



Registros das Variações do Nível Relativo do Mar na Península de Armação dos Búzios, Rio de Janeiro: Análise de Dados Faciológicos e Geocronológicos
Registers of Relative Sea Level Fluctuations in Armação dos Búzios
Peninsula, Rio de Janeiro: Analysis of Faciological and Geochronological Data

Caíque Lima Cabral¹; João Wagner Alencar Castro^{1,2} & Aline Meneguci da Cunha¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia & Meio Ambiente, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

²Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Geologia, Av. Athos da Silveira Ramos 274, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21941-916, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
E-mails: caiquelimacabral@gmail.com; jwacastro@gmail.com; aline.meneguci@gmail.com

Recebido em: 23/01/2018 Aprovado em: 08/03/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_130_141

Resumo

As variações do nível relativo do mar e mudanças climáticas durante o Holoceno foram importantes para a construção e evolução das paisagens sedimentares costeiras do sudeste brasileiro, especialmente na Região dos Lagos do Estado do Rio de Janeiro. Essas variações podem ser identificadas em campo através de indicadores geológicos e biológicos. Objetiva-se estudar as variações do nível relativo do mar nessa região com base em análises faciológicas, estratigráficas e geocronológicas de depósitos de conchas de moluscos. Como procedimento metodológico foram executados perfis estratigráficos, análises sedimentológicas, taxonômicas e granulométricas, objetivando a identificação de fácies e eventos transgressivos e regressivos. Foram enviadas três amostras para datação por radiocarbono C¹⁴, sendo duas de conchas de moluscos e uma de sedimentos orgânicos. Resultados obtidos são apresentados através de tabela de fácies, tabela taxonômica, perfis estratigráficos e dados geocronológicos. O modelo de evolução geológica/geomorfológica da área de estudo caracteriza-se pela construção de terraços marinhos regressivos, constituídos por lagunas semiabertas, cordões litorâneos e pântanos atuais.

Palavras-chave: Flutuações do nível do mar; Fácies holocênicas; Geocronologia; Região dos Lagos Fluminenses

Abstract

Relative sea level fluctuations and climatic changes during the Holocene were important to the construction and evolution of the Brazilian southeastern sedimentary coastal landscape, especially in Rio de Janeiro State's Lakes Region. These fluctuations can be identified on the field with the support of geological and biological indicators. The objective of this paper is to study the relative sea level variations in this region based on faciological, stratigraphic and geochronological analysis of mollusk shell deposits. The methodological procedure consisted on the execution of stratigraphic profiles, as well as sedimentological, taxonomic and granulometric analyzes, with the intent of recognizing not only facies but also transgressions and regressions. Three samples were sent for radiocarbon C¹⁴ dating, two of mollusk shells and one of organic sediment. Results achieved were presented through a table of facies, a taxonomic table, stratigraphic profiles and geochronological data. The geological/geomorphological evolution model of the studied area is characterized by the construction of regressive marine terraces, consisting of semi-open lagoons, beach ridge and current marshes.

Keywords: Sea Level Fluctuations; Holocene facies; Geochronology; Lagos Fluminense region

1 Introdução

Uma das principais características do Período Quaternário é a ocorrência de variações do nível relativo do mar, assim como as oscilações climáticas, responsáveis pela evolução das planícies costeiras (Castro *et al.*, 2014). Essas variações e oscilações influenciaram diretamente na construção dos ambientes de sedimentação costeira, entre estes, praias, dunas, lagunas, pântanos, planícies de maré, deltas e estuários. As evidências são identificadas através de diversos registros, tanto na projeção vertical (rochas de praia, vermetídeos e cracas) como na projeção horizontal (depósitos de conchas de moluscos, terraços marinhos e cordões litorâneos), distribuídas ao longo das planícies costeiras do sudeste brasileiro (Castro *et al.*, 2014).

Conforme Suguio *et al.* (1985) essas evidências podem ser classificadas em três categorias distintas: indicadores geológicos, biológicos e arqueológicos. Os indicadores geológicos são constituídos principalmente por rochas de praia (*beachrocks*), terraços de abrasão marinha e terraços de construção marinha. Os indicadores biológicos são identificados através de incrustações de vermetídeos, incrustações de cracas, acumulações de conchas de moluscos e tocas de ouriços, posicionados acima ou abaixo do nível do mar.

No litoral do Estado do Rio de Janeiro foram identificadas evidências de níveis mais altos que o atual em Angra dos Reis e Parati (Suguio *et al.*, 1985), na planície costeira de Jacarepaguá (Roncarati & Neves, 1976; Martin *et al.*, 1984), na Barra da Tijuca - Rio de Janeiro (Calheiros, 2006), em Niterói (Cunha & Andrade, 1971) e na Região dos Lagos Fluminense (Sant'anna, 1975; Brito & Carvalho, 1978; Martin *et al.*, 1997; Turcq, 1999; Castro *et al.*, 2006, 2014; Dias *et al.*, 2009; Cunha & Castro, 2011; Cunha, 2016).

Foram identificadas diversas evidências de variações do nível do mar, tanto na projeção vertical como na projeção horizontal, documentadas a partir da década de 1970 por Sant'anna (1975) e Brito & Carvalho (1978), na década de 1990 por Martin *et al.* (1997), e nos anos 2000 por Senra *et al.* (2003a, 2003b), Castro *et al.* (2004, 2014); Senra *et al.* (2004); Castro *et al.* (2006); Dias *et al.* (2007); Bernardes (2008), Bernardes *et al.* (2009), Cunha & Castro (2011), Cunha *et al.*, (2011, 2012), Cunha (2012, 2016) e Oliveira (2016).

Nessa região são marcantes os registros geológicos da transgressão máxima holocênica ocorrida entre 6.330 e 4.800 anos cal AP. (Castro *et*

al., 2014; Cunha, 2016). As alterações geológicas e geomorfológicas na planície costeira da Região dos Lagos do Estado do Rio de Janeiro são identificadas através de amplas paleolagunas (pântanos costeiros atuais), cordões litorâneos de retaguarda, falésias mortas e tómbolos. Foram identificadas camadas de conchas de moluscos com espessuras que variam entre 0,20 e 0,40 m no domínio dos pântanos costeiros da área de estudo. Esse registro marca a grande transgressão máxima holocênica ocorrida no sudeste brasileiro (Castro *et al.*, 2014).

