



Influência dos Fatores Ambientais na Preservação da Microfauna de Foraminíferos Bentônicos no Ambiente Recifal dos Parrachos de Maracajaú, RN, Brasil
Influence of the Environmental Factors in Preservation of the Benthic Foraminifera Microfauna in the Parrachos de Maracajaú Reef Environment, RN, Brazil

Daniele Silva Batista¹; Claudia Gutterres Vilela¹ & Eduardo A. M. Koutsoukos²

¹Depto de Geologia, IGEO, UFRJ, CCMN, Rua Athos da Silveira Ramos 274, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21941-916 Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

E-mails: batistadaniele@yahoo.com.br; claudiagvilela@ufrj.br

²PETROBRAS-CENPES, Rua Horácio Macedo, 950, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21941-915 Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

E-mail: ekoutsoukos@gmail.com

Recebido em: 05/07/2007 Aprovado em: 10/09/2007

Resumo

A tafonomia tem como foco os processos post-mortem de transporte e preservação dos restos orgânicos no registro sedimentar, sendo útil nos estudos de reconstrução ambiental em sedimentos antigos. O trabalho tem como objetivo verificar o grau de dissolução, abrasão, bioerosão e fragmentação nas tecas dos foraminíferos, encontrados nos sedimentos de fundo dos Parrachos de Maracajaú, Rio Grande do Norte, e estimar a influência destes processos tafonômicos no controle dos padrões de distribuição e preservação das assembléias. Foram encontradas 51 espécies de foraminíferos bentônicos, onde a composição taxonômica é típica de ambiente recifal. As espécies *Amphistegina lessoni*, *Sorites marginalis*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Q. agglutinans*, *Peneroplis carinatus* e *Archaias angulatus* são abundantes em todas as estações amostradas. A energia do ambiente foi interpretada como elevada. As espécies foram agrupadas em dois grupos e os dados estatísticos mostram que todos os quatro processos tafonômicos (dissolução, abrasão, bioerosão e fragmentação) influenciam em conjunto os padrões de distribuição das tecas dos foraminíferos.

Palavras-Chave: tafonomia; foraminíferos bentônicos; recife de coral

Abstract

Taphonomy focuses on the post-mortem processes of transport and preservation of biotic remains in the sedimentary record, and as such it has important applications for paleoenvironmental reconstructions. The aim of this work is to verify the degree of dissolution, abrasion, bioerosion and fragmentation in foraminiferal tests recovered from bottom sediments of the Parrachos de Maracajaú, Rio Grande do Norte, and to estimate the influence of these taphonomic processes in the distribution and preservation of the assemblages. Fifty-one species of benthic foraminifera have been found in the studied site. The taxonomic composition is typical of a coral reef environment. *Amphistegina lessoni*, *Sorites marginalis*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Q. agglutinans*, *Peneroplis carinatus* and *Archaias angulatus* are abundant in all the studied localities. The energy of the environment was interpreted as high. The species have been grouped into two groups, and the statistical data show that all four taphonomic processes (dissolution, abrasion, bioerosion and fragmentation) have influenced the distribution and preservation patterns of the foraminifera.

Keywords: taphonomy; benthic foraminifera; coral reef

1 Introdução

A tafonomia tem como alvo de estudo a ação dos fatores físico-químicos e biológicos que ocasionam alterações post-mortem nos restos orgânicos afetando assim sua preservação no registro fossilífero (Parsons & Brett, 1991).

A paleoquímica da água, padrões de circulação de correntes aquáticas, taxas de sedimentação, assim como a atividade bioerosiva, podem estar representadas em tecas fósseis e atuais. Restos esqueléticos geralmente se encontram em equilíbrio com a água circundante, porém mudanças nas condições químicas podem causar a dissolução dos esqueletos, decorrentes de flutuações na temperatura, pH ou pCO₂ (Wetmore, 1987).

Para Aller (apud Walker & Goldstein, 1999), a dissolução é maior em áreas sujeitas a intensa bioturbação, porque a alcalinidade é retardada pelo aumento do fluxo de fluidos através de poros que elevam a produção de ácido carbônico mediada pela respiração aeróbica.

Alguns processos atuantes na tafonomia determinam fatores de interpretação ambiental. A incrustação, além de ser um indicador da exposição do esqueleto na interface água-sedimento, pode também indicar um ambiente específico. A quebra de esqueletos (fragmentação) é usualmente um indicador de alta energia, resultado de ações de ondas ou correntes e também pode ser potencializada em casos de perfurações por predação ou simbiose (Cotter & Hallock, 1988). A bioerosão designa estruturas erosivas ocasionadas por agentes biológicos em substratos duros, sendo uma importante ferramenta empregada em reconstruções paleoecológicas e paleoambientais (Boeckshoten, 1966; Nielsen & Bromley, 2003; Försterra *et al.*, 2005). Além disso, destrói a malha carbonática que se deposita em uma taxa geologicamente rápida e afeta a morfologia de fácies rasa e profunda de recifes, contribuindo para os fluxos de nutrientes e gases dissolvidos em recifes modernos (Acker & Risk, 1985).

As cores dos grãos carbonáticos podem refletir a história deposicional do sedimento (Duleba, 1994). Os grãos carbonáticos são naturalmente brancos, mas podem apresentar-se coloridos devido à infiltração de matéria orgânica (Ward *et al.*, 1970; Carboni *et*

al., 1982) ou à deposição de ferro e manganês (Leão & Machado, 1989). Segundo Maiklem (1967), a superfície do sedimento é geralmente um ambiente oxidante com elevados teores de bactérias e de matéria orgânica, no qual o ferro é oxidado à sua forma de hidróxido ou óxido, conhecido como limonita, que é insolúvel e usualmente se apresenta como manchas marrons nos grãos.

1.1 Foraminíferos

Os foraminíferos são organismos marinhos heterotróficos, pertencentes ao Reino Protocista e ao Filo Granuloreticulosa (Sen Gupta, 1999). Possuem uma carapaça ou teca, que, de acordo com sua composição, pode ser silicosa, aglutinante e calcária. A composição química da carapaça juntamente com sua morfologia é utilizada para classificar taxonomicamente estes microorganismos (Tinoco, 1989).

