



Caracterização Sedimentar e Tafonômica de Depósitos Bioclásticos na Reserva Tauá e Marina Búzios (Holoceno do Estado do Rio de Janeiro)
Sedimentary and Taphonomic Characterization of Bioclastic Deposits of the Reserva Tauá and Marina Búzios (Holocene of the Rio de Janeiro State)

João Paulo Porto-Barros¹; Patrick Fuhr Dal' Bó¹;
Antonio Carlos Sequeira Fernandes² & Leonardo Borghi¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, CCMN, IGEO, Departamento de Geologia, Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed), Av. Athos da Silveira Ramos, 274, 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional, UFRJ,

Quinta da Boa Vista s/n, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Emails: jppbarros.geo@gmail.com; patrickdalbo@geologia.ufrj.br; fernande@acd.ufrj.br; lborghi@geologia.ufrj.br

Recebido em: 12/05/2017 Aprovado em: 30/06/2017

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2017_2_220_233

Resumo

O estudo sobre acumulações bioclásticas tem aumentado nos últimos anos, devido à sua grande fonte de informações sedimentar, tafonômica e paleoambiental. Entretanto o conhecimento sobre as características de feições associadas com ambiente meteórico em acumulações bioclásticas não é completamente compreendido. O objetivo deste estudo é o reconhecimento de feições de alteração superficial, integrando a identificação taxonômica com análises sedimentológicas e tafonômicas, que ocorrem em conchas de moluscos de depósitos holocênicos da planície costeira do estado do Rio de Janeiro. O depósito Reserva Tauá é composto por uma matriz lamosa com biotrama densa e com 54% das conchas com concavidades voltadas para baixo. A Marina Búzios é composta por uma matriz de areia com biotrama densa a frouxa e 65% das concavidades voltadas para cima. As análises tafonômicas mostraram que os depósitos possuem fracas alterações tanto físicas e químicas, entretanto o pavimento exposto da Reserva Tauá propiciou uma alteração de caráter microbiana, observado pelas microperturações nas conchas. Apesar da bioestabilização do depósito da Reserva Tauá já ocorre há algumas centenas de anos, a evolução dos processos pedogenéticos é limitada pela proximidade com o lençol freático.

Palavras-chave: Alteração meteórica; Tafonomia; Holoceno; Mollusca

Abstract

The study of bioclastic accumulations has increased in the last few years, because these accumulations are important source of sedimentary, taphonomic and paleoenvironmental information. However, the recognition of features associated with meteoric alteration in bioclastic accumulations is still poorly understood. The aim of this study is to integrate the sedimentary, taxonomic and taphonomic analysis to understand the role of meteoric alteration on the mollusc shell deposits of two Holocene age sites located at the coast of Rio de Janeiro State. The bioclastic bed of Reserva Tauá is constituted of matrix of mud, densely/loosely packed and 54% of shells with concave-down orientation. The Marina Búzios deposits is composed of matrix of sand, densely packed and 65% of shells with concave-up orientation. The taphonomic signatures of both deposits have weak physical and chemical alterations. However, Reserva Tauá has an exposed horizon with high microboring in the shells. Despite the biostabilization processes have been occurring for hundreds of years at Reserva Tauá, the evolution of pedogenetic process is hindered by the the proximity to the water table.

Keywords: Meteoric alteration; Taphonomy; Holocene; Mollusca

1 Introdução

Estudos sobre acumulações bioclásticas no Brasil tem aumentado significativamente nos últimos anos, em virtude da importância dessas acumulações como fonte de dados paleontológicos, geológicos, além de registros de condições paleoecológicas e paleoambientais (Kidwell, 1991; Simões & Kowalewski, 1998). Acumulações bioclásticas são formadas por concentrações de conchas completas ou de fragmentos reunidos, devido à atuação de algum agente de transporte (Schäfer, 1962 traduzido por Oertel, 1972), ou concentração *in situ*. Segundo Fürsich & Oschmann (1993), os principais processos geológicos e biológicos que promovem a concentração de bioclastos em diferentes ambientes continentais e marinhos são ligados a atuação de ondas de tempo bom e de tempestade e a alta produção biológica, isto é, locais favoráveis à proliferação de organismos que produzem conchas que podem ser preservadas no registro geológico. As acumulações podem ocorrer distribuídas por dezenas de metros ou quilômetros de extensão e, segundo suas assinaturas sedimentares e tafonômicas, podem auxiliar na identificação das condições de energia de deposição (Monaco, 2000; Simões *et al.*, 2000; Holz & Simões, 2002).

As acumulações bioclásticas estão sujeitas a diversos fatores que influenciam sua preservação, principalmente quando expostas à superfície. A atuação dos processos de alteração na zona meteórica (zona onde a água de precipitação e água subterrânea estão em contato com a rocha ou sedimento) exerce alterações significativas no material carbonático que compõem as conchas (Tucker & Wright, 1991), por vezes, culminando com a completa eliminação das mesmas. Apesar de susceptíveis a fatores físicos e químicos que influenciam em sua preservação, os depósitos bioclásticos são comuns no registro geológico e, ocorrem em diversas sucessões sedimentares do Brasil (*e.g.*, Formação Cabeças, Devoniano da Bacia do Parnaíba (Ponciano *et al.*, 2012), Formação Teresina, Permiano da Bacia do Paraná (Neves *et al.*, 2010, 2011), Formação Morro do Chaves, Eocretáceo da Bacia de Sergipe-Alagoas (Figueiredo, 1981), Formação Lagoa Feia, Eocretáceo da Bacia de Campos (Muniz, 2013), como em outros países (*e.g.*, Formação Vectis, Eocretáceo, sul da Inglaterra (Radley & Barker, 2000), *Hamelin pool*, Holoceno de Shark Bay, Austrália (Playford *et al.*, 2013), dentre muitos outros).

No litoral fluminense, a ocorrência de acumulações bioclásticas de idade holocênica é conhecida desde o século XIX, quando o naturalista inglês Charles Darwin descreveu e coletou conchas de água doce e marinha no trajeto que realizou entre os municípios do Rio de Janeiro até o norte de Cabo Frio (Darwin, 1839); sendo posteriormente estudadas em detalhe na década de 1970 por Sant'Anna (1976) e Brito & Carvalho (1978). Tais depósitos são compostos por conchas de moluscos, que apresentam diferentes estágios de preservação e grande variabilidade faciológica vertical e horizontal. Nos últimos anos, as acumulações bioclásticas do litoral fluminense têm fomentado diversos estudos que contemplaram a caracterização tafonômica e paleoambiental (Senra *et al.*, 2003; Cunha, 2012), geocronologia (Bernardes *et al.*, 2007), taxonomia (Cunha & Castro, 2011), indicadores de variação do nível relativo do mar (Cunha *et al.*, 2011; Castro *et al.*, 2014), além da importância como geossítio para a geoconservação (Castro *et al.*, 2009; Cunha *et al.*, 2012). Entretanto, o foco de tais estudos não contemplou o estudo integrado de sedimentologia, taxonomia e tafonomia e, das feições de alteração meteórica que ocorrem na superfície das conchas e, influenciam em sua preservação. O objetivo deste estudo é o reconhecimento de feições de alteração superficial, integrando a identificação taxonômica com análises sedimentológicas e tafonômicas, que ocorrem em conchas de moluscos em depósitos holocênicos da planície costeira do estado do Rio de Janeiro.

2 Área de Estudo

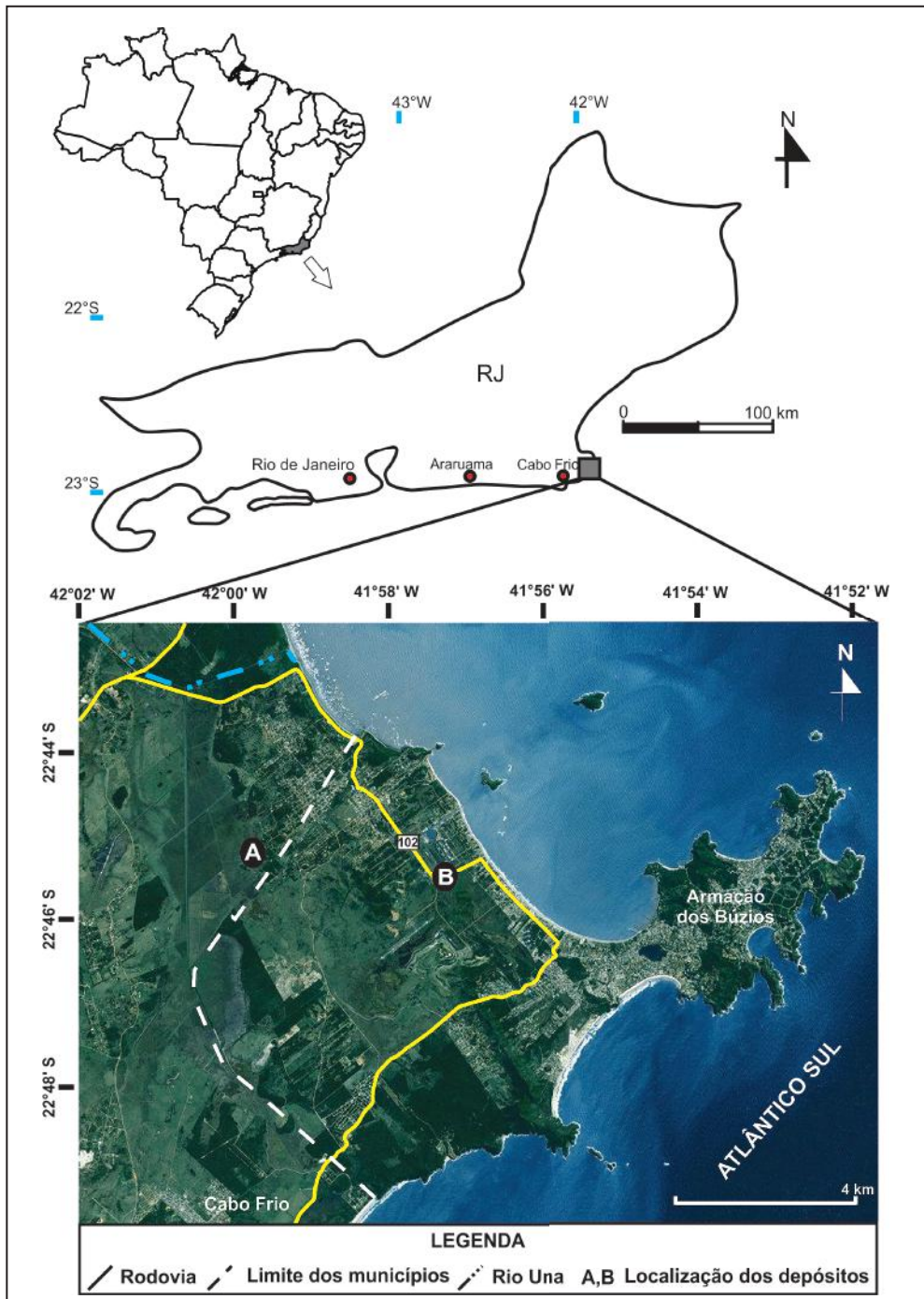
A área de estudos está situada na região dos lagos, abrangendo parte dos municípios de Cabo Frio e Armação dos Búzios, no litoral do estado do Rio de Janeiro (Figura 1).