O presente artigo objetiva contribuir com a evolução do conhecimento sobre o tema aqui abordado, utilizando dados faciológicos, geocronológicos e biológicos como indicadores de variações horizontais do nível relativo do mar na região da Península de Armação de Búzios - Rio de Janeiro. Foram elaborados perfis estratigráficos, tabelas de fácies dos afloramentos, complementados por análises granulométricas e taxonômicas. Também foram utilizadas informações geocronológicas ao radiocarbono C^{14} , visando interpretar as condições paleoambientais no contexto das variações do nível do mar durante o Holoceno. A área de estudo localiza-se na Região dos Lagos Fluminenses, Município de Armação dos Búzios, Estado do Rio de Janeiro, conforme Figura 1.

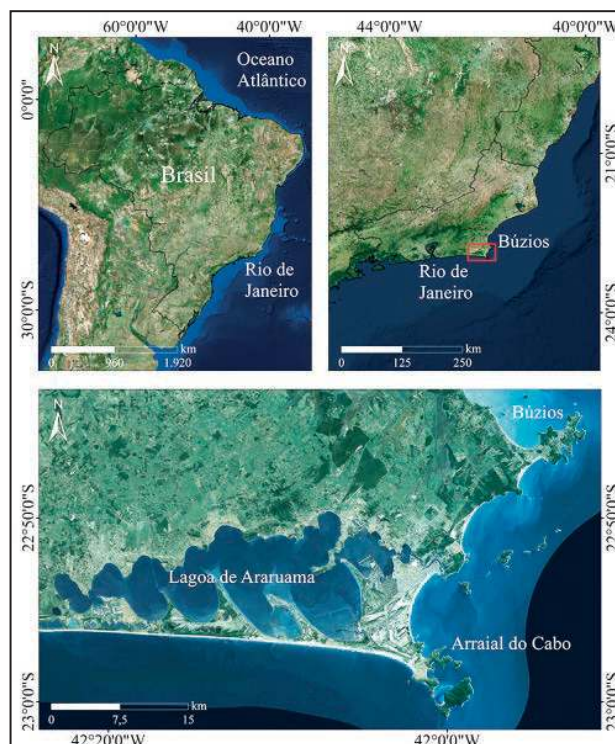


Figura 1 Mapa de localização da área no contexto do Estado do Rio de Janeiro.

2 Condicionantes Geológicas

A área de estudo insere-se no Domínio Tectônico de Cabo Frio, segmento central da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004). Conforme trabalho desenvolvido por Schmitt (2001), esse domínio é constituído por embasamento do Paleoproterozóico, intercalado tectonicamente com metassedimentos e anfíbolitos mais jovens. Nessa região situa-se a planície costeira, representada por uma sequência de cordões arenosos e pântanos, associadas ao último máximo transgressivo (Turq *et al.*, 1999). A sedimentação marinha isolou corpos lagunares que ocuparam fundos de vales. Posteriormente, as lagunas foram ressecadas e parcialmente recobertas por sedimentos aluviais até os dias atuais (Martin *et al.*, 1997). A Figura 2 ilustra os condicionantes geológicos da área.

Os depósitos quaternários caracterizam-se por sedimentos marinhos e continentais de idade pleistocênica e holocênica (Castro *et al.*, 2014). Os sedimentos pleistocênicos caracterizam-se por terraços arenosos de coloração esbranquiçada na superfície e acastanhados em profundidade (Martin *et al.*, 1997). Sedimentos de coloração escura geralmente são atribuídos à presença de matéria orgânica. As porções mais internas das planícies costeiras podem variar de 8,0 a 10,0 m de altitude, diminuindo em direção ao mar (Martin *et al.*, 1997). Os vales são ocupados por sistema de drenagem de pequeno porte representados pelos rios São João e Una. Conforme Castro *et al.* (2009) os terraços holocênicos caracterizam-se por terras baixas e pantanosas, datadas em aproximadamente 5.100 anos AP. Em geral, os sedimentos são constituídos por material siltico e areno-argiloso, rico em matéria orgânica. Nesses depósitos, registra-se a ocorrência de grande quantidade de conchas de moluscos típicas de ambientes paleolagunares.

Castro *et al.* (2014) identificaram pela primeira vez no sudeste brasileiro, registros negativos do nível relativo do mar em rochas de praia (*beachrocks*), envolvendo a transição final do Pleistoceno e início do Holoceno. Após essa transição, iniciou-se um processo relativamente rápido de subida do nível do mar. Há aproximadamente 8.500 anos cal AP., o nível marinho, encontrava-se a - 0,5 m abaixo do nível atual (Castro *et al.*, 2014). Conforme Martin *et al.* (1985) o “zero” (nível médio atual) foi ultrapassado pela primeira vez no Holoceno há cerca

de 7.500 anos AP. Entre 5.500 a 4.500 cal anos AP., o nível relativo do mar atingiu o primeiro máximo holocênico com altura de + 3,0 m acima do atual (Castro *et al.*, 2014). A descida do nível relativo do mar subsequente ao máximo transgressivo levou à construção de terraços marinhos, resultando na progradação da linha de costa até o presente.

Os terraços marinhos holocênicos situam-se mais próximos à linha de costa em relação aos pleistocênicos. Normalmente, são separados por áreas baixas e pantanosas exibem alinhamentos de cristas de praias mais contínuos e pouco espaçados. Depósitos de areias marinhas holocênicas ocorrem de modo contínuo na região estudada, apresentam-se com extensões de dezenas de metros até vários quilômetros, principalmente próximo as desembocaduras fluviais mais importantes (Martin *et al.*, 1997). Durante a fase de submersão, que antecedeu o nível máximo de 5.100 anos AP., o litoral foi invadido pelo mar formando sistemas lagunares, estabelecidos por detrás de ilhas-barreiras nas desembocaduras ou nos cursos inferiores dos rios. Após 5.100 anos AP., em consequência do rebaixamento do nível do mar, as lagunas foram praticamente dissecadas ao mesmo tempo em que foram colmatadas e substituídas por áreas pantanosas (Martin *et al.*, 1997). No Holoceno Superior registra-se a ocorrência de dunas oblíquas escalonares “*climbing dunes*” submetidas a regime de vento unimodal nordeste (Castro *et al.*, 2009). O desenvolvimento morfológico dos campos de dunas deve-se ao microclima semiárido da região de Cabo Frio.