Geologicamente esses microorganismos são importantes por desenvolverem tecas que se preservam no sedimento permitindo desse modo o registro de condições e eventos que ocorrem e/ou ocorreram nos oceanos. Apresentam uma grande sensibilidade a mudanças, sejam elas naturais ou antropogênicas, que podem refletir diretamente na composição da associação ou na ornamentação das tecas (Samir & El Din, 2001). Tanto qualitativa como quantitativamente, os foraminíferos mostram limitações na sua distribuição, motivadas por variações de temperatura, salinidade, pressão e oxigênio, relacionadas com a profundidade (Madeira-Falceta, 1977). A presença de compostos inorgânicos e orgânicos causados por fatores naturais ou antropogênicos influem também na distribuição dos foraminíferos (Moraes & Machado, 2003; Lanzone *et al.*, 2005).

Estes organismos são bons indicadores da dinâmica de fundo dos sistemas bentônicos, pois as composições de suas associações e as morfologias das tecas refletem o comportamento hidrodinâmico local. A partir da ocorrência de determinadas espécies e de certas feições morfológicas nas tecas, pode-se identificar locais com diferentes graus de circulação de fundo (Thomas & Schafer, 1982; Wetmore, 1987; Cotter & Hallock, 1988; Wetmore & Plotnick, 1992; Haunold *et al.*, 1997; Li *et al.*, 1998; Scott *et al.*, 2001).

2 Caracterização da Área de Estudo

Os recifes são estruturas rígidas resistentes à ação das ondas formados pelo carbonato de cálcio secretado por organismos marinhos. Ecologicamente, recifes são qualquer estrutura rochosa submersa que promove um substrato consolidado para o crescimento da vida marinha (Guilcher, 1988).

No Brasil, os recifes de coral distribuem-se por cerca de 3000 km da costa nordeste, desde o sul da Bahia até o Maranhão, constituindo os únicos ecossistemas recifais do Atlântico sul. Os Parrachos de Maracajaú estão inseridos em um dos cinco grupos de áreas recifais existentes no Brasil e correspondem a uma linha extensa de cabeços de rochas espaçadas suportados por uma base arenítica, onde estão inscrustados corais e algas calcárias em locais concentrados, tendo o coral *Siderastrea stellata* como o principal construtor (Maida & Ferreira, 1997). A área do presente trabalho, pertence ao município de Maxaranguape, localizado a 60 km no litoral norte de Natal, distando de cerca de 7 km da praia e abrangendo uma área de aproximadamente 13 km². Sua formação recifal é considerada a mais importante da costa norte. A temperatura média anual das águas é de 28°C (Lima, 2002).

O turismo praticado nos Parrachos de Maracajaú, por serem recifes sempre submersos, é voltado para o mergulho onde o turista, mergulhador ou não, recebe informações sobre a área, como se portar no ambiente recifal e como utilizar o equipamento de mergulho. As operadoras costumam ter seus próprios restaurantes, pousada, estacionamento, marina, de duas a oito lanchas, de um a três catamarãs, além de plataformas flutuantes nos recifes. As empresas atuantes em Maracajaú costumam transportar para os recifes de 30 a 110 turistas por dia em média, dependendo do mês. Assim, há uma constante locomoção de lanchas sobre os recifes, revolvendo o sedimento de fundo, sedimento este também revolvido pelos turistas na área dos flutuantes.

O presente trabalho tem por objetivo verificar o grau de dissolução, abrasão, bioerosão e fragmentação nas tecas dos foraminíferos bentônicos e observar os padrões de coloração das carapaças de *Quinqueloculina lamarckiana*, inferindo sobre a dinâmica e o grau de preservação do ambiente.

3 Material e Métodos

As amostras foram coletadas em setembro de 2006, totalizando 12 pontos. Os pontos encontram-se entre as latitudes 05° 23' S e longitudes 35° 15' W (Figura 1). Foram coletados sedimentos superficiais de fundo (até 5 cm da interface sedimento-água) manualmente, através de mergulho com Aqua Lung-Scuba. No momento da coleta a água se encontrava turva com bastante sedimento em suspensão, dificultando a visualização.

O tratamento laboratorial constou de lavagens e peneiramento de 20 cm³ de sedimento úmido, por amostra, em peneiras de 0,062 mm e 0,50 mm de abertura de malha. Após o material secar à temperatura de 50°C, os foraminíferos bentônicos e a microbiota associada foram triados, identificados taxonomicamente e analisados quantitativamente. Utilizaram-se os padrões de abundância abaixo relacionados, que significam valores para aproximadamente 300 exemplares: S (Simples) - 1 exemplar por espécie; Raro (Raro) - de 2 a 3 exemplares ; C (Comum) - de 4 a 6 ; F (Frequente) - de 7 a 12 ; A (Abundante) - de 13 ou mais espécimes. A dominância específica é definida pela proporção de ocorrência das espécies em associação. Foram consideradas dominantes as espécies com padrão de abundância frequente (F) e abundante (A).

Utilizou-se a fração acima de 0,50 mm para os estudos de dissolução, abrasão, bioerosão e fragmentação nas carapaças dos foraminíferos. Só foi possível verificar a coloração nas espécies de *Q. lamarckiana* devido a uma maior diferença na coloração das tecas.

Após a classificação taxonômica procedeu-se o seguinte tratamento estatístico: frequência relativa, que é a razão entre o número de indivíduos de uma espécie e o total de indivíduos na amostra (Murray, 1973), e agrupamento em Modo R, que utiliza espécies, utilizando o programa Statistica 6.0 (Valentin, 2000). Para o dendrograma utilizou-se somente as espécies representativas em mais de três amostras, com o intuito de eliminar as espécies exclusivas e obter uma melhor resposta estatística.

Após a identificação, para a melhor visualização das características morfológicas das tecas, foram realizadas fotomicrografias ao microscópio eletrônico de varredura (MEV).