A área está inserida na Bacia hidrográfica do Rio Una e Cabo de Búzios (CBHLSJ, 2016) e, é constituída por planícies costeiras (restingas), planícies flúvio-lagunares (pântanos) e domínios de colinas baixas. As acumulações bioclásticas são comuns em diversos pontos ao longo da costa formando expressivos depósitos de idade holocênica e, apresentam idades isotópicas ente 5.000 e 7.000 A.P (Martin *et al.*, 1997; Bernardes *et al.*, 2007;

Bernardes, 2008; Dias, 2009; Cunha *et al.*, 2011; Cunha, 2012).

Inúmeros depósitos bioclásticos ocorrem distribuídos na área pantanosa da região, originalmente denominada de pântano do Ramalho, que com o passar das décadas receberam diferentes denominações pela comunidade local (Mansur, 2004) (*e.g.*, pântano do Ramalho, pântano da Malhada e brejo da Rasa (IBGE 2016).

Para o estudo foram selecionados dois depósitos, devido às suas expressivas extensões, tanto lateral como vertical. O primeiro ocorre no interior do Complexo Ecocultural de Tauá conhecido como Reserva Tauá, localizada na divisa dos municípios de Cabo Frio e Armação dos Búzios. O segundo ocorre próximo a marina de Búzios, no município de Armação dos Búzios e, será aqui denominado de Marina Búzios.



3 Material e Métodos

A atividade de campo foi executada em duas etapas no ano de 2014: a primeira durante o mês de agosto (inverno) e uma posterior no mês de dezembro (verão), com objetivo de coleta de dados em estação seca e chuvosa. Esta metodologia objetivou a observação das distintas condições de alteração nos bioclastos, que ocorre em diferentes estações do ano. Durante a atividade de campo foi realizado o levantamento de seções mono- e bidimensionais e descrição sedimentológica dos depósitos segundo o método de análise de fácies (Walker, 2006), levando em consideração as características tafonômicas dos bioclastos (Kidwell *et al.*, 1986; Kidwell & Holland, 1991). No depósito Reserva Tauá, para a observação dos parâmetros sedimentológicos, foi escavada uma trincheira com aproximadamente 1,40 m de profundidade, enquanto no depósito Marina Búzios não foi necessário a escavação, devido a canais abertos que permitem a perfeita observação das camadas.

Os termos descritivos para acumulações bioclásticas seguem a proposta de Kidwell *et al.* (1986), onde as concentrações bioclásticas podem ser agrupadas de acordo com os processos de formação em três principais grupos: biogênica, sedimentológica e diagenética, além de mais três de origem mista, isto é, que foram formadas pela ação de mais de um dos processos. Ainda segundo os autores, a descrição de uma assembleia fossilífera pode ser organizada em origem autóctone (indivíduos de espécimes derivados da comunidade local e preservados em posição de vida), parautóctone (assembleia composta de espécimes autóctones que sofreram algum grau de retrabalhamento) ou alóctone (espécimes que foram transportados de seus habitats naturais) e a assembleia pode ser monoespecífica (uma espécie dominante), poliespecífica (diversas espécies) ou pauciespecífica (poucas espécies, entretanto, dominada fortemente por uma).

Em laboratório, a identificação taxonômica dos moluscos foi realizada até o nível de espécie, quando possível, utilizando-se a classificação de Rios (1994) e a base de dados online *WoRMS Editorial Board* (2015). Para a análise tafonômica foram coletados bioclastos em camadas sedimentares e em pavimentos de exposição. As amostras

foram cuidadosamente lavadas em peneiras com malha de 2 mm, com a finalidade de remover o material siliciclástico e evitar a maior abrasão e fragmentação das conchas e, posteriormente, foram secas à temperatura ambiente. Os bioclastos (conchas completas e fragmentos) foram quarteados para evitar o tendenciamento tafonômico e, para que a análise contemplasse o maior percentual de características tafonômicas dos depósitos. Em lupa binocular, foram selecionados (de modo aleatório) 152 bioclastos da Reserva Tauá e 244 da Marina Búzios, montante que atende as recomendações de Kidwell *et al.* (2001) e Rodrigues *et al.* (2009) para a leitura de assinaturas tafonômicas confiáveis. Em cada bioclasto, as seguintes características foram observadas: estado de articulação, dimensões, grau de: abrasão; fragmentação; arredondamento das bordas; dissolução e cor/brilho e presença de feições de bioerosão. A caracterização das assinaturas tafonômicas utilizou os parâmetros de Davies *et al.* (1989), sendo atribuídos graus (*i.e.*, valor 0, 1, 2...) para cada uma das assinaturas (Tabela 1).

Durante a caracterização tafonômica foram selecionadas conchas que exibem feições de alteração intensa para a análise por microtomografia computadorizada de raios-X e para confecção de lâminas delgadas, para observação das microestruturas das conchas.

Nos dois depósitos foram coletadas amostras orientadas e não deformadas das camadas com bioclastos. As amostras possuem dimensões aproximadas de 20cm x 20cm x 20cm, com objetivo de realizar imageamento por tomografia computadorizada de raios-X e com isso caracterizar a biotrama (orientação, empacotamento, seleção, tamanho e forma (*sensu* Kidwell & Holland, 1991)).

Três conchas de bivalves posicionadas na base das camadas conchíferas foram coletadas para datação por radiocarbono ¹⁴C (Tabela 2). As amostras das camadas RT-2 e RT-3 são provenientes da Reserva Tauá (Figura 2) e a amostra da camada MB-1 é proveniente da Marina Búzios (Figura 6). A escolha do material analisado seguiu os critérios de seleção de amostras de conchas marinhas de Fujiwara *et al.* (2004). As conchas foram datadas no laboratório Beta Analytic (localizado em Miami, Flórida, EUA).

Assinatura Tafonômica	Graus Atribuídos	
Estado da Articulação	0	Ausente
	1	Presente
Fragmentação	0	Ausente >90% da área da valva
	1	Fraca 90-50% de área da valva
	2	Moderada 50-20% de área da valva
	3	Intensa <20% de área da valva
Abrasão	0	Ausente >90% da valva sem abrasão
	1	Fraca 90-50% da valva sem abrasão
	2	Intensa <50% da valva sem abrasão
Dissolução	0	Ausente Sem dissolução aparente
	1	Fraca <50% da valva com dissolução
	2	Intensa >50% da valva com dissolução
Cor/Brilho	0	Ausente >90% de área com brilho/cor
	1	Fraca 90-50% de área com brilho/cor
	2	Moderada 50%-20% de área com brilho/cor
	3	Intensa <20% de área com brilho/cor
Arredondamento das bordas	0	Ausente Sem arredondamento aparente
	1	Fraca Bordas pouca arredondadas
	2	Intensa Todas as bordas arredondadas
Bioerosão	0	Ausente
	1	Presente

Tabela 1 Graus atribuídos as assinaturas tafonômicas observadas nos bioclastos analisados. O estado de articulação é usado somente em bivalvíos.

Camada	Material	Idade Medida	¹³ C/ ¹² C	Idade Convencional	Calibração 2 Sigma
RT-3	Concha de A. brasileira	5300 +/- 30 AP	-2.1	5680 +/- 30 AP	Cal 6270 a 6005 AP
RT-2	Concha de A. brasileira	5410 +/- 30 AP	-1.8	5790 +/- 30 AP	Cal 6375 a 6175 AP
MB-1	Concha de A. brasileira	5900 +/- 30 AP	-1.4	6290 +/- 30 AP	Cal AP 6940 a 6690

Tabela 2 Idades obtidas para os depósitos bioclásticos por datação ¹⁴C em conchas.