3 Material e Métodos

As principais técnicas empregadas consistiram em análises estratigráficas, sedimentológicas e faciológicas, combinadas, em todas as fases da pesquisa, a um controle de campo. Para o estudo das variações do nível relativo do mar, também foram importantes a consulta a trabalhos anteriores, complementados por técnicas de laboratórios, entre estas, datações ao radiocarbono C¹⁴ e análises granulométrica e taxonômica.

Realizou-se trabalho de campo visando à execução de perfis estratigráficos e identificação de camadas bioclásticas. O trabalho foi desenvolvido ao longo de um canal de drenagem da bacia hidrográfica

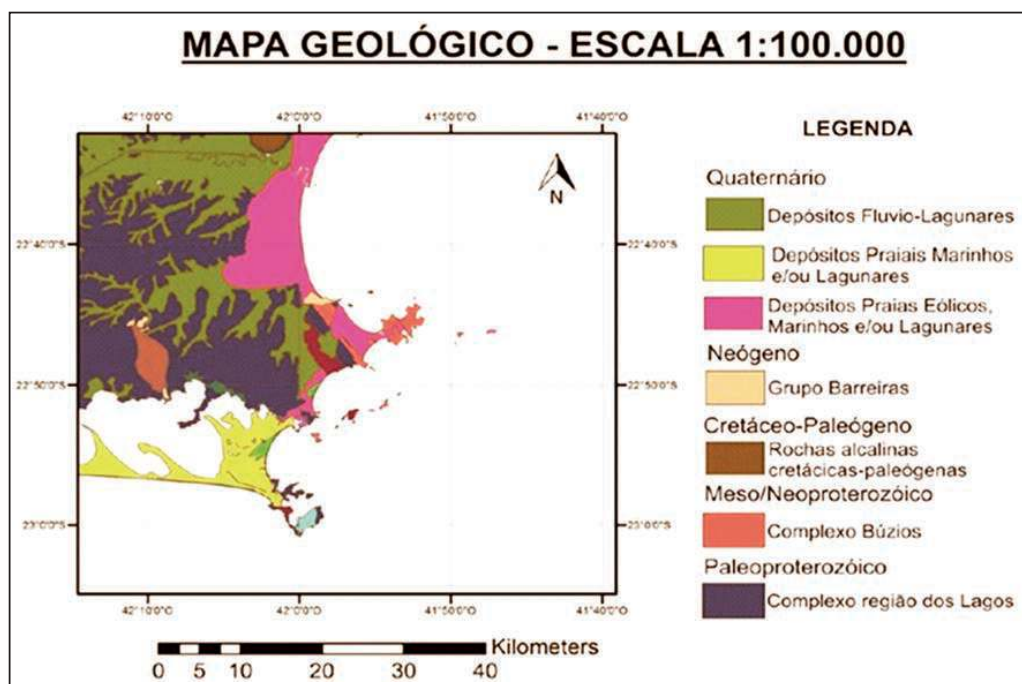


Figura 2 Mapa geológico da área de estudo no contexto do Estado do Rio de Janeiro (modificado de CPRM, 2016).

do Rio Una. Dois afloramentos foram alvos de análise no referido canal (Figura 3). Para obtenção das coordenadas geográficas dos afloramentos, utilizou-se um GPS *Garmin etrex Venture HC* em *UTM* com o *datum SAD 69* no sistema de projeção *WGS 84*. Os afloramentos foram documentados através de fotografias.

Os dois perfis estratigráficos foram desenvolvidos com uso de trena métrica visando definir a espessura de cada camada. Em laboratório, os perfis

elaborados em campo foram escaneados e digitalizados com a aplicação do *software Corel Draw X7*. A partir da análise detalhada dos perfis, foi possível elaborar tabelas de fácies, contendo atributos referentes a código, diagnose, descrição e interpretação. O afloramento Marina Porto Búzios (Ponto 1) tem coordenadas geográficas 22°45'19" S; 41°57'10" O, enquanto o Canal Interno (Ponto 2) possui como coordenadas geográficas 22°45'35" S; 41°57'13" O (Figura 3).



Figura 3 Localização dos pontos de coletas de amostras no contexto da Península de Armação dos Búzios - Rio de Janeiro.

A análise granulométrica envolvendo o diâmetro mediano dos grãos (D^{50}) foi realizada por peneiramento no agitador magnético *Haver & Boecker*. As análises foram realizadas no Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente - LAGECOST do Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional - UFRJ.

As análises taxonômicas e paleoambientais foram realizadas em todo e qualquer fragmento de concha ou concha superior a um milímetro. Tais análises seguiram critérios biológicos de descrição e quantificação. Foi contabilizada uma unidade de concha para cada valva, ou seja, um bivalve em posição de vida contabilizou duas unidades. O material foi lavado em água corrente com o auxílio de uma peneira para retirada dos sedimentos aderidos às conchas. Após a etapa de lavagem, o material foi posto para secar naturalmente visando às análises taxonômicas e paleoambientais.

Para a análise de parâmetros ecológicos, foram analisadas as variáveis: batimetria; ocorrência; habitat; frequência e alimentação conforme Cunha *et al.* (2011). Só foi possível atribuir esses parâmetros ecológicos aos espécimes passíveis de identificação a olho nu. Todas as espécies holocênicas são encontradas na costa brasileira até os dias atuais.