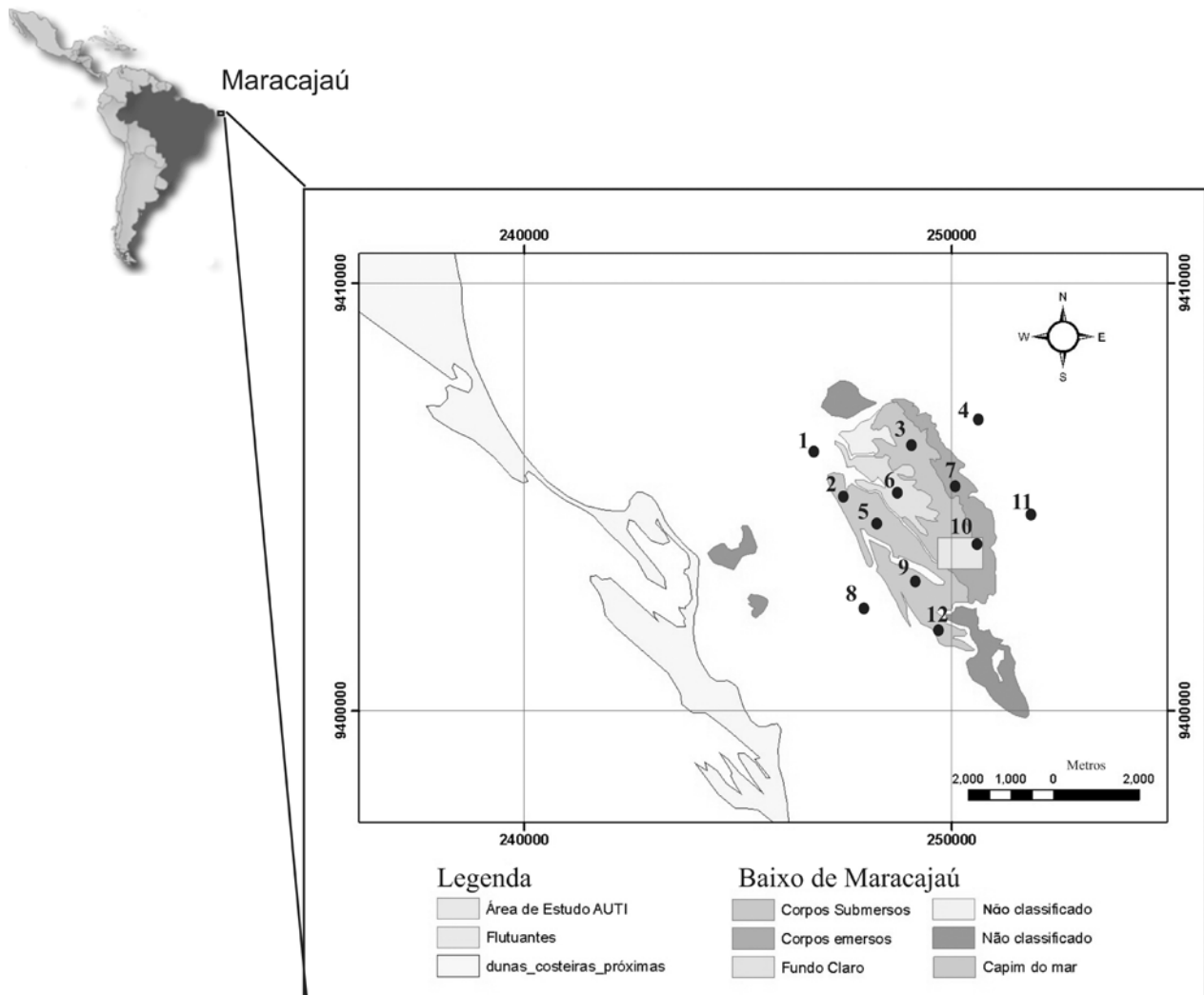


Figura 1 Mapa de localização da área de estudo no nordeste brasileiro

4 Resultados

Um total de 25 gêneros, 51 espécies e 23461 indivíduos de foraminíferos bentônicos foram encontrados em 12 amostras de fundo. As amostras 2, 9, 10 e 12 são as mais abundantes, sendo as amostras 6 e 11 estéreis. A ordem Miliolida foi a mais representativa, seguida das ordens Rotaliida e Textulariida. A Tabela 1 mostra o total de espécies de foraminíferos bentônicos encontrados em todas as amostras, assim como suas frequências relativas.

As espécies dominantes de foraminíferos bentônicos foram: *Amphistegina lessoni*, *Sorites marginalis*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Q. agglutinans*, *Peneroplis carinatus* e *Archaias angulatus*.

Na Tabela 2 encontram-se os valores absolutos dos padrões tafonômicos em cada amostra, na fração > 0,50 mm.

A análise tafonômica, apresentada na Figura 2 e Tabela 2 permitiu identificar tecas calcárias com sinais de abrasão (desgaste mecânico) e de bioerosão, bem como corroídas (desgaste químico), verificando que as amostras 3, 9 e 12 apresentaram um maior número de tecas com algum aspecto tafonômico. Analisando as carapaças de *Quinqueloculina lamarckiana* pode-se contabilizar oito tecas pretas, 29 mosqueadas e duas amarelas, 978 quebradas, 225 com dissolução, 52 com bioerosão e cinco com incrustação.

**Influência dos Fatores Ambientais na Preservação da Microfauna de Foraminíferos
Bentônicos no Ambiente Recifal dos Parrachos de Maracajaú, RN, Brasil**
Daniele Silva Batista; Claudia Gutterres Vilela & Eduardo A. M. Koutsoukos