4 Resultados

4.1 Reserva Tauá

Foram identificadas quatro camadas (Figura 2), sendo duas destas (RT-2 e RT-3), diferenciadas pelo alto conteúdo de bioclastos.

A camada RT-1, com 35 cm de espessura, é constituída por areia muito fina a fina, subarredon-

dada a subangulosa, bem selecionada, com conteúdo de lama de aproximadamente 30% e cor 5R6/3 (vermelho claro acinzentado) em amostra seca. Ocorre frequente mosqueamento de cor 5Y8/4 (amarelo claro acinzentado), distribuído por toda a camada. Esta camada não apresenta conchas e junto aos mosqueamentos ocorre formação de massas indiferenciadas de óxidos de enxofre e cristais de pirita e calcopirita. No contato com a camada superior ocorrem cristais de gipsita. A observação da camada terminou na base da trincheira sem interceptar o nível do lençol freático.

A camada RT-2 possui 30 cm de espessura com proporção relativa de bioclastos variando entre 10-20%. As conchas ocorrem imersas em material lamoso com alta concentração de matéria orgânica de cor N2,5 a N3 (preto), com mosqueamentos comuns de cor 7,5YR6/8 (laranja). As conchas são diferenciadas em dois grupos: bioclastos maiores, com comprimentos de até 2,4 cm e alturas máximas de 2,0 cm e, bioclastos menores, com 0,5 cm de comprimento e 0,5 cm de altura. Não foram observadas conchas articuladas. O empacotamento varia de frouxo a disperso e não ocorre orientação preferencial. O contato com a camada subjacente é abrupto e levemente ondulado com variação de profundidade de 2-3 cm.

Na camada RT-3 com espessura de 45 cm, ocorre variação lateral de espessura de 5 cm nesta camada devido ao contato erodido com a camada inferior e ondulado com o horizonte sobrejacente. A camada possui alta proporção relativa de conchas, entre 60 a 70%, imersas em matriz lamosa de cor 5PB 6/1 (cinzento azulado) em amostra seca. A matriz lamosa apresenta comum mosqueamento de cor 7,5YR6/8 (laranja), que pode ocorrer inclusive no interior das conchas. A maior frequência são de fragmentos de conchas com dimensões de menor que 1 mm até cerca de 5 cm (eixo maior); contudo, as conchas completas apresentam aparente orientação preferencial oblíqua com predominância de valvas desarticuladas. As valvas desarticuladas variam de 0,3 a 2,9 cm de altura e 0,4 a 3,5 cm de comprimento. As conchas fragmentadas não exibem o brilho característico do organismo quando vivo e as superfícies das valvas exibem baixa resistência mecânica, sendo facilmente fragmentadas. O empacotamento da camada é denso. Nesta camada

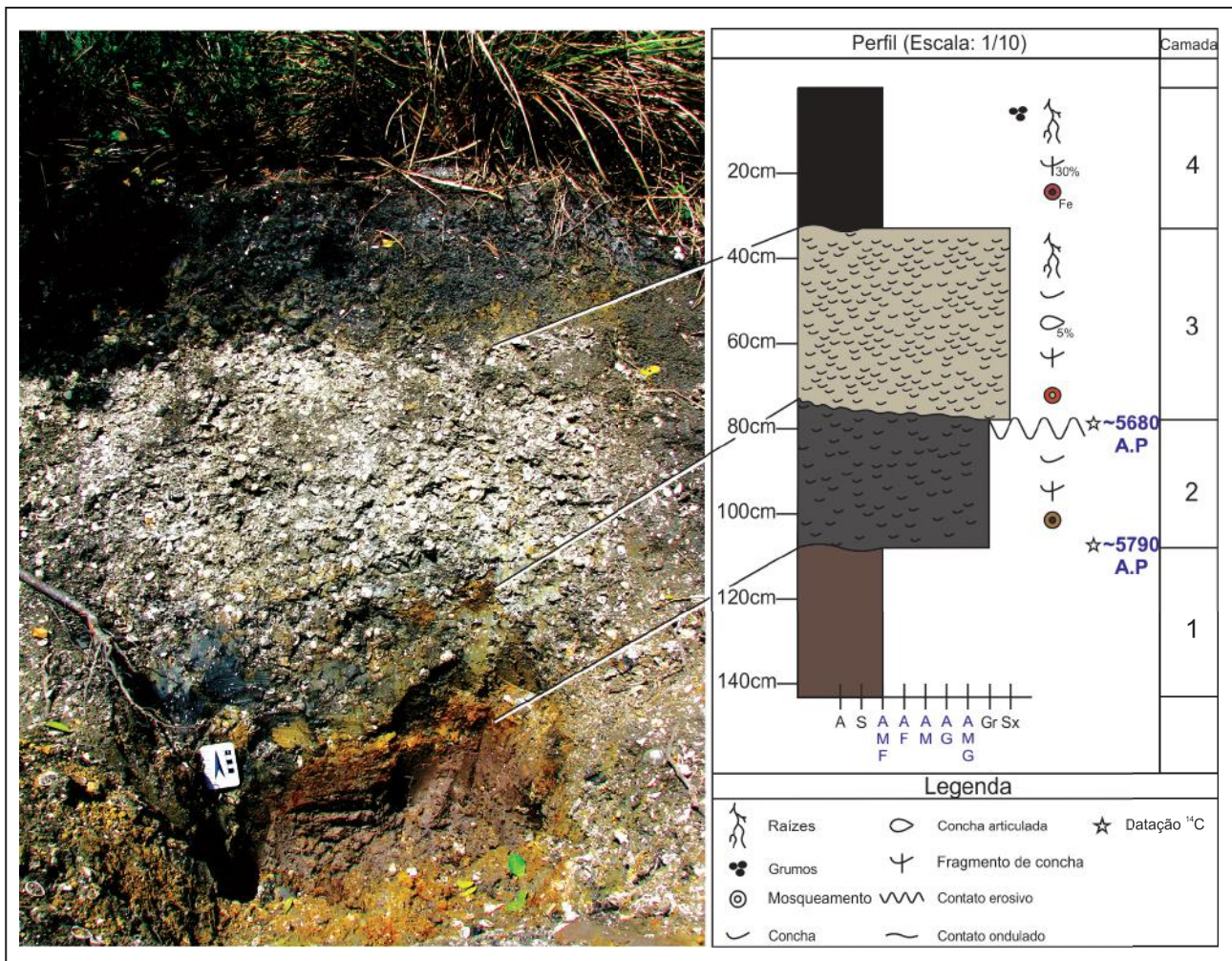


Figura 2 Trincheira escavada na Reserva Tauá para observação dos parâmetros sedimentológicos e tafonômicos. No perfil ao lado é indicada a posição das amostras coletadas para datação.

também ocorre grande densidade de raízes com diâmetros milimétricos, que por vezes atravessam as valvas das conchas.

Camada RT-4 apresenta 33 cm de espessura e corresponde ao Horizonte “O” de solo com cor N2,5 (preto) constituído por areia fina com alto conteúdo de matéria orgânica e estrutura em grumos grande a muito grande (1-5 cm de diâmetro). O horizonte possui menos que 30% de conchas, porém não é possível determinar o grau de empacotamento e orientação relativa das valvas, devido à intensa fragmentação das conchas e alteração superficial, apresentando em sua superfície aspecto pulverulento. Ocorre alta atividade biológica no horizonte, com frequente pedoturbação por organismos da infauna e raízes fasciculares e secundárias com comprimento máximo de 1 m e diâmetros variando entre menos de 1 mm até 2

cm; próximo às raízes ocorre mosqueamento de cor 7,5YR6/8 (laranja).

Quanto à análise taxonômica, os resultados indicaram que a acumulação bioclástica é constituída por bivalvíos pertencentes a três táxons: *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791), Tellinidae indet. e *Lucina pectinata* (Splenger, 1798) e, em menor proporção, ocorrem gastrópodes pertencentes aos táxons *Bulla striata* (Bruguiere, 1792), *Nassarius vibex* (Say, 1822) e *Neritina virginea* (Linnaeus, 1758). A espécie *A. brasiliiana* possui o maior número de representantes com cerca de 80% do material coletado (Figura 3).