Três amostras, sendo duas de conchas de moluscos e uma de lama orgânica, foram encaminhadas para o Laboratório *Beta Analytic Inc*, Miami - Estados Unidos visando obter a idade das camadas identificadas nos perfis. As datações empregaram o método radiocarbono C^{14} , com as técnicas *Radiometric Plus* e *Percent Modern Carbon - pMC*. Os resultados são relatados em pMC quando o material analisado apresenta mais C^{14} do que o moderno até 1950, ou seja, aponta que o material analisado fazia parte de um sistema que respirava carbono após o teste nuclear da década de 1950. No Canal Marina Porto Búzios (Ponto 1), foi enviada uma amostra de sedimentos bioclásticos e Canal Interno (Ponto 2), foram enviadas duas amostras, uma contendo sedimentos bioclásticos e outra lama orgânica. Informações sobre isótopos de oxigênio de duas amostras correspondentes às conchas de moluscos também foram obtidas.

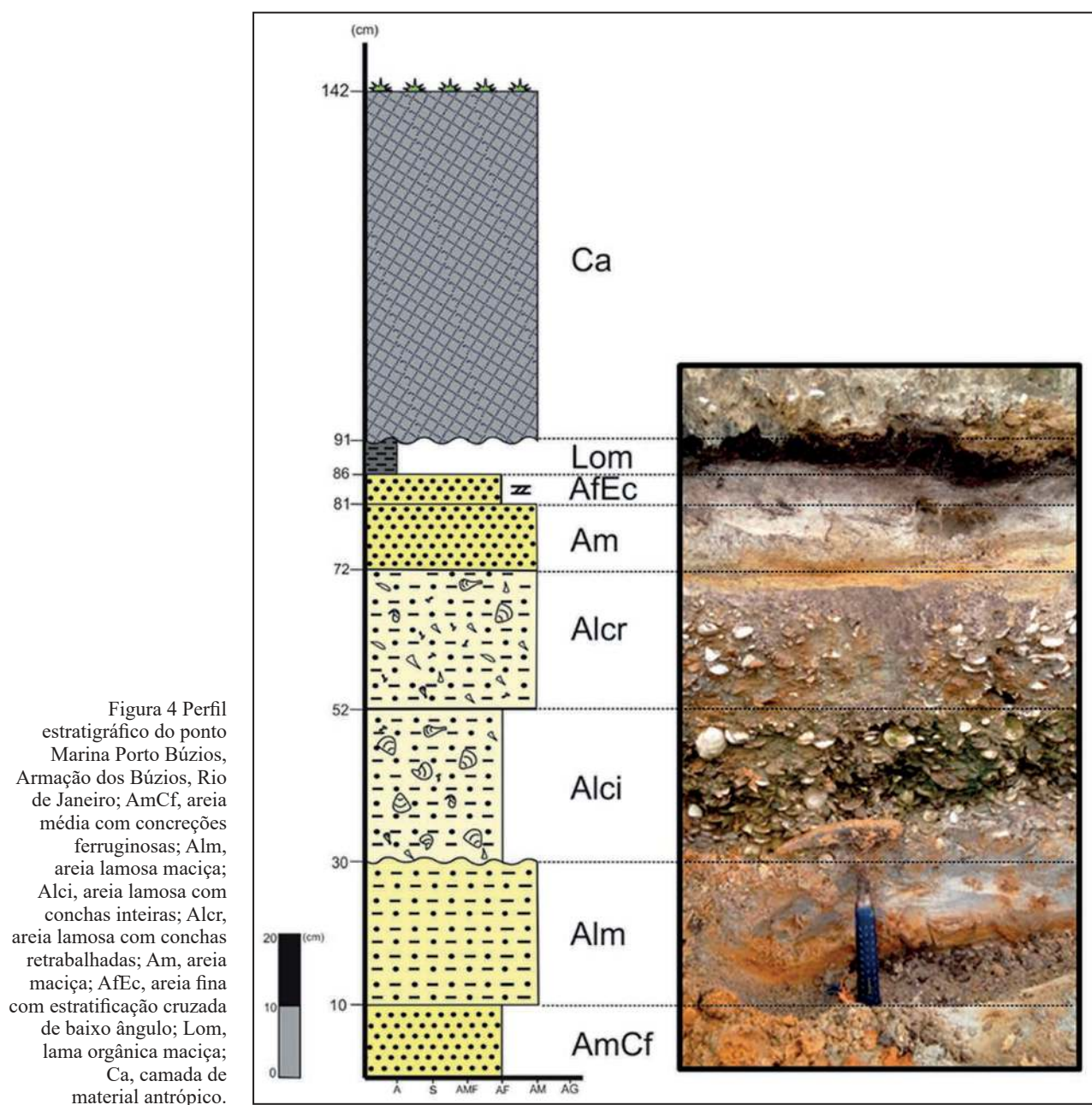
O Radiocarbono, ou carbono 14, é um isótopo do elemento carbono que é instável e levemente

radioativo. Os isótopos estáveis são o carbono 12 e carbono 13. O carbono 14 está sendo continuamente formado na atmosfera superior pelo efeito de raios cósmicos de nêutrons em átomos de nitrogênio 14. Este é rapidamente oxidado no ar para formar dióxido de carbono e entrar no ciclo global do carbono. As plantas e os animais assimilam o carbono 14 do dióxido de carbono ao longo de toda a sua vida. Quando morrem, param de trocar carbono com a biosfera e seu conteúdo de carbono 14 tende a diminuir a uma taxa determinada pela lei do decaimento radioativo. A datação por radiocarbono é essencialmente um método desenvolvido para medir radioatividade residual. Ao saber o quanto de carbono 14 resta em uma amostra, a idade do organismo quando morreu pode ser conhecida.

4 Resultados

Os perfis estratigráficos caracterizam-se por camadas arenosas e areno-lamosas com o topo lamoso orgânico. No topo do afloramento do Ponto 1, registra-se a ocorrência de material antrópico constituído por uma camada de aterro de 1,0 m. No afloramento do Ponto 2 não foi observada a presença de material antrópico. Em todos os perfis, registrou-se a ocorrência de camadas construídas por conchas de moluscos entre 0,20 a 0,40 m de espessura, algumas delas em posição de vida.