Espécies	AMOSTRAS												Total	FR (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
<i>Ammonia tepida</i>	-	-	-	-	-	-	6	-	16	-	-	-	22	0,1
<i>Amphistegina lessoni</i>	5	1680	66	14	17	-	-	40	264	3328	-	4672	10086	43,0
<i>Amphistegina gibbosa</i>	-	48	7	-	-	-	-	-	-	48	-	-	103	0,4
<i>Amphistegina radiata</i>	-	64	1	-	-	-	-	-	8	48	-	64	185	0,8
<i>Amphistegina sp1.</i>	-	64	7	1	2	-	1	-	8	48	-	128	259	1,1
<i>Archaias bradyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	16	0,1
<i>Archaias angulatus</i>	-	400	14	-	4	-	2	-	-	1840	-	1472	3732	15,9
<i>Borelis pulchra</i>	-	16	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	32	0,1
<i>Buliminella madagascariensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	0,3
<i>Cymbaloporetta bradyi</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Discorbis floridensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	0,3
<i>Discorbis mira</i>	-	32	1	2	1	-	-	8	72	16	-	704	836	3,6
<i>Discorbis aff D. miletti</i>	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	0,1
<i>Discorbis orbicularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	64	72	0,3
<i>Discorbis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	64	72	0,3
<i>Elphidium excavatum</i>	3	-	1	-	-	-	-	8	-	-	-	128	140	0,6
<i>Eponides repandus</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Eponides sp.</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Massilina inaequalis</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Miliolinella subrotunda</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Nodobacularia antillarum</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,0
<i>Nonion depressulum</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Peneroplis bradyi</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Peneroplis carinatus</i>	-	-	4	7	5	-	3	16	112	-	-	448	595	2,5
<i>Peneroplis pertusus</i>	-	-	3	-	-	-	-	-	48	-	-	128	179	0,8
<i>Poroeponides lateralis</i>	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	-	64	69	0,3
<i>Pyrgo subsphaerica</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	80	-	-	320	401	1,7
<i>Quinqueloculina agglutinans</i>	55	48	-	-	-	-	-	8	8	65	-	128	312	1,3
<i>Quinqueloculina costata</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	10	0,0
<i>Quinqueloculina collumosa</i>	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	64	66	0,3
<i>Quinqueloculina labiosa</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	-	112	6	1	8	-	4	-	152	128	-	3712	4123	17,6
<i>Quinqueloculina laevigata</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Quinqueloculina pakieri</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	64	65	0,3
<i>Quinqueloculina quartieriana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	64	72	0,3
<i>Quinqueloculina sp1</i>	1	80	-	-	-	-	1	8	56	-	-	-	146	0,6
<i>Quinqueloculina seminulum</i>	5	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	64	85	0,4
<i>Quinqueloculina tricarinata</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	8	-	-	-	10	0,0
<i>Quinqueloculina trigonula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	0,3
<i>Sigmavirulina tortuosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	64	0,3
<i>Sigmoilinita asperula</i>	-	32	-	-	-	-	-	-	24	-	-	128	184	0,8
<i>Sorites marginalis</i>	13	128	13	19	182	-	138	112	120	32	-	384	1141	4,9
<i>Siphonia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	16	0,1
<i>Siphogerina raphanus</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Spiroloculina convexa</i>	2	-	-	-	1	-	-	-	8	-	-	-	11	0,0
<i>Spiroloculina sp.</i>	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	0,0
<i>Streblus sobrina</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Textularia sp.</i>	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	0,1
<i>Textularia candeiana</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	65	0,3
<i>Triloculina sp1.</i>	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,0
<i>Triloculina bicarinata</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	8	16	-	-	25	0,1
<i>Triloculina oblonga</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0
<i>Triloculina trigonula</i>	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	0,1
Total por amostra	120	2736	133	46	225	0	160	208	1048	5601	0	13184	23461	

Tabela 1 Relação de espécies de foraminíferos bentônicos encontrados nas amostras de fundo dos Parrachos de Maracajaú, com os respectivos valores absolutos e frequência relativa

Influência dos Fatores Ambientais na Preservação da Microfauna de Foraminíferos Bentônicos no Ambiente Recifal dos Parrachos de Maracajá, RN, Brasil
 Daniele Silva Batista; Claudia Gutterres Vilela & Eduardo A. M. Koutsoukos

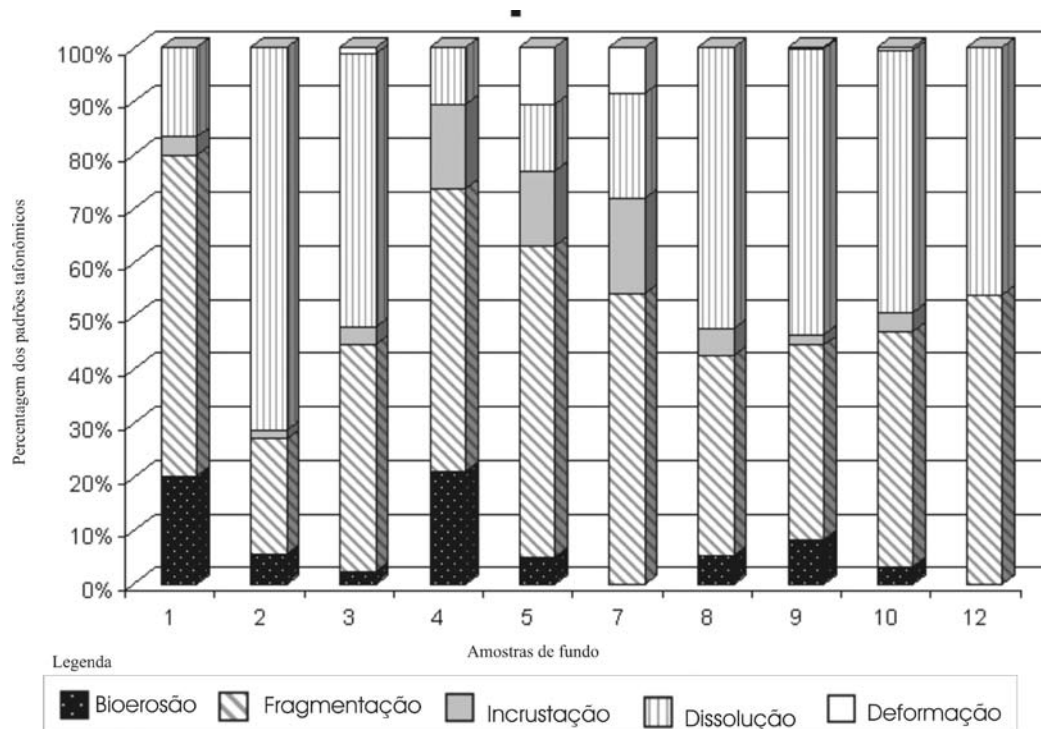


Figura 2 Gráfico mostrando a porcentagem tafonômica encontrada nos foraminíferos bentônicos

Na análise em agrupamento (Figura 3) foram utilizados a distância euclidiana e o método de Ward, pois demonstraram ser mais eficientes. Observou-se a formação de dois grupos, sendo o grupo II formado pelas espécies *Quinqueloculina lamarckiana*, *Archaias angulatus* e *Amphistegina lessonii*; e o grupo I por: *Sorites marginalis*, *Pyrgo subsphaerica*, *Peneroplis carinatus*, *Discorbis mira*, *Poroepionides lateralis*, *Sigmoilinita asperula*, *Peneroplis pertusus*, *Quinqueloculina agglutinans*, *Amphistegina* sp.1, *Quinqueloculina* sp.1, *Amphistegina radiata* e *Amphistegina gibbosa*.

A Figura 4 apresenta fotomicrografias ao MEV ilustrando o estado de conservação das tecas e algumas características tafonômicas de foraminíferos bentônicos, encontradas nas amostras dos Parrachos de Maracajá.