A análise tafonômica do depósito bioclástico indicou que mais de 93% das conchas de bivalvíos não estão articulados (Figura 4A) e mais de 70%

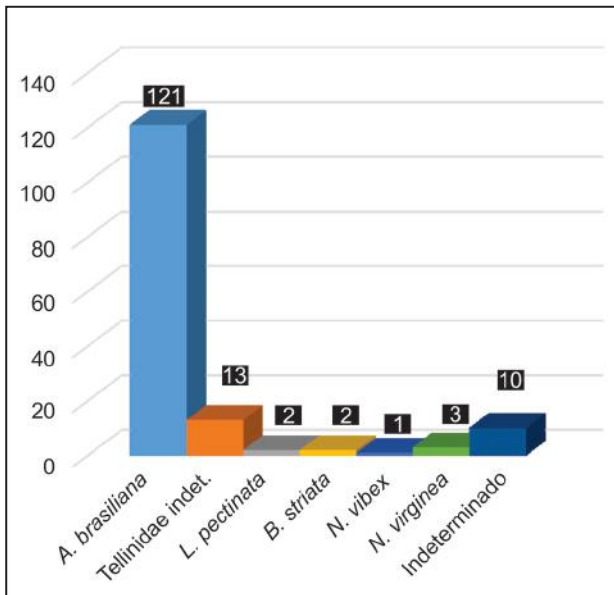


Figura 3 Identificação taxonômica dos bioclastos da Reserva Tauá. A maior frequência de bioclastos pertence a espécie de bivalvío *Anomalocardia brasiliana*.

destas apresentou pequena ou ausência completa de área da valva com cor e brilho preservados (Figura 4B). Dentre as alterações mecânicas, 69% dos bioclastos apresentaram grau fraco de abrasão (Figura 4C), 70% dos bioclastos apresentaram baixo índice de fragmentação, isto é, foram classificados como tendo mais de 90% da sua concha preservada (Figura 4D) e 98% dos bioclastos não apresentam arredondamento das bordas (Figura 4E). Quanto à alteração de caráter químico, isto é, dissolução, mais de 85% dos bioclastos foram atribuídos os graus “0” e “1” que representam dissolução ausente e fraca, respectivamente (Figura 4F). Aproximadamente 30% dos bioclastos apresentaram bioerosão (Figura 4G), sendo 9,7% dos bioclastos bioerodidos por esponjas, 19,5% por poliquetas e menos de 1% por ação de predação por gastrópode.

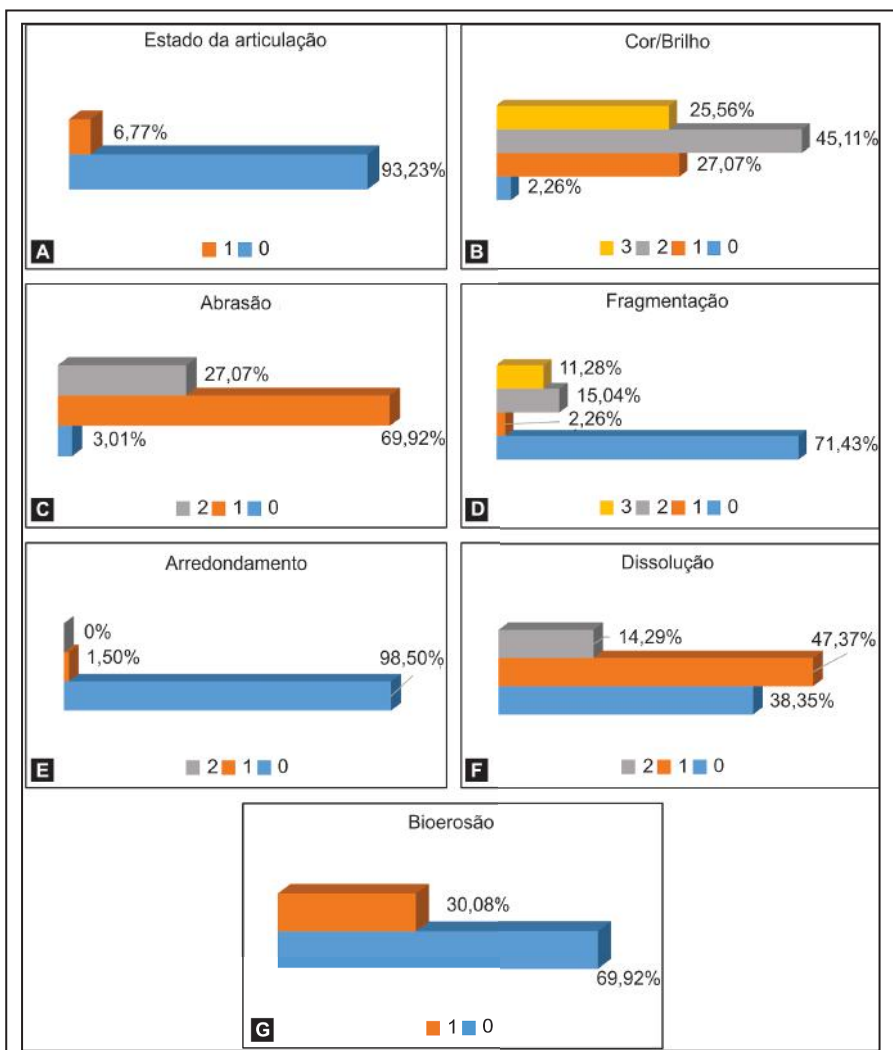


Figura 4 Assinaturas tafonômicas de bioclastos analisados da Reserva Tauá.

Em relação à análise da biotrama, a camada RT-3 indicou empacotamento denso, com mais de 60% de bioclastos bem selecionados, com dimensões de 2 -4 cm. As conchas exibem variações quanto à orientação relativa, ocorrem em concordância com o acamamento (mais frequente) ou com distribuição aleatória. As concavidades voltadas para baixo ocorrem em 54% das conchas analisadas, 32% com concavidade para cima e 14% ocorrem articuladas ou verticalizadas. Na imagem (Figura 5) também foi identificada mistura de valvas articuladas, desarticuladas e fragmentadas.

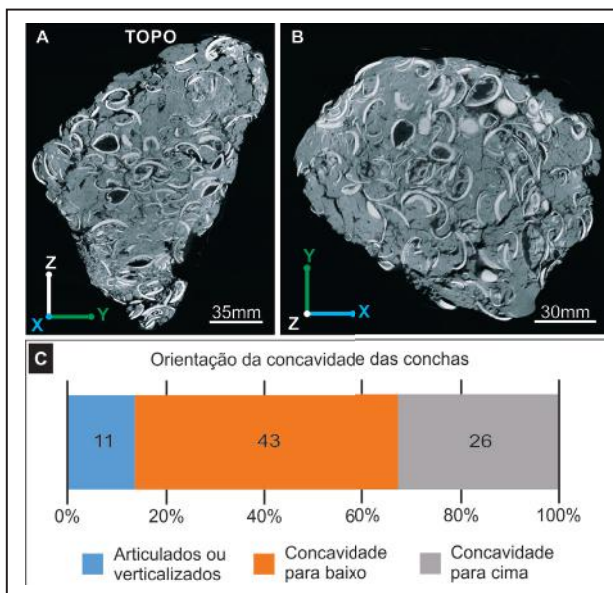


Figura 5 Tomografia por raios-x de amostra coletada na Reserva Tauá (camada RT-3). A. Seção para observação da organização no eixo "X"; B. Seção para observação no eixo "Z" e C. Representação gráfica da frequência da orientação das conchas: 14% articuladas, 54% com a concavidade para baixo e 32% com concavidade para cima.

4.2 Marina Búzios

Neste depósito foram reconhecidas três camadas, sendo uma com conteúdo bioclástico, sobrepostas por material proveniente de aterro (Figura 6).

A camada basal, denominada MB-1, com 42 cm de espessura (Figura 6), é constituída por areia fina a média, bem selecionada, com clastos subangulosos a subarredondados de quartzo e biotita. Esta camada possui entre 30-40% de valvas com predomínio de conchas desarticuladas, das quais em torno de 30% com concavidade voltada

para cima. Do total de conchas, menos de 5% estão articuladas. A camada não possui uma orientação preferencial evidente e o empacotamento varia de denso a frouxo. Ocorrem raízes fasciculares com diâmetros milimétricos nesta camada. O contato com a camada superior é plano e abrupto.

A camada MB-1 é sucedida pela MB-2, com 22 cm de espessura. Esta é constituída por areia fina a muito grossa, com clastos angulosos a subangulosos de quartzo e biotita e menos de 5% de grânulos de quartzo, que ocorrem distribuídos de forma irregular. A cor da camada é 5PB8/1 (cinza azulado claro) e no contato com a camada inferior ocorre mosqueamento comum proeminente de cor 10YR5/8 (bruno amarelado). Também nesta camada, ocorrem raízes fasciculares com diâmetros milimétricos. A camada possui contato plano na base e ondulado no topo.

A camada MB-2 é sucedida pela MB-3, com 10 cm de espessura. Esta corresponde ao horizonte histórico de cor N3 (preto), comportando variação de espessura de 1 cm-10 cm (espessura máxima), em função do contato irregular com o material proveniente de aterro sobreposto. A textura é constituída por areia fina argilosa. O material fino do horizonte é formado principalmente por matéria orgânica mineral. Ocorrem raízes fasciculares com diâmetros milimétricos.

A análise taxonômica indicou que a acumulação bioclástica é constituída por seis espécies de bivalvíos pertencentes aos táxons: *Anomalocardia brasiliiana*, Tellinidae indet., *Lucina pectinata*, *Ostrea* sp., *Trachyartidium muricatum* (Linnaeus, 1758) e *Anadara ovalis* (Bruguiere, 1789) e três espécies de gastrópodes: *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767), *Cerithium atratum* (Bruguiere, 1792) e *Bulla striata*. Apesar de na Marina Búzios existir uma maior diversidade taxonômica do que na Reserva Tauá, a espécie *A. brasiliiana* também é predominante com 41% de representantes seguido por *Ostrea* sp. com 25% e 18% de gastrópodes da espécie *Cerithium atratum* (Figura 7).