O afloramento do Canal Marina Porto Búzios (Ponto 1), apresenta aproximadamente 1,42 m de espessura. A camada basal caracteriza-se por areia média com concreções ferruginosas, de 0,10 m. Sobrepondo, observa-se uma camada de areia-lamosa maciça de 0,20 m. Acima encontra-se uma camada areno-lamosa com conchas inteiras, algumas em posição de vida, de 0,22 m. Em seguida, identifica-se uma camada areno-lamosa com conchas retrabalhadas de 0,20 m. Logo acima, observa-se uma camada de areia média de 0,09 m. Em seguida, verifica-se camada de areia fina com estratificação cruzada de baixo ângulo, aproximadamente 3°, com 0,05 m de espessura. A camada subsequente caracteriza-se por lama orgânica maciça de coloração escura, de 0,05 m. Por fim, marcando o topo do afloramento, registra-se camada antrópica formada por remoção dos materiais depositados próximos ao afloramento, de aproximadamente 0,51 m (Figura 4).



A trincheira escavada no segmento interno da região do Canal Marina Porto Búzios, apresenta aproximadamente 0,55 m de profundidade. A camada mais profunda caracteriza-se por areno-lamosa com conchas retrabalhadas. Sobrepondo, observa-se uma camada de areia média, de 0,28 m. Em seguida, verifica-se uma camada de areia fina, de 0,12 m. Marcando a parte mais rasa da trincheira, observa-se camada de lama orgânica maciça, de aproximadamente 0,10 m (Figura 5).

A partir das análises sedimentológicas e texturais foi possível identificar nos perfis oito fácies distintas. A Tabela 1 apresenta resultados

faciológicos, contendo atributos referentes a: código de fácies; diagnose; descrição e interpretação.

Foram observadas 13 espécies distintas com conchas depositadas nas camadas correspondentes as fácies Alcr (Areia lamosa com conchas retrabalhadas) e Alci (Areia lamosa com conchas inteiras) nos dois pontos de coleta referentes à área de estudo. De todas as espécies analisadas, destaca-se a *Anomalocardia brasiliiana*, espécie que foi identificada em abundância em todas as amostras coletadas. Essas espécies apresentam tamanhos que variam entre 0,001 m a 0,30 m (Tabela 2).

**Registros das Variações do Nível Relativo do Mar na Península de
Armação dos Búzios, Rio de Janeiro: Análise de Dados Faciológicos e Geocronológicos**
Caíque Lima Cabral; João Wagner Alencar Castro & Aline Meneguci da Cunha

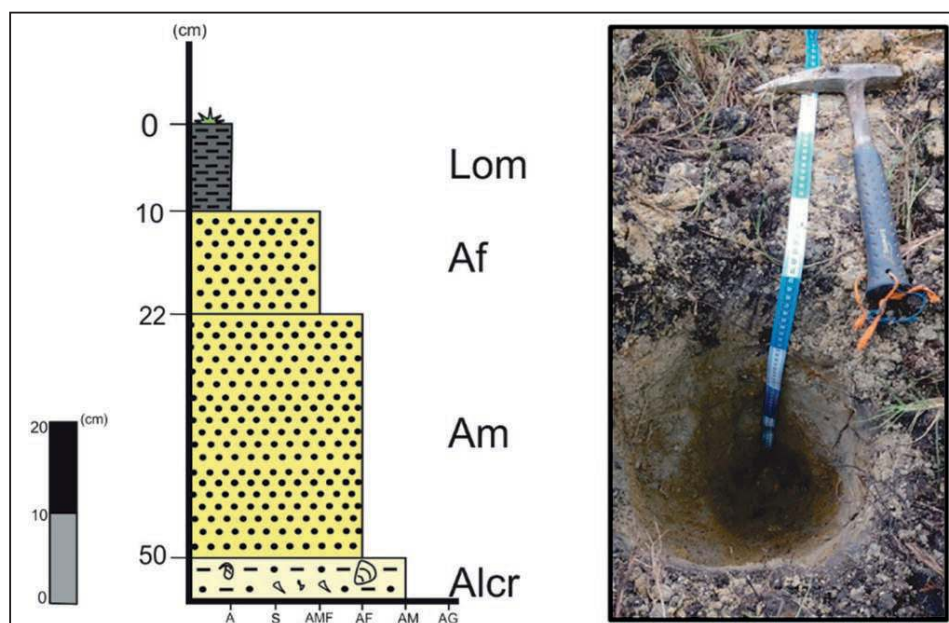


Figura 5 Perfil estratigráfico do ponto Canal Interno, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro; Alcr, areia lamosa com conchas retrabalhadas; Am, areia maciça; Af, areia fina; Lom, lama orgânica maciça.

	Diagnose	Descrição	Interpretação
Ca	Camada Antrópica	Camada antrópica. Material contendo mistura das camadas descritas no perfil. Estrato arbustivo de aproximadamente 10 cm.	Ambiente antrópico com forte remobilização de material anteriormente depositado.
LOm	Lama Orgânica Maciça	Camada de argila orgânica de coloração cinzenta escura. Denota, aparentemente, a fase pântano.	Ambiente de pântano costeiro.
AfEc	Areia Fina com Estratificação Cruzada	Camada de areia fina a média, bem selecionada, grãos subarredondados a arredondados e coloração branco-cinzenta. Mineralogia predominante: Quartzo e opacos (aproximadamente 5%). Apresenta estratificação cruzada de baixo ângulo (aproximadamente 11°).	Ambiente de praia dissipativa de baixa energia devido as estruturas sedimentares apresentarem baixo ângulo de inclinação.
Am	Areia Média	Camada de areia média a fina, bem selecionada, grãos subangulosos a angulosos com pequenas porções subarredondados e coloração amarelada. Mineralogia predominante: Quartzo e opacos (aproximadamente 3%).	Ambiente lagunar aberto com influência marcante da ação de ondas e processos litorâneos.
ALcr	Areia Lamosa com Conchas Retrabalhadas	Camada de conchas, areia média e lama (silte e argila), moderadamente bem selecionada, grãos de areia subarredondados a arredondado e coloração cinzenta. Conchas fragmentadas e conchas bem preservadas e em posição de vida, de coloração branca. Mineralogia predominante: Quartzo.	Ambiente lagunar restrito, submetido ocasionalmente a ondas capilares e eólicas (vagas)
ALci	Areia Lamosa com Conchas Inteiras	Camada de conchas, areia média e lama (silte e argila), moderadamente bem selecionada, grãos de areia subarredondados a subangulosos e coloração cinzenta. Conchas brancas, bem conservadas e predominantemente de bivalves. Mineralogia predominante: Quartzo. Camada bem empacotada.	Ambiente lagunar de baixa energia. O processo deposicional marca a transgressão marinha.
ALm	Areia Lamosa Maciça	Camada de areia média a fina, moderadamente bem selecionada, grãos de areia subarredondados a subangulosos, com pequenas porções angulosas e coloração cinzenta e partes amareladas. Mineralogia predominante: Quartzo.	Ambiente lagunar restrito, submetido a baixa agitação de ondas.
AmCf	Areia média com concreções ferruginosas	Camada de areia fina, bem selecionada, grãos subarredondados, e coloração amarelada. Apresenta concreções de ferro. Mineralogia predominante: Quartzo.	Ambiente continental com forte influência da Formação Barreiras.