5 Discussão

Comparando com a fauna obtida por Andrade (1997) as espécies de foraminíferos bentônicos encontradas nesse trabalho são típicas de ambiente de recife de coral, tais como: *Amphistegina lessonii*,

Discorbis mira, *Eponides repandus*, *Siphonina pulchra* e *Pyrgo elongata*.

Segundo Tinoco (1989) e Machado (1989) quando a maior parte dos exemplares de foraminíferos coletados está morta significa que a quantidade de material clástico não é suficiente para soterrar as tecas e, a taxa de sedimentação é muito baixa. No caso dos Parrachos, houve uma ocorrência de tecas mais escuras, indicando um revolvimento constante do sedimento associada a uma baixa taxa de sedimentação e a pouca adição de tecas novas.

Segundo Boltovskoy (1959) os foraminíferos podem ser usados como indicadores de separação de massas d'água. A presença de espécies indicadoras da Água Tropical, como *Siphogerina raphanus*, e da epifauna (espécies de Cibicidae, Discorbidae e Rosalinidae) segundo dados apresentados em Lançone *et al.* (2005) nos recifes da Bahia, indicam a predominância dessa corrente, que se estende até os recifes de Maracajá.

A dominância de tecas médias e a ocorrência de várias tecas grandes, bem como a presença de poucas tecas pequenas sugerem que a energia hidrodinâmica

**Influência dos Fatores Ambientais na Preservação da Microfauna de Foraminíferos
Bentônicos no Ambiente Recifal dos Parrachos de Maracajá, RN, Brasil**
Daniele Silva Batista; Claudia Gutterres Vilela & Eduardo A. M. Koutsoukos

Amostras	Tafonomia	Espécies													Total			
		<i>Ammonia tepida</i>	<i>Amphistegina lessonii</i>	<i>Amphistegina</i> sp.	<i>Archaeas angulatus</i>	<i>Discorbis floridensis</i>	<i>Discorbis mira</i>	<i>Elphidium excavatum</i>	<i>Quinqueloculina lamarekiana</i>	<i>Quinqueloculina seminulum</i>	<i>Quinqueloculina</i> sp1	<i>Siphonia</i> sp.	<i>Sorites marginalis</i>	<i>Sparoloculina</i> sp.		<i>Peneroplis carinatus</i>	<i>Peneroplis pertusus</i>	<i>Triloculina trigonula</i>
1	Bioerosão	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	4	6
	Fragmentação	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	9	-	-	-	8	18
	Incrustação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
	Dissolução	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	5
	Deformado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2	Bioerosão	-	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112
	Fragmentação	-	60	-	272	-	-	-	32	-	-	-	64	-	-	-	-	428
	Incrustação	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	32
	Dissolução	-	1040	-	336	-	-	-	32	-	-	-	16	-	-	-	-	1424
	Deformado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
3	Bioerosão	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	Fragmentação	-	23	-	10	-	-	-	2	-	-	3	-	-	1	-	-	39
	Incrustação	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3
	Dissolução	-	37	1	6	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	47
	Deformado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
4	Bioerosão	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	7	-	-	-	8
	Fragmentação	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	7	-	-	-	20
	Incrustação	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	1	-	-	-	-	-	6
	Dissolução	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4
	Deformado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
5	Bioerosão	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	2	-	-	-	6
	Fragmentação	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	65	-	2	-	-	-	71
	Incrustação	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	14	-	1	-	-	-	17
	Dissolução	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	15
	Deformado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	13
7	Bioerosão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	Fragmentação	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	53	-	3	-	-	-	58
	Incrustação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	19
	Dissolução	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	2	-	-	-	21
	Deformado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	9
8	Bioerosão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	8
	Fragmentação	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	40	1	8	-	-	-	57
	Incrustação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	8
	Dissolução	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	56	-	8	-	-	-	80
	Deformado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
9	Bioerosão	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	16	-	-	35
	Fragmentação	2	24	-	-	-	-	-	-	-	-	64	-	40	24	-	-	152
	Incrustação	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
	Dissolução	-	48	-	-	-	40	-	48	-	16	40	-	32	-	-	-	224
	Deformado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
10	Bioerosão	-	16	-	64	-	-	-	48	-	-	-	-	-	-	-	-	128
	Fragmentação	-	592	-	1136	-	-	-	48	-	-	32	-	-	-	-	-	1808
	Incrustação	-	16	-	128	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	144
	Dissolução	-	688	-	1312	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	2016
	Deformado	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
12	Bioerosão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	Fragmentação	-	704	-	256	64	-	128	896	-	-	192	-	-	-	-	-	2240
	Incrustação	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	Dissolução	-	960	-	768	-	64	-	128	-	-	-	-	-	-	-	-	1920
	Deformado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Tabela 2 Valores bsolutos dos processos tafonômicos em cada amostra na fração > 0,50 mm