Com relação à análise dos parâmetros tafonômicos dos bioclastos da Marina Búzios (camada MB-1) foram obtidos os seguintes resultados: 93,41% das conchas estão desarticuladas (Figura 8A), e 60% não apresentam cor e brilho originais (Figura 8B). As alterações mecânicas dos bioclastos são similares às do depósito da Reserva Tauá, sendo que 64% dos bioclastos apresentam baixo grau de abrasão (Figura

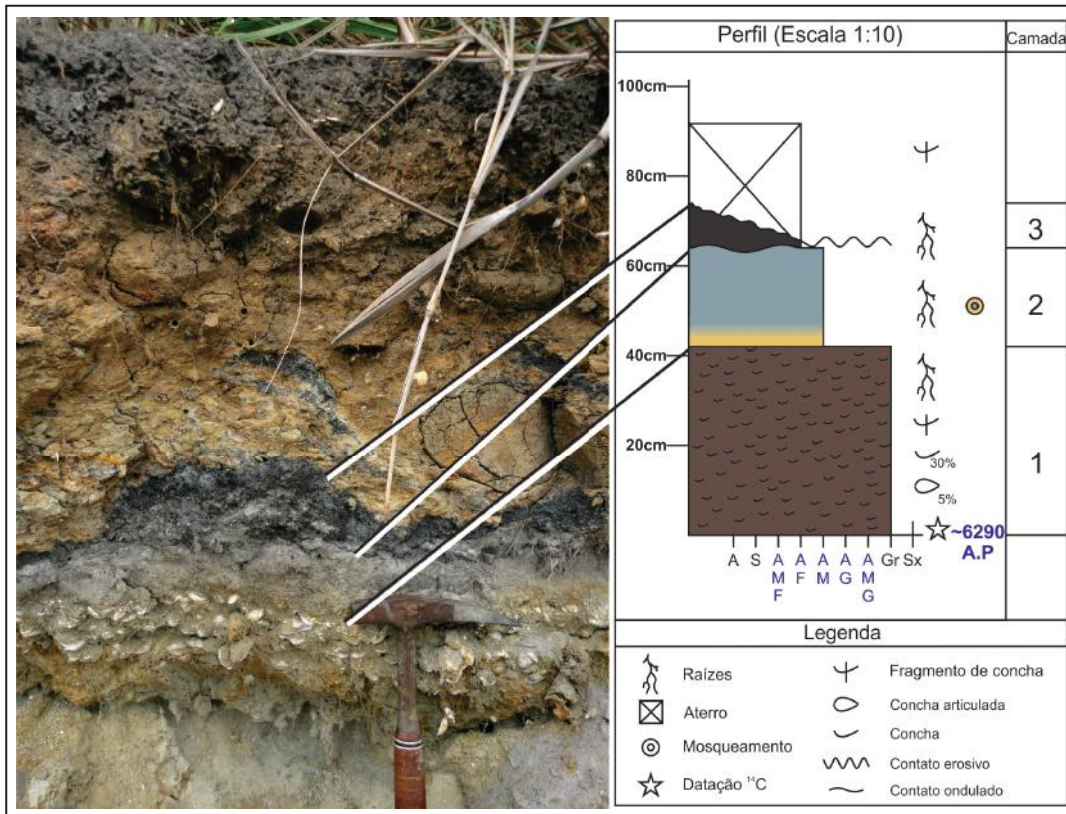


Figura 6 Perfil sedimentológico obtido em exposição da Marina Búzios. No perfil ao lado é indicada a posição da amostra coletada para datação.

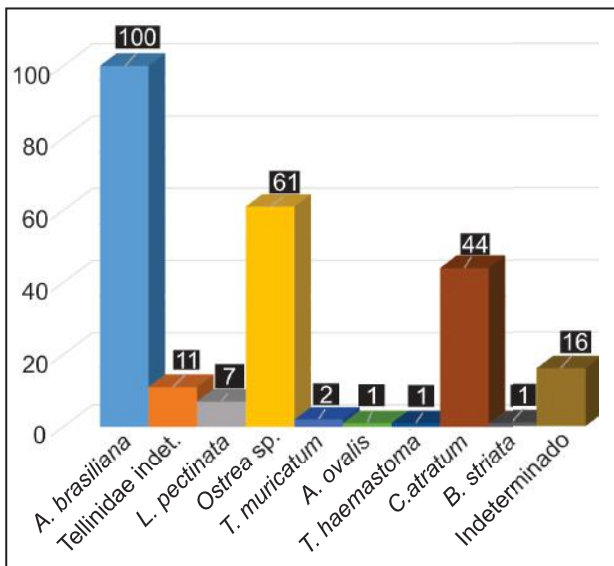


Figura 7 Identificação taxonômica dos bioclastos da Marina Búzios, mostrando a frequência de todos os táxons.

8C), 67% apresentam baixo grau de fragmentação, isto é, classificados como tendo mais de 90% da sua concha preservada (Figura 8D) e mais de 90% dos bioclastos não apresentam arredondamento das bordas (Figura 8E). A frequência de bioclastos que sofrem alteração de caráter químico (dissolução) é concentrada no grau “1” que representa uma fraca

dissolução (Figura 8F). A assinatura de bioerosão mostra que 27,19% dos bioclastos sofreram alguma interação biológica (Figura 8G), sendo mais de 12% bioerodidos por esponjas, 11,4% por poliquetas e 1,7% por ação predatória por gastrópode.

A biotrama foi caracterizada a partir de amostra não deformada coletada na camada MB-1 (Figura 9). O grau de empacotamento desta acumulação bioclástica varia de denso a frouxo. O depósito concordante, onde os bioclastos estão dispostos de modo paralelo ou subparalelo ao acamamento e em alguns locais exibem orientação imbricada. Os bioclastos mostram predominância de valvas desarticuladas com orientação da concavidade voltada para cima, frequência relativa de 65%, com concavidade para baixo, em 13% das conchas analisadas, e as articuladas ou verticalizadas em 22%.

5 Discussão

Diversos autores realizaram análises geocronológicas em conchas de moluscos provenientes dos depósitos existentes na região. Cunha (2012) obteve as idades de 5.460±40A.P para o depósito da Marina Búzios (denominado pela autora de Canal Marina Porto Búzios) e relacionou a formação das acumulações de bioclastos ao aumento relativo do nível do mar que ocorreu entre 6.500 a 7.000 A.P (Martin *et*

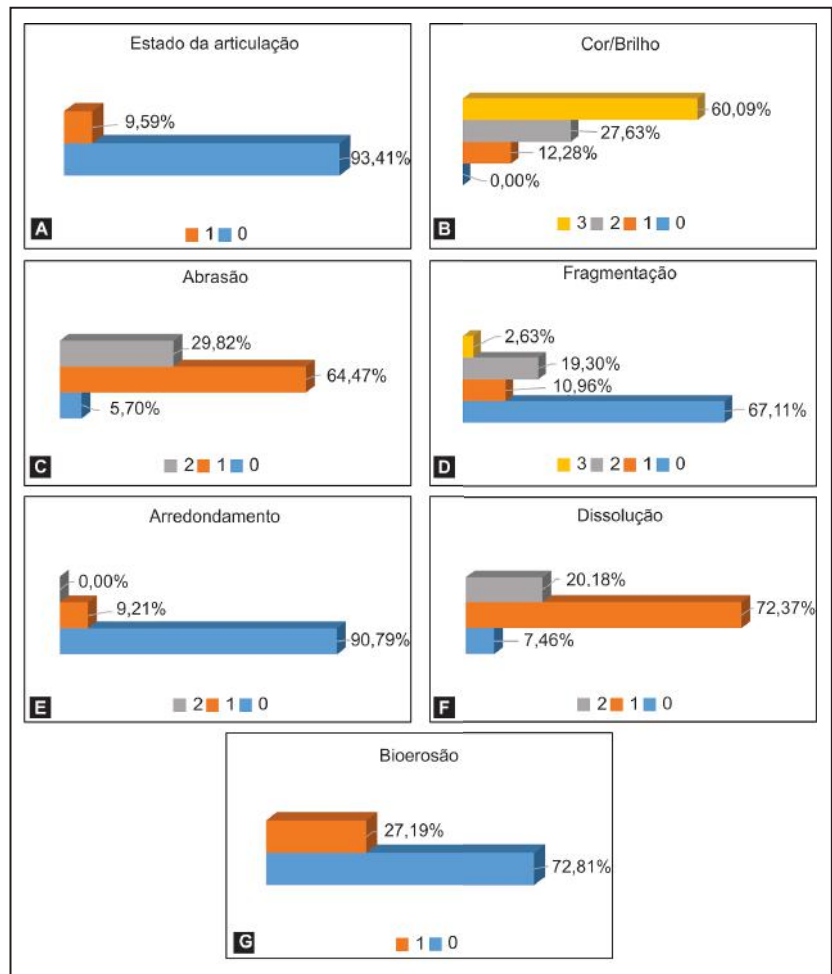


Figura 8 Assinaturas tafonômicas de bioclastos analisados da Marina Búzios.

