Luterbacher, H.; Beard, J.H. & Jeffords, R.M. 1975. Cenozoic planktonic foraminiferal zonation and characteristics of index forms. *The University of Kansas, Paleontological Contributions*, 62:1- 425.
- Távora, V.A. 1992. *Ostracodes da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) no Estado do Pará, Brasil*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado.
- Távora, V.A. 1994a. Hemicytheridae, Loxoconchidae, Paradoxostomatidae, Pectocytheridae e Trachyleberididae (Crustacea-Ostracoda) na Formação Pirabas (Eomioceno) – Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra*, 6: 115-138.
- Távora, V.A. 1994b. Ostracodes da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) no estado do Pará. *Acta Geologica Leopoldensia*, 17 (39/1): 119-129.
- Távora, V.A. & Coelho, J.R. 2006. Tafonomia de foraminíferos da Formação Pirabas (Mioceno Inferior), Estado do Pará. *Geociências*, 25(2): 197-204.
- Távora, V.A. & Fernandes, J.M.G. 1994. Uma fáunula de briozoários da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) – Estado do Pará. *Acta Geologica Leopoldensia*, 17(39/1): 145-156.
- Távora, V.A.; Nogueira Neto, I.L.A. & Maciel, L.M. 2013. Geologia e paleontologia do biohermito da Formação Pirabas (Mioceno Inferior). *Revista do Instituto de Geociências-USP*, 13(3): 23-40.
- Tinoco, I. M. 1989. *Introdução ao estudo dos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes*. Recife, Editora Universitária da UFPE. 220 p.
- Tucker, M.E. & Wright, V.P. 1990. *Carbonate Sedimentology*. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 482 p.