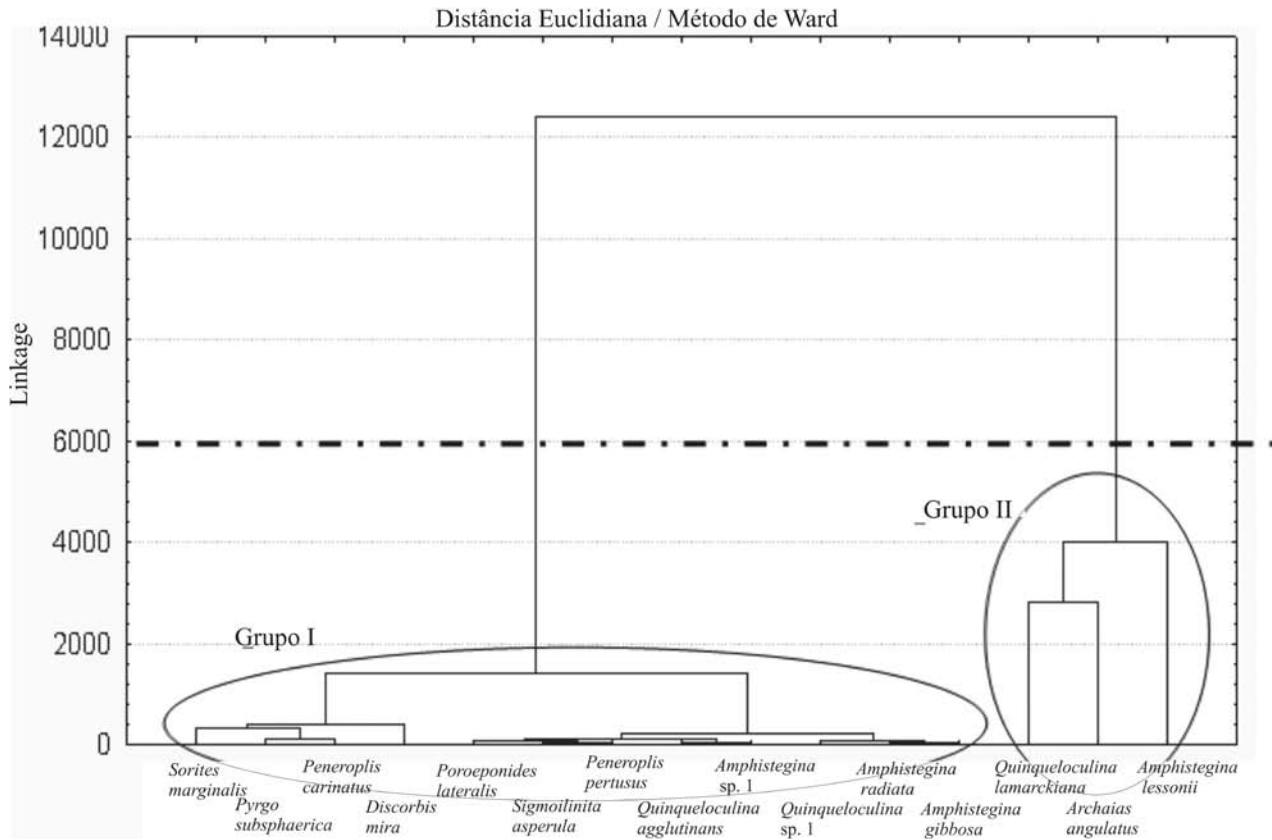


Figura 3 Análise de agrupamento em Modo R mostrando os dois grupos de foraminíferos bentônicos formados

dos Parrachos deve ser alta. A alta percentagem de foraminíferos dissolvidos e fragmentados corrobora a energia elevada do local, sendo também influenciada pelo revolvimento constante do sedimento devido ao transporte das lanchas para os flutuantes e da movimentação dos turistas na área dos flutuantes.

Uma grande quantidade de tecas pretas indica uma elevada taxa de retrabalhamento do sedimento pelos organismos fazendo com que estes grãos sejam constantemente trazidos à zona oxidante. A presença predominante de grãos marrons corresponde a uma freqüente erosão da zona oxidante fazendo com que os grãos pretos sejam continuamente removidos para a superfície e/ou a uma intensa, porém não rápida, ação dos bioturbadores associada a leves taxas de sedimentação (Maiklem, 1967). Um alto percentual de grãos amarelos sugere que os fenômenos anteriormente descritos acontecem em uma velocidade tão baixa que possibilita a oxidação dos grãos marrons (Almasi, 1978; Leão & Machado, 1989). E, finalmente, índices elevados de grãos brancos podem significar novas

adições ao sedimento ou que há deficiência no suprimento de óxido de ferro para o ambiente. O padrão mosqueado está relacionado à estrutura do grão, sendo que este nos foraminíferos corresponde à presença do agente corante sobre as suturas, microporos, abertura e câmaras vazias das tecas (Maiklem, 1967; Almasi, 1978; Leão & Machado, 1989). Pode ser interpretado como um estágio intermediário entre duas ou mais cores, ou seja, a transição entre duas condições ambientais diferentes (Moraes & Machado, 2003).

No caso dos Parrachos pode-se inferir que a assembléia de *Q. lamarckiana* é relíquia, isto é, depositada anteriormente. As carapaças dos foraminíferos em geral apresentaram coloração branco-leitosa, enquanto nesta mesma espécie apresentaram diferentes graus de coloração, do preto ao branco, passando pelo mosqueado, sendo, portanto duas associações distintas (Vilela, 2003).

A dissolução ocorre geralmente em ambientes de baixa energia e em sedimentos ricos em matéria

Influência dos Fatores Ambientais na Preservação da Microfauna de Foraminíferos
Bentônicos no Ambiente Recifal dos Parrachos de Maracajaú, RN, Brasil
Daniele Silva Batista; Claudia Gutterres Vilela & Eduardo A. M. Koutsoukos