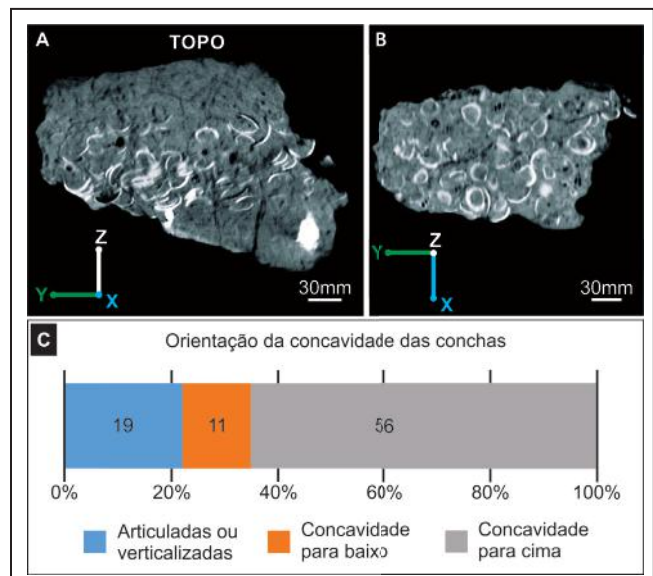


Figura 9 Tomografia de raios-x de amostra coletada na Marina Búzios (camada MB-1). A - Seção para observação da biotrama no eixo "X"; B - Seção para observação no eixo "Z" e C - Representação gráfica da frequência da orientação das conchas: 22% articuladas ou verticalizadas, 13% com concavidade para baixo e 65% com concavidade para cima.

al., 1996), favorecendo a formação de ambientes lagunares, nos quais proliferaram os moluscos. Segundo Castro *et al.* (2009), o posterior rebaixamento do nível relativo do mar por volta de 4.900 A.P. gerou corpos isolados, que com o contínuo e progressivo

processo de evaporação tornaram-se mais salinos. A acumulação bioclástica que compõem a Reserva Tauá é pauciespecífica, isto é, possui baixa variedade de espécies (Kidwell *et al.*, 1986), com predominância da espécie *A. brasiliana*, que é capaz de

suportar grandes variações de oxigênio dissolvido e salinidade (Leonel *et al.*, 1983). Segundo Schaeffer-Novelli (1980) as concentrações de origem biogênica formadas por *A. brasiliana*, são características de ambientes lagunares, nos quais, grupos de organismos oportunistas habitam os fundos arenosos e areno-lodosos, que frequentemente, são invadidos por outros organismos carreados pela ação de ondas de tempestade e leques de sobrelavagem (*washover fans*) (Kidwell *et al.*, 1986). Na Reserva Tauá não foram identificadas espécies de diferentes ambientes e cotas batimétricas (o que indica que não ocorreu mistura de bioclastos alóctones, *sensu* Kidwell *et al.*, 1986), portanto, o sítio desenvolveu características para proliferação do organismo *A. brasiliana*. Adicionalmente, a ação de fluxos trativos (ondas), remobilizou as conchas e as orientou com predominância de valvas com a concavidade voltada para baixo, sendo assim, classificado como um depósito parautoctone de origem mista (biogênico e sedimentar), depositado em ambiente lagunar, corroborando as conclusões de Cunha (2012).

A caracterização sedimentológica e tafonômica da Reserva Tauá indica que o sistema lagunar foi estabelecido em RT-1, constituída por areia muito fina e presença de gipsita; a partir da camada RT-2 (~5790 A.P) inicia-se a colonização por organismos em evento de aumento relativo do nível do mar, constatado pela presença de conchas. Na camada RT-3 ocorre o máximo de proliferação biológica, já em período de rebaixamento relativo do nível do mar devido ao grande conteúdo de conchas em relação à camada inferior. Neste momento, os corpos lagunares tornaram-se não comunicáveis e hipersalinos, evidenciado pela alta proporção relativa da espécie *A. brasiliana*, contudo, eram afetados por eventos episódicos de sobrelavagem, aumentando a quantidade de areia e de fragmentos de conchas. A complexidade interna das acumulações bioclásticas, como a da camada RT-3 indicam variação de energia no ambiente, com momentos de produção biológica alternados a momentos de fluxos subaquosos, que exumaram os organismos e, assim os tornaram mais susceptíveis aos processos de abrasão e fragmentação.

No sítio Marina Búzios, a camada bioclástica MB-1 foi gerada em ~6290 A.P., início da elevação relativa do nível do mar, de acordo com Martin *et al.* (1996). Na análise da biotrama da camada MB-1 foi possível observar que o conteúdo relativo de conchas é menor que na camada RT-2 da Reserva Tauá. A organização das conchas em acamamento subparalelo com maior percentual de conchas com

concavidade para cima, em relação ao substrato, pode ser caracterizado como produto de uma rápida deposição. Tal padrão de organização da biotrama é semelhante ao descrito por Middleton (1967) em experimentos com conchas em suspensão em correntes de turbidez. Entretanto, algumas conchas mostram orientação imbricada, o que mostra atuação de fluxo trativo em alguns momentos. Os dados sugerem que os depósitos da localidade Marina Búzios seriam o resultado da elevação relativa do nível do mar e fraco retrabalhamento do material por fluxo trativo.

As assinaturas tafonômicas dos depósitos da Reserva Tauá e Marina Búzios mostram que os processos de alteração, tanto físicos como químicos são semelhantes. As assinaturas de perda da articulação e perda de cor e brilho são as que demonstraram maior grau de alteração, em relação a abrasão, fragmentação e arredondamento. Os resultados da dissolução são um pouco distintos da Reserva Tauá, que possui bioclastos com distribuição mais homogênea pelos diferentes graus propostos, enquanto na Marina Búzios possui mais de 90% de bioclastos com alguma alteração. As assinaturas tafonômicas mostram que os bioclastos do depósito não sofreram transporte e a energia do ambiente não foi intensa. Em ambos os depósitos foram encontradas evidências de bioerosão por poliquetas, esponjas e de ação predatória por gastrópode nas valvas (Figura 10). A ação destes organismos promove o enfraquecimento mecânico em rochas e materiais esqueléticos (Verde, 2007).

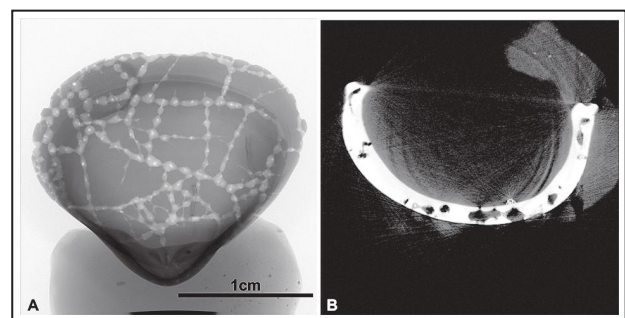


Figura 10 Microtomografia de raios-x de *A. brasiliana* proveniente da camada RT-3. A concha exibe perfurações causadas por bioerosão de larvas de esponjas. A. Superfície de conchas; B. Seção transversal da concha.

Entretanto, a alteração meteórica que ocorre na Reserva Tauá dá-se de forma mais intensa devido à exumação artificial de parte do depósito quando da ocupação da área na década de 1990, e segue a seguinte sequência: a) impacto mecânico de pingos de chuva sobre a superfície das conchas; b) impermea-

bilização da superfície com alagamento temporário promovendo a proliferação de cianobactérias na superfície exposta das conchas; c) ocupação por algas; d) bioestabilização por gramíneas.

As conchas expostas no pavimento são susceptíveis à ação microbiana (Figura 11), o que resulta no processo de micritização que, se for parcial, gera envelopes de micrita ou avançando acaba por micritizar toda a concha. Essa atividade destrutiva em conchas, causada por cianobactérias já foi observada por Young & Nelson (1998); Pantazidou *et al.* (2006); Pawlowska *et al.* (2008). Em lâminas petrográficas, é possível observar nas bordas das conchas a alta densidade de microperturações com tamanhos entre 4 e 6µm, exibindo formas retilíneas, baixa si-



Figura 11 Película de algas e cianobactérias recobrendo as conchas expostas no pavimento da Reserva Tauá.

nuosidade e ramificações (Figura 12). Olóriz *et al.* (2004) analisaram microperturações em depósitos de coquinas do Jurássico Superior e identificaram padrões semelhantes provocados por algas, fungos e, cianobactérias.

O processo de bioestabilização, que corresponde à fixação de partículas sedimentares por biofilmes ou esteiras microbianas (Noffke, 2011), ocorre no pântano da Malhada há pelo menos 700 anos A.P. de acordo com as datações realizadas na camada húmica por Dias Jr *et al.* (1979). O avanço desse processo decorre da colonização da superfície por gramíneas, vegetação arbustiva e, posteriormente, arbórea favorecendo a formação de um horizonte superficial histórico com alto teor de matéria orgânica e concentração de organismos de infauna. As raízes das plantas penetram as camadas conchíferas e, por vezes, atravessam as valvas (Figura 13); entretanto, não foram encontradas evidências de que as raízes tenham provocado perfurações e a hipótese mais plausível é de que as raízes propagaram-se através de perfurações já existentes, geradas por organismos colonizadores da superfícies das conchas. Na Marina Búzios não ocorre a mesma sequência, devido à variação sazonal das marés que em intervalos semidiurnais recobrem completamente o afloramento. Foi observado que nesse depósito algumas conchas possuem delgada película formada por algas e cianobactérias, entretanto, não foi observado microperturações nas superfícies das conchas. Isto ocorre devido a ação das marés, que não permitem condições favoráveis a bioestabilização e consequente alteração da superfície das conchas por atividade microbiana.