Tabela 1 Descrição de oito litofácies identificadas nos perfis estratigráficos da área da área de estudo.

**Registros das Variações do Nível Relativo do Mar na Península de
Armação dos Búzios, Rio de Janeiro: Análise de Dados Faciológicos e Geocronológicos**
Caíque Lima Cabral; João Wagner Alencar Castro & Aline Meneguci da Cunha

Espécie	Batimetria (m)	Ocorrência	Habitat	Unidades de concha	
				Ponto 1	Ponto 2
Ostrea sp.	-	-	Substrato rochoso e cascalhoso	101	16
Cerithium atratum	0 - 30	Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele; Lodo - Vive em fundos lodosos	55	26
Corbula caribaea	10 - 30	São Paulo	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele; Lodo - Vive em fundos lodosos	1	2
Tellina iheringi	10 - 30	Rio de Janeiro	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele	4	0
Tellina angulosa	-	Rio de Janeiro	-	8	13
Dosinia concentrica	0 - 30	São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele; Lodo - Vive em fundos lodosos	0	1
Anomalocardia brasiliana	0 - 30	Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele; Lodo - Vive em fundos lodosos	330	28
Lucina pectinata	0 - 10	Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão, Pará, Amapá	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele; Lodo - Vive em fundos lodosos	10	3
Chione subrostrata	0 - 30	São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele	7	0
Bulla striata	0 - 10	Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele; Lodo - Vive em fundos lodosos Algas - Vive em algas marinhas	3	0
Neritina virginea	0 - 10	Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão, Pará	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele; Lodo - Vive em fundos lodosos Pedra - Vive sob ou sobre pedras	8	0
Paradentalium disparile	0 - 70	Santa Catarina, São Paulo, Espírito Santo, Alagoas, Rio Grande do Norte, Ceará, Maranhão, Pará, Amapá	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele; Cascalho - Vivem em fundos de cascalho de coral, pedra ou conchas	1	0
Trachycardium muricatum	0 - 30	Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e, Ceará, Piauí, Maranhão, Pará, Amapá	Areia - Vive em fundos arenosos, enterrada ou sob ele; Cascalho - Vivem em fundos de cascalho de coral, pedra ou conchas	1	0

Tabela 2 Informações das espécies de conchas de moluscos identificadas na área de estudo.

As idades obtidas ao radiocarbono C^{14} em conchas de moluscos *A. brasiliiana* das amostras coletadas no Canal Marina Porto Búzios (Pontos 1) e no Canal Interno (Ponto 2) variam entre 5.470 a 5.910 cal anos AP. Dados geocronológicos em sedimentos constituídos por lama orgânica superficial no Ponto 2 apresentam idade muito recente: 108 ± 0.3 pMC (Tabela 3).

5 Discussão

A litofácies AmCf constituída por areia média com concreções ferruginosas caracteriza-se por ambiente de sedimentação continental fortemente influenciado pela Formação Barreiras (Cunha *et al.*, 2017). A litofácies ALm, caracterizada por sedimentos lamosos maciços, denota ambiente lagunar restrito, submetido a baixa agitação de ondas (Castro *et al.*, 2014). Esta litofácies marca o início da transgressão máxima holocênica na região da planície costeira de Cabo Frio, Rio de Janeiro. A litofácies ALci representada por areia lamosa com conchas inteiras, bem empacotada, caracteriza-se por ambiente lagunar de baixa energia. O processo deposicional marca a transgressão marinha holocênica, denominada de “Transgressão Cabo Frio” por Castro *et al.* (2014). A litofácies ALcr constituída por sedimentos arenosos e lamosos com conchas retrabalhadas, denota ambiente lagunar restrito, submetido ocasionalmente a ondas capilares e eólicas (vagas). A deposição das conchas de moluscos ocorreu principalmente na borda das paleolagunas. A litofácies Am é representada por areia média, denotando ambiente lagunar aberto com influência marcante da ação de ondas e processos litorâneos. A litofácies AfEc caracteriza-se por areia fina com estratificação cruzada de baixo ângulo e denota ambiente de praia dissipativa de baixa energia. A litofácies LOm, constituída por lama orgânica maciça, denota a fase pântano. Do ponto de vista paleoambiental, marca a regressão

marinha holocênica, iniciada por volta de 4900 anos AP (Martin *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 2014; Cunha *et al.*, 2017).

Pela perspectiva taxonômica, a estrutura populacional da espécie *Anomalocardia brasiliiana*, caracterizada por formas adultas e jovens, sugere morte não-seletiva ou catastrófica da comunidade. Este evento catastrófico possivelmente desenvolveu-se durante a descida do nível do mar (Senra & Silva, 2002). O recuo muito rápido da linha d’água favoreceu a mortandade generalizada da espécie (Castro *et al.*, 2014). Análise de dados bioestratigráficos, de fragmentação e bioerosão sugerem ambiente lagunar similar ao identificado por Martin *et al.* (1997).