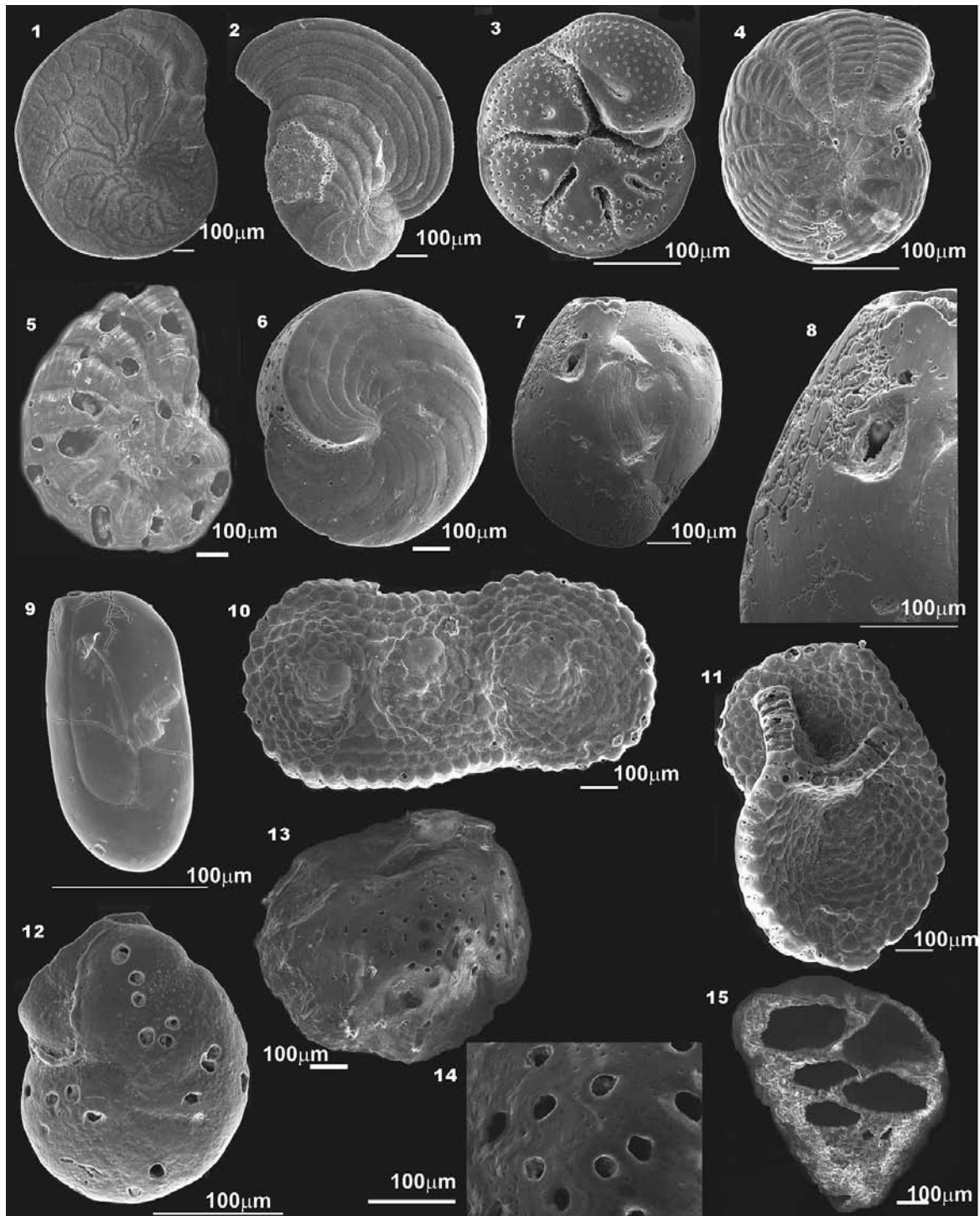


Figura 4 Fotomicrografias ao MEV ilustrando o estado de conservação das tecas e características tafonômicas observadas nos foraminíferos bentônicos, dos Parrachos de Maracajaú

1. *Amphistegina lessonii*; 2. *Archaias angulatus*, com incrustação; 3. *Discorbis mira*; 4. *Peneroplis pertusus*; 5. *Peneroplis pertusus*, bioerodido; 6. *Peneroplis carinatus*; 7. *Quinqueloculina lamarckiana*, bioerodida; 8. *Quinqueloculina lamarckiana*, detalhe; 9. *Quinqueloculina patagonica*; 10. *Sorites marginalis*, deformado; 11. *Sorites marginalis*, deformado; 12. *Siphonina* sp., bioerodida; 13. *Siphonina* sp., bioerodida e desgastada; 14. *Siphonina* sp., detalhe; 15. *Textularia conica*, corroída.

orgânica. A abrasão é comum em ambientes de alta energia e está relacionada à exposição das teclas ao movimento da água, sendo mais severa em ambientes rasos e relativamente expostos (Cotter & Hallock, 1988). O quebramento, por sua vez, apresenta maiores índices em ambientes de alta energia (Wetmore, 1987).

De acordo com Alexanderson (1979) e Berger (1979) é provável que as carapaças corroídas sejam produto da bioturbação presente nos Parrachos, enquanto que a elevada frequência de organismos fragmentados corrobora a energia elevada do ambiente (Figura 2).

Através da Figura 3 verificou-se que os elementos de um mesmo grupo são os mais semelhantes possíveis entre si, com a menor distância, sendo ambos os grupos representados por espécies típicas de ambiente recifal (Hallock, 2000), como os gêneros *Amphistegina*, *Archaias* e *Quinqueloculina*, no grupo II e os gêneros *Sorites*, *Peneroplis* e *Pyrgo*, no grupo I. A separação dos grupos na análise de agrupamento em Modo R ocorreu de acordo com a abundância dos organismos nas amostras.

6 Conclusões

As espécies de foraminíferos bentônicos encontradas nesse trabalho são típicas de ambiente recifal, sem a presença de espécimes alóctones.

As espécies mais abundantes foram: *Amphistegina lessoni*, *Sorites marginalis*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Q. agglutinans*, *Peneroplis carinatus* e *Archaias angulatus*, onde *A. lessonii* e *S. marginalis* foram as espécies que mais apresentaram alteração tafonômica.

A partir da distribuição dos foraminíferos bentônicos e da análise morfológica e tafonômica de suas carapaças, pode-se concluir que os Parrachos de Maracajaú representam um ambiente com aporte de Água Tropical, devido à presença de espécies típicas da epifauna.

A assembléia de *Quinqueloculina lamarckiana* é relíquia, isto é, foi depositada anteriormente (fauna remanescente), pois estas apresentaram diferentes graus de coloração uma vez que as carapaças em geral apresentaram coloração branco-leitosa. As as-

sociações de foraminíferos bentônicos são portanto compostas de duas associações distintas, depositadas em tempos diferentes.

A dissolução e a fragmentação, presentes nas carapaças de foraminíferos bentônicos indicam a presença de bioturbação e caracterizam um ambiente de energia elevada. A alta fragmentação pode ser causada pelo intenso movimento turístico na região.

7 Agradecimentos

Ao Departamento de Geologia da UFRN pelo apoio e suporte nas coletas.

À PETROBRAS/CENPES pelo suporte financeiro nos trabalhos de campo, no desenvolvimento das pesquisas de doutorado e pela utilização do Microscópio Eletrônico de Varredura. Ao MicroCentro, DEGEL, UFRJ, onde as análises foram desenvolvidas, com o auxílio do CNPq.