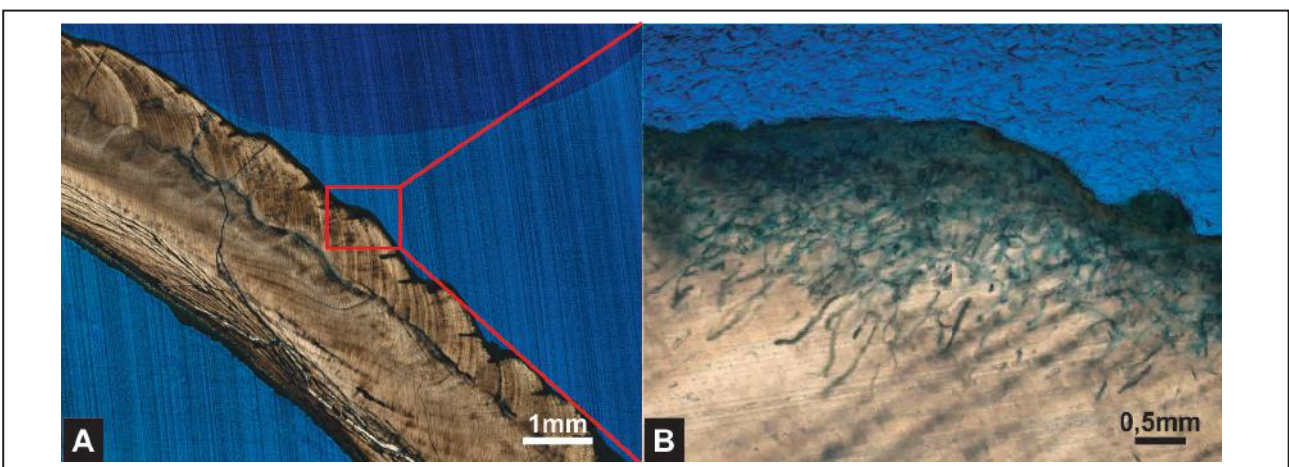


Figura 12 A. fotomicrografia de concha de bivalvío *A. brasiliana*, proveniente da camada RT-3; B. ampliação da borda onde é possível observar a densa concentração de microperturações.

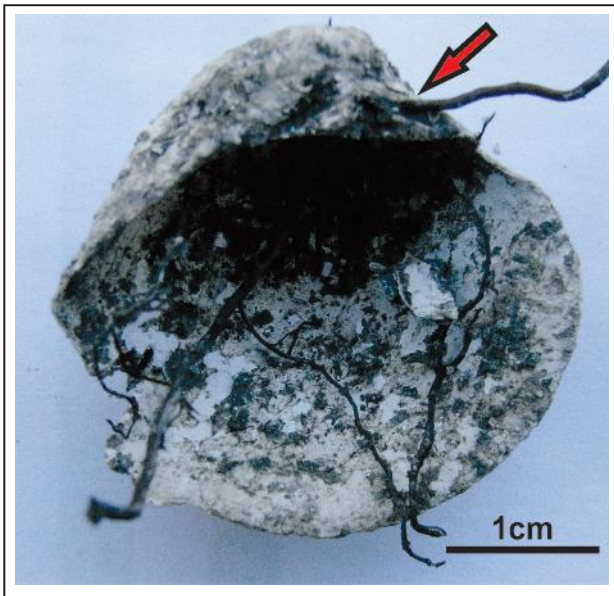


Figura 13 Concha de *A. brasiliana*. A seta indica o local onde a raiz atravessa a concha.

6 Conclusão

A integração dos dados sedimentológicos, taxonômicos e tafonômicos possibilitou interpretar o depósito da Reserva Tauá como parautoctone de origem mista (biogênica e sedimentológica), formado durante Holoceno no qual, a elevação do nível relativo do mar propiciou a formação de um ambiente lagunar afetado por ação de ondas.

O depósito Marina Búzios é classificado como depósito de origem mista (biogênica e sedimentológica) parautoctone, gerado durante o Holoceno, por condições de rápida deposição com ação de ondas e eventos episódicos de tempestade que depositaram leques de sobrelavagem, como evidenciado pela organização concordante de bioclastos e a proporção relativa de concavidades voltadas para cima.

No interstício decorrido da formação dos depósitos, de ~5790 A.P. na Reserva Tauá e ~6290 A.P. na Marina Búzios, os resultados da análise tafonômica evidenciam que ambos os depósitos apresentam estado de alteração similar, de fracas alterações físicas e químicas, entretanto, o pavimento exposto por mais de vinte anos na Reserva Tauá favoreceu a alteração de caráter microbiano, como evidenciado por microperfurações na superfície das conchas.

As feições de bioerosão ocorrem de forma perpendicular a oblíqua em relação às linhas de crescimento das conchas, favorecendo assim a sua fragmentação em padrão diferenciado da quebra mecânica. A bioestabilização do depósito da Reserva Tauá já ocorre há algumas centenas de anos, entretanto, a evolução dos processos pedogenéticos

é dificultada pela proximidade com o lençol freático, que inibe a evolução dos processos pedogenéticos sobre a superfície coberta por conchas.

7 Agradecimentos

Programa de Capacitação de Recursos Humanos em Geologia do Petróleo (conv. PRH-ANP/MCT n.18) Projeto “Análise geológica sedimentar de sucessões carbonáticas cretáceas em uma bacia sedimentar brasileira” (Fundação Coppetec proj. IGEO 15.981) desenvolvido pelo Laboratório de Geologia Sedimentar (Lagesed) da UFRJ, financiado com recursos da Participação Especial (ANP) da BG E&P Brasil; Laboratório de Instrumentação Nuclear (LIN) da COPPE-UFRJ, pela aquisição das imagens tomográficas e microtomográficas; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq (Bolsa de Produtividade em Pesquisa Proc. 300857/2012-8); Dalva Rosa Mansur, atual presidente do Comitê da bacia hidrográfica Lagos do São João, vice-presidente da plenária de ONGS da região dos lagos e presidente do conselho municipal de ambiente e saneamento de São Pedro da Aldeia.

8 Referências

- Bernardes, A.P.; Figini, A.J. & Senra, M. C. E. 2007. Datação radiocarbônica dos depósitos de moluscos da planície litorânea de Cabo-Frio, RJ. In: CARVALHO, I.S.; CASSAB, R.C.T.; SWANKE, C.; CARVALHO, M.A.; FERNANDES, A.C.S.; RODRIGUES, M.A.C.; CARVALHO, M.S.S.; ARAI, M. & OLIVEIRA, M.E.Q. (Eds.), *Paleontologia: Cenários da vida*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, p.727-734.
- Bernardes, A.P. 2008. *Indicadores tafonômicos da malacofauna da planície litorânea de Cabo Frio (Holoceno)*. RJ. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 51p.
- Brito, I.A.M. & Carvalho, M.G.P. 1978. Distribuição de invertebrados marinhos na planície costeira do rio São João, estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências*, 2: 56-70.
- Castro, J.W.A.; Senra, M.C.E. & Ramos, R.R.C. 2009. Coquinas da reserva tauá – pântano da malhada, Cabo-Frio, RJ. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C.R.G.; FERNANDES, A.C.S.; BERBERT-BORN, M. & QUEIROZ, E.T (eds.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, Brasília, CPRM, p. 269-276.
- Castro, J.W.A.; Suguio, K.; Seoane, J.C.S.; Cunha, A.M. & Dias, F.F. 2014. Sea-level fluctuations and coastal evolution in the state of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86: 671-683.
- CBHLSJ. Comitê de Bacia Hidrográfica Lagos São João: Mapas das Bacias Hidrográficas, Banco de dados. Bacia do rio Una e Cabo de Búzios. Disponível em: <http://www.lagossaojoao.org.br>. Acessado em dezembro 2016.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil: GEOBANK – Visualizador de mapas GIS, Banco de dados. Disponível em: <http://geowebapp.cprm.gov.br/ViewerWEB/>. Acessado em agosto de 2015
- Cunha, A.M. 2012. *Malacofauna das acumulações bioclásticas da planície costeira do rio Una, Cabo Frio e Armação dos Búzios, RJ: Identificação taxonômica, Geocronológica, Considerações Tafonômicas e Paleoambientais*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 82p.
- Cunha, A.M. & Castro, J.W.A. 2011. Identificação taxonômica e parâmetros paleoambientais da malacofauna holocênica da planície costeira do rio Una, município de Cabo Frio, RJ. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 13, ENCONTRO DO QUATERNÁRIO SUL-AMERICANO, 3, Armação dos Búzios, 2013, *Anais*, Armação dos Búzios-Rio de Janeiro, p. 1295-1299.