A sucessão de fácies identificada nesse trabalho corresponde ao Estágio F, constituído pelo “máximo transgressivo holocênico” documentada por Martin *et al.* (1997), conforme Figura 6. Durante a transgressão, as encostas voltadas para o mar da Formação Barreiras foram erodidas, esculpindo falésias. À medida que a inundação marinha permanecia, os sistemas laguna-barreira associados às desembocaduras do Rio Una e São João foram se formando. Segundo Cunha (2016), após esse evento estabeleceu-se deltas intra-lagunares e/ou intra-estuarinos no qual o Rio Una desembocava na paleolaguna correspondente aos atuais pântanos costeiros. A progressiva descida do nível do mar causou transformação gradual de lagunas em lagos, seguidos por pântanos e, só então o Rio Una passou a fluir diretamente no oceano. Mais recentemente, dados obtidos por Cabral (2017) através de datações ao radiocarbono utilizando a técnica *Percent Modern Carbon* e análise de microfósseis (foraminíferos bentônicos) identificaram a passagem de um ciclone extratropical por volta de 108 ± 0.3 pMC na área estudada. Dados de $\delta^{13}C$ no valor de $-21,9$ ‰ sugerem que o ambiente de pântano atual ainda é submetido de forma episódica a ação marinha.

Localização	Latitude	Longitude	Idade Convencional (anos AP.)	Idade Calibrada 2σ (anos AP.)	Resultados dos Isótopos ‰	Laboratório
Canal Interno	22°45'35" S	41°57'13" W	5.240 ± 30	5.675 a 5470	$\delta^{13}C = -2,1$ $\delta^{18}O = -0,7$	Beta Analytic
Marina Porto Búzios	22°45'19" S	41°57'10" W	5.450 ± 30	5.910 a 5680	$\delta^{13}C = -1,4$ $\delta^{18}O = -0,8$	Beta Analytic
Canal Interno	22°45'35" S	41°57'13" W	$108,3 \pm 0.3$ pMC	-----	$\delta^{13}C = -21,9$	Beta Analytic

Tabela 3 Datações ao radiocarbono C^{14} na área de estudo, Península de Armação de Búzios - Rio de Janeiro.

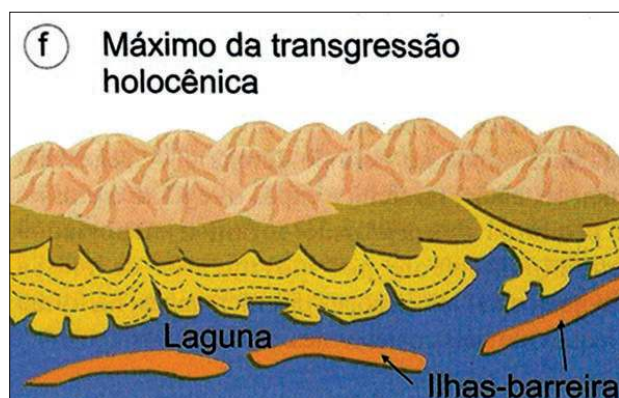


Figura 6 Estágio F do modelo de evolução costeira proposto por de Martin *et al.* (1997).

As idades obtidas ao radiocarbono C^{14} em conchas de moluscos *Anomalocardia brasiliiana*, revelaram idade entre 5.470 e 5.910 anos cal AP. Enquadram-se no contexto da transgressão máxima holocênica, denominada localmente de Transgressão Cabo Frio por Castro *et al.* (2014). Datações obtidas por Cunha (2016) em um ponto próximo ao Canal Marina Porto Búzios, apresentam resultados similares aos obtidos nesse trabalho. Uma informação que chamou muita atenção foi os resultados obtidos através da técnica radiométrica *Percent Modern Carbon* utilizada em sedimentos superficiais, constituídos por matéria orgânica. A idade obtida de 108 ± 0.3 pMC representa muito provavelmente uma inundação marinha decorrente da passagem de evento extremo, no caso, um ciclone extratropical.

Localmente a transgressão marinha holocênica foi controlada pelas condições geológicas e geomorfológicas, impostas pelo embasamento

Paleoproterozoico, pela Formação Barreiras e pelos cordões litorâneos da área de entorno da bacia hidrográfica do Rio Una. Na simulação do Modelo Digital de Elevação - MDE da Figura 7 é possível observar as bacias do Rio Una e São João inundadas pela transgressão marinha holocênica, ocorrida no intervalo entre 6.335 a 4.800 cal anos AP. Durante esse episódio, o nível relativo do mar atingiu uma altura máxima entre + 2,50 a + 3,0 m acima do atual (Castro *et al.*, 2014). A transgressão marinha aqui identificada foi amplamente documentada na costa leste brasileira por Suguio *et al.* (1985), Martin *et al.* (1985), Suguio (1993), Bezerra *et al.* (2003), Caldas *et al.* (2006), Castro & Suguio (2010), Castro *et al.* (2014) e Cunha (2016).

6 Conclusões

Dados sedimentológicos e faciológicos combinados a informações paleoambientais, permitiram identificar dois grupos de litofácies: litofácies de ambiente marinho restrito, indicando transgressão marinha, e litofácies de ambiente pantanoso, indicando regressão marinha. As litofácies atribuídas ao ambiente marinho restrito foram ALci (Areia Lamosa com conchas inteiras), ALm (Areia Lamosa maciça) e ALcr (Areia Lamosa com conchas retrabalhadas). A litofácies atribuída ao ambiente pantanoso é Lom (Lama Orgânica Maciça). As litofácies identificadas nos perfis, se assemelham, do ponto de vista sedimentológico e faciológico, as litofácies identificadas por Cunha (2016) e Cunha *et al.* (2017).