8 Referências

- Alexanderson, E.T. 1979. Marine maceration of skeletal carbonates in Skagerrak, North Sea. *Sedimentology*, 26: 845-852.
- Almasi, M.N. 1978. *Ecology and color variation of benthic foraminifera in Barnes Sound, Northeast Florida Bay*. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Miami, Master Thesis, 144p.
- Acker, K.L. & Risk, M. 1985. Substrate destruction and sediment production by the sponge *Cliona cribbaea* on Gran Cayman Island. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(5): 705-711.
- Andrade, E.J. 1997. *Distribuição dos foraminíferos recentes na transição carbonato/siliciclastos na região da Praia do Forte, Litoral Norte do Estado da Bahia*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 111p.
- Berger, W. 1979. Preservation of Foraminifera. *American Association of Petroleum Geologist, SEMP Short Course*, 6: 105-155.
- Boeckshoten, G.J. 1966. Shell borings of sessile epibiontic organisms as paleoecological guides (with) examples from the Dutch coast). *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaecology*, 2: 333-379.
- Boltovskoy, E.B. 1959. Foraminifera as biological

- indicators in the study of ocean currents. *Micropaleontology*, 5(4): 473-481.
- Carboni, M.G.; Mandarino, G. & Matteucci, R. 1982. Foraminiferids of Todos os Santos Bay (Bahia, Brazil). *Geologica Roma*, 20: 133-124.
- Cotter, T. & Hallock, P. 1988. Test surface degradation in *Archaias angulatus*. *Journal Foraminiferal Research*, 28:187-202.
- Duleba, W. 1994. Interpretações paleoambientais obtidas a partir das variações na coloração das carapaças de foraminíferos da Enseada do Flamengo, SP. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 42: 63-72.
- Försterra, G.; Beuck, L.; Häussermann, V. & Freiwald, A. 2005. Shallow-water *Desmophyllum dianthus* (Scleractinia) from Chile: characteristics of the biocoenoses interactions and (paleo)-bathymetric implications. In: FREIWALD, A. & ROBERTS, J.M. (eds). *Cold-water Corals and Ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.937-977.
- Guilcher, A. 1988. *Coral Reef Geomorphology*. John Wiley and Sons Ltd, 228p.
- Hallock, P. 2000. Larger foraminifera as indicators of coral-reef vitality. In: MARTIN, R. (ed.) *Marine Micropaleontology*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, p. 121-150.
- Haunold, T.G.; Baal C. & Piller, W.E. 1997. Benthic foraminiferal associations in the Northern Bay of Safaga, Red Sea, Egypt. *Marine Micropaleontology*, 29: 185-210.
- Lançone, R.B.; Duleba, W. & Mahiques, M.M. 2005. Dinâmica de fundo da enseada do Flamengo, Ubatuba, Brasil, inferida a partir da distribuição espacial, morfometria e tafonomia de foraminíferos. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8(3): 181-192.
- Leão, Z.M.A.N. & Machado, A.J. 1989. Variação de cor dos grãos carbonáticos de sedimentos marinhos atuais. *Revista Brasileira de Geociências*, 19(1): 87-91.
- Li, C.; Jones B. & Blanchon, P. 1998. Lagoon-shelf sediment exchange by storms-evidence from foraminiferal assemblages, east coast of Grand Cayman, British West Indies. *Journal of Sedimentary Research Abstracts*, 67(1).
- Lima, W.S.G. 2002. *Geologia e Geomorfologia dos Recifes de Maracajaú - RN e plataforma rasa adjacente*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 94 p.
- Machado, A.J. 1989. Estudo das diferentes espécies de foraminíferos dos sedimentos da borda do 'canyon' de Salvador. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba, *Anais*, Curitiba, SBP, p.525-534.
- Maiklem, W.R. 1967. Black and Brown speckled foraminiferal sand from the southern part of the great Barrier Reef. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37: 1023-1030.
- Madeira-Falceta, M., 1977. Ecological distribution of Thecamoebal and Foraminiferal association in the mixohaline environments of South Brazilian Littoral. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 46: 667-687.
- Maida, M. & Ferreira, B.P. 1997. Coral Reefs of Brazil: an overview. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, 1: 263-274.
- Moraes, S.S. & Machado, A.J. 2003. Avaliação das condições hidrodinâmicas de dois recifes costeiros do litoral norte do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 201-210.
- Murray, J.W. 1973. *Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids*. Crane, Russak & Co., Inc. [Nova York], 397p.
- Nielsen, K.S.S & Bromley, R.G. 2003. Palaeoecological and Ichnological significance of microborings in quaternary foraminifera. *Paleontologia Electronica*, 6(2): 13p.
- Parsons, K.M. & Brett, C.E. 1991. Taphonomic processes and biases in modern marine environments: an actualistic perspective on fossil assemblage preservation. In: DONOVAN, S.K. (ed.) *The Processes of Fossilization*. New York, Columbia University Press, p. 22-65.
- Samir, A.M. & El Din, A.B. 2001. Benthic foraminiferal assemblages and morphological abnormalities as pollution proxies in two Egyptian Bays. *Marine Micropaleontology*, 41: 193-227.
- Sen Gupta, B.K. 1999. Systematics of Modern Foraminifera. In: SEN GUPTA, B.K. (ed.) *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, p. 7-36.
- Scott, D.B.; Medioli, F.S. & Schafer, C.T. 2001. *Monitoring in coastal environments using foraminifera and thecamoebian indicators*. Cambridge, Cambridge University Press, 173p.
- Tinoco, I.M. 1989. *Introdução aos componentes bióticos dos sedimentos marinhos recentes*. Ed. Universitária da UFPE, PROED, 220p.
- Thomas, F.C. & Schafer, C.T. 1982. Distribution and transport of some common foraminiferal

Influência dos Fatores Ambientais na Preservação da Microfauna de Foraminíferos
Bentônicos no Ambiente Recifal dos Parrachos de Maracajá, RN, Brasil
Daniele Silva Batista; Claudia Gutterres Vilela & Eduardo A. M. Koutsoukos

- species in the Minas Basin, Eastern Canada. *Journal of Foraminiferal Research*, 12(1): 24-38.
- Valentin, J. L. 2000. *Ecologia Numérica – uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Ed. Interciência, 117p.
- Vilela, C.G. 2003. Taphonomy of benthic foraminiferal tests of the Amazon shelf. *Journal of Foraminiferal Research*; 33(2): 132-143.
- Walker, S.E. & Goldstein, S.T. 1999. Taphonomic tiering: experimental field taphonomy of mollusks and foraminifera above and below the sediment – water interface. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149: 227-244.
- Ward, W.C.; Folk, R.L. & Wilson, J.L. 1970. Blackening of eolianite and caliche adjacent to saline lakes, Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40(2): 548-555.
- Wetmore, K.L. 1987. Correlations between test strength, morphology and habitat in some benthic foraminifera from the Coast of Washington. *Journal of Foraminiferal Research*, 17(1): 1-13.
- Wetmore, K.L. & Plotnick, R.E. 1992. Correlations between test morphology, crushing strength, and habitat in *Amphistegina gibbosa*, *Archaias angulatus* and *Laevipeneroplis proteus* from Bermuda. *Journal of Foraminiferal Research*, 22(1): 1-12.