- Cunha, A.M.; Dias, F.F.; Fonseca, V.M. & Castro, J.W.A. 2011. Assembléia de Moluscos da Região do Pântano do Ramalho, Cabo Frio, RJ: Indicadores Biológicos de Variação do Nível Relativo do Mar Durante o Holoceno. *Anuário do Instituto de Geociências*, 34: 46-52.
- Cunha, A.M.; Castro, J.W.A. & Dias, F.F.A. 2012. Importância da preservação das acumulações bioclásticas da planície costeira do rio Una, municípios de Cabo Frio e Armação dos Búzios, RJ, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 35: 58-67.
- Davies, D.J.; Powell, E.N. & Stanton, R.J. 1989. Taphonomic signatures as a function of environmental process: shells and shell beds in hurricane-influenced inlet on the Texas coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72: 317-356.
- Darwin, C. 1839. *Voyages of the Adventure and Beagle*. London, Henry Colburn, 615p.
- Dias, F.F. 2009. *Variações do nível relativo do mar na planície costeira de Cabo Frio e Armação dos Búzios, Rio de Janeiro: Reconstrução paleoambiental holocênica e cenários futuros*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 163p.
- Dias Jr, O.F. 1979. A tradição Itaipu, costa central do Brasil. In: MEGGERS, B.J. (Ed.), *Pré História Sudamericana: Nuevas Perspectivas*. Washington, Taxaracun, p. 161 - 176
- Figueiredo, A.M.F. 1981. *Depositional Systems in the Lower Cretaceous Morro do Chaves and Coqueiro Seco Formations, and their Relationship to Petroleum Accumulations, Middle Rift Sequence, Sergipe-Alagoas Basin, Brazil*. The University of Texas, PhD. Thesis, 275p.
- Fürsich, F.T. & Oschmann, W. 1993. Shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic of Kachchh, western India. *Journal of the Geological Society*, 150: 169-185.
- Fujiwara, O.; Katamaki, T. & Masuda, F. 2004. Sedimentological time-averaging and ¹⁴C dating of marine shells. *Nuclear Instruments and Methods in Physical Research, B* 223-224: 540-544.
- Holz, M. & Simões, M.G. 2002. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Porto Alegre, UFRGS, 231p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geodésia e Cartografia. CARTA DO BRASIL, folhas: SF-23-Z-B-VI-2 (Morro de São João), segunda edição 1978 e SF-24-M-III-3 (Farol do Cabo), edição preliminar 1963. Escala: 1:50.000. Disponível: em <http://portaldemapas.ibge.gov.br/>. Acessado em dezembro de 2016.
- Kidwell, S.M. 1991. The stratigraphy of shell concentrations. In: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E.G. (Eds.), *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*. New York, Plenum Press, p. 211-290.
- Kidwell, S.M.; Fürsich F.T. & Aigner, T. 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios*, 1: 228-238.
- Kidwell, S.M. & Bosence, D.W.J. 1991. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In: ALLISON, P.A. & BRIGGS, D.E.G. (Eds.), *Taphonomy: Releasing The Data Locked in the Fossil Record*. New York, Plenum Press, p. 115-209.
- Kidwell, S.M. & Holland, S.M. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios*, 6: 426-434.
- Kidwell, S.M.; Rothfus, T.A. & Best, M.M.R. 2001. Sensitivity of taphonomic signatures to sample size, sieve size, damage scoring system, and target taxa. *Palaios*, 16: 26-52.
- Leonel, R.M.V.; Magalhães, A.R.M. & Lunetta, J.E. 1983. Sobrevivência de Anomalocardia brasiliensis (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia), em diferentes salinidades. *Boletim de Fisiologia Animal*, 7: 63-72.
- Mansur, D.R. 2004. Caminho dos jesuítas na região dos lagos. In: MANSUR, D. R.; BUENO, C.; MANSUR, K. L.; SCHMITT, R. TIELLET, S. & L. (Eds.), *APA da Serra de Sapatiba - Projeto Conhecer para Preservar. Iguaba Grande*. IPEDS - Centro de Pesquisas Zen, p. 46.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J.M.; Dominguez, J.M.L. & Bittencourt, A.C.S.P. 1996. Quaternary Sea-level History and Variation in Dynamics along the Central Brazilian Coast: Consequences on Coastal Plain Construction. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68: 303-354.
- Martin, L.; Suguio, K.; Dominguez, J.M.L. & Flexor, J.M. 1997. *Geologia do Quaternário Costeiro do litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo*. Belo Horizonte, CPRM, 112p.
- Middleton, G.V. 1967. The orientation of concavo-convex particles deposited from experimental turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 37: 229-232.
- Muniz, M.C. 2013. *Tectono-Stratigraphic evolution of the Barremian-Aptian Continental Rift Carbonates in Southern Campos Basin, Brazil*. Royal Holloway University of London, PhD. Thesis, 301 p.
- Monaco, P. 2000. Biological and Physical Agents of Shell Concentrations of Lithiotis Facies Enhanced by Microstratigraphy and Taphonomy, Early Jurassic, Trento Areal (North Italy). *Geo-Research Forum*, 6: 473-486.
- Neves, J.P.; Rohn, R. & Simões, M.G. 2010. Tafonomia de Biválvios em Calcários Oolíticos da Formação Teresina (Bacia do Paraná, Permiano Médio, Prudentópolis, PR). *Geologia USP: Série Científica*, 10: 19-36.
- Neves, J.P.; Rohn, R. & Simões, M.G. 2011. Tafonomia de tempestitos conchíferos amalgamados da Formação Teresina em Rio Preto (Estado do Paraná, Permiano Médio, Bacia do Paraná) e suas implicações paleoambientais. *Geologia USP: Série Científica*, 11: 131-147.
- Noffke, N. 2011. Biostabilization. In: GARGAUD, M.; AMILS, R.; QUINTANILLA, J.C.; CLEAVES, H.J.; IRVINE, W.M.; PINTI, D.L. & VISO, M. (Eds.), *Encyclopedia of Astrobiology*. Berlin, Springer Berlin Heidelberg, p. 1853.
- Olóriz, F.; Reolid, M. & Rodríguez-Tovar, F.J. 2004. Microboring and taphonomy in Middle Oxfordian to lowermost Kimmeridgian (Upper Jurassic) from the Prebetic Zone (southern Iberia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 212: 181-197.
- Playford, P.E.; Cockbain, A.E.; Berry, P.F.; Roberts, A.P.; Haines, P.W. & Brooke, B.P. 2013. The geology of Shark Bay: Geological Survey of Western Australia. Perth, *Bulletin*, 146: 281p.
- Pantazidou, A.; Louvrou, I. & Economou-Amilli, A. 2006. Euendolithic shell-boring cyanobacteria and chlorophytes from the saline lagoon Ahivadolimni on Milos Island, Greece. *European Journal of Phycology*, 41(2):189 - 200.
- Pawlowska, A.M.; Palińska, K.A. & Piekarek-Jankowska, H. 2008. Colonisation and bioerosion of marine bivalve shells from the baltic sea by euendolithic cyanobacteria: an experimental study. In: WISSHAK, M. & TAPANILA, L. (Eds.), *Current Developments in Bioerosion*. Berlin, Erlangen Earth Conference Series, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 109-120.
- Ponciano, L.C.M.O.; Fonseca, V.M.M. & Machado D.M.C. 2012 Taphofacies analysis of late early Givetian fossil assemblages of the Parnaíba Basin (State of Piauí, northeast Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 326-328: 95-108.
- Radley, J.D. & Barker, M.J. 2000. Palaeoenvironmental significance of storm coquinas in a Lower Cretaceous coastal lagoonal succession (Vectis Formation, Isle of Wight, Southern England). *Geology Magazine*, 137: 193-205.
- Rios, E.C. 1994. *Seashells of Brazil*. Rio Grande, Editora da Fundação Universidade do Rio Grande, 492p.
- Rodrigues, S.C.; Simões, M.G.; Pires-Domingues, R.A. 2009. Viés Analítico em Estudos Tafonômicos com Macroinvertebrados Implicações (Paleo)Ambientais e (Paleo)Ecológicas. *Geologia USP: Série Científica*, 9: 101-114.
- Schaeffer-Novelli, Y. 1980. Análise populacional de Anomalocardia Brasiliensis (GMLEIN, 1791), na praia do saco da ribeira, Ubatuba, Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 29: 351-355.
- Schäfer, W. 1972. *Ecology and Palaeoecology of Marine Environments (traduzido por Irmgard Oertel de Aktuo-paläontologie nach Studien in der Nordsee)*. Chicago, The University of Chicago Press, 568p.
- Sant'ana, E.M. 1976. Estudo geomorfológico da área da Barra de São João e Morro de São João. *Revista Brasileira de Geografia*, 37(3): 3-15.
- Senra, M.C.E.; Silva, L.H.S.; Batista, D.S.; Assis, C.M. & Barreiro, R.M.C. 2003. Tafonomia e paleoambientes do Pântano da Malhada- Reserva Tauá, planície costeira de Armação dos Búzios/ Cabo-Frio (Quaternário superior), estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9, 2003, *Livro de resumos*, Recife, p. 95.
- Simões, M.G. & Kowalewski, M. 1998. Shell Beds as Paleocological Puzzles: a Case Study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Facies*, 38: 175-196.
- Simões, M.G.; Kowalewski, M.; Torello F.F.; Ghilhardi, R.P. & Mello, L.H.C. 2000. Early onset of modern-style shell beds in the Permian sequences of the Paraná Basin: Implications for the Phanerozoic trend in bioclastic accumulation. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3): 499-503.
- Tucker, M.E. & Wright, V.P. 1990. *Carbonate Sedimentology*. New York, Blackwell Science, 482p.
- Walker, R.G. 2006. Facies models revisited: introduction. In: POSAMENTIER, H.W. & WALKER, R.G. (Eds.), *Facies Models Revisited*. Society for Sedimentary Geology, Special Publication 84, p. 1-19.
- Verde, M. 2007. Bioerosão. In: CARVALHO, I.S. & FERNANDES, A.C.S. (Eds.), *Iconologia*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, Série textos, p. 108-117.
- WoRMS Editorial Board. World Register of Marine Species: Database. Disponível em <http://www.marinespecies.org>. Acessado em setembro 2015.
- Young, H.R. & Nelson, C.S. 1988. Endolithic biodegradation of cool-water skeletal carbonates on Scott shelf, northwestern Vancouver Island, Canada. *Sedimentary Geology*, 60: 251-267.