Idades obtidas ao radiocarbono em conchas de moluscos *Anomalocardia brasiliiana* se enqua-



Figura 7 Cenário geológico da transgressão marinha holocênica na região da Península de Búzios com o nível do mar 2,5 m acima do atual entre 5.500 a 4.700 anos cal AP. (modificado de Pereira, 2016).

dram no intervalo de tempo correspondente ao início da transgressão marinha, o pico máximo holocênico e a descida brusca do nível relativo do mar. Essa mudança brusca acarretou a mortandade generalizada de moluscos. Muitas conchas encontram-se em posição de vida, marcando fortemente o registro bioclástico dos depósitos estudados. Informações sedimentológicas e faciológicas permitem a interpretação do modelo geral de evolução geológica-geomorfológica da área de estudo de forma a se enquadrar na proposta de Martin *et al.* (1997), correspondente ao Estágio F. Este estágio corresponde a descida do nível relativo do mar, levando à formação de paleolagunas, cordões litorâneos e pântanos, resultando na progradação da linha de costa até o presente.

Conforme análise de material constituído por sedimentos de origem orgânica de coloração escura, verificou-se a presença de foraminíferos bentônicos nas amostras superficiais coletadas. Dados geocronológicos e de microfósseis (foraminíferos bentônicos) sugerem a passagem de um ciclone extratropical por volta de 108 ± 0.3 pMC na planície costeira da Península de Armação dos Búzios. Resultados obtidos por $\delta^{13}\text{C}$ no valor de $-21,9$ ‰ sugerem também ambiente submetido a forte influência marinha. A passagem desse evento destrutivo rompeu o cordão litorâneo que separa o mar da planície costeira, projetando-se para as regiões mais abrigadas da costa, constituídas principalmente por pântanos atuais. Resultados aqui apresentados corroboram com pesquisas anteriores e ajudam refinar o registro do nível relativo do mar holocênico na costa do sudeste brasileira.

7 Agradecimentos

Ao Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente - LAGECOST do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional / UFRJ pelo apoio logístico e ao Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq pelo apoio financeiro (Projeto Variação do nível do mar ao longo do Estado do Rio de Janeiro - Edital Universal /2013).

8 Referências

Angulo, R.J. & Lessa, G.C. 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, 140: 141-166.

- 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, 54p.
- 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 - UFRJ*, 2: 56-70.
- Cabral, C.L. 2017. Evidências geológicas da passagem de um ciclone extratropical na Península de Búzios - Rio de Janeiro: Análise de dados sedimentológicos, palinológicos e geocronológicos. In: 39ª Jornada de Iniciação Científica - UFRJ. *CD Room*.
- Calheiros, A.L.S. 2006. *Variações do nível relativo do mar nos últimos 7.000 anos A.P. na planície costeira de Jacarepaguá - Rio de Janeiro: aplicação do programa calib 5.0.1*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de mestrado, 110p.
- Castro, J.W.A.; Senra, M.C.E. & Ramos, R.R.C. 2009. Coquinas da paleolaguna da Reserva Tauá - Pântano da Malhada, Cabo Frio, RJ. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C.R.G.; BERBET-BORN, M.; QUEIROZ, E.T. & CAMPOS, D.A. (Eds.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, vol.II. Brasília, SIGEP, p. 269-276.
- Castro, J.W.A.; Carvalho, M.A.; Mansur, K. & Soldan, T.K. 2004. Paleolaguna de Tauá - Pântano da Malhada/Rio de Janeiro: registro clássico de transgressão marinha holocênica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, Araxá, *Boletim de Resumos*, SBG, p. 685-686.
- Castro, J.W.A.; Ramos, R.R.C. & Senra, M.C.E. 2006. Coquinas da Paleolaguna da Reserva Tauá-Pântano da Malhada, Cabo Frio, RJ, um registro do *optimum* climático holocênico. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C.R.G.; BERBET-BORN, M.; QUEIROZ, E.T. & CAMPOS, D.A. (Eds.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 13/09/2006 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio004/sitio004.pdf>.
- Castro, J.W.A. & Suguio, K. 2010. Holocene and Late Pleistocene Relative Sea Level Fluctuations in Cabo Frio Island, Rio de Janeiro State - Brazil. In: CONGRÈS FRANÇAIS DE STRATIGRAPHIA, 4, Strati, Paris (France), p. 58-61.
- Castro, J.W.A.; Suguio, K.; Cunha, A.M.; Guedes, E.P.; Tâmega F.T.S. & Rodriguez, R.R. 2012. Rochas de Praia (*Beachrocks*) da Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo: Registro Geológico Ímpar da Transição Pleistoceno - Holoceno no Estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 35(1): 236-241.
- 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. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 86(2): 671-683.
- Cunha, A.M.; Dias, F.F.; Fonseca, V.M.M. & Castro, J.W.A. 2011. Assembleia 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-UFRJ*, 34(2): 46-52.
- Cunha, A.M.; Castro, J.W.A. & Dias, F.F. 2012. A Importância da Preservação das Acumulações Bioclásticas da Planície Costeira do Rio Una, Municípios de Cabo Frio e

**Registros das Variações do Nível Relativo do Mar na Península de
Armação dos Búzios, Rio de Janeiro: Análise de Dados Faciológicos e Geocronológicos**
Caíque Lima Cabral; João Wagner Alencar Castro & Aline Meneguci da Cunha

- Armação dos Búzios, RJ, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ*, 35(1): 58-67.
- Cunha, A.M. 2012. *Malacofauna das acumulações bioclásticas holocênicas da bacia hidrográfica do rio Una, Cabo Frio e Armação dos Búzios, RJ: Identificação Taxonômica, Considerações Tafonômicas, Paleoambientais e Geocronologia*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 82p.
- Cunha, A.M. 2016. *Reconstituição paleoambiental das variações do nível relativo do mar durante a transgressão holocênica na bacia hidrográfica do Rio Una, região de Cabo Frio - Estado do Rio de Janeiro*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 116p.
- Cunha, A.M.; Castro, J.W.A.; Pereira, F.M.B.; Carvalho, M.A. & Suguio, K. 2017. Variações do nível relativo do mar durante o Holoceno na Bacia do Rio Una, Cabo Frio - Rio de Janeiro: Aspectos Sedimentológicos, faciológicos e geocronológicos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 18(1): 143-154.
- Dias, F.F.; Castro, J.W.A.; Ramos, R.R.C.; Carvalho, M.A.; Seoane, J.C.S. & Scheel-Ybert, R. 2007. Resultados Preliminares Acerca da Evolução Holocênica da Região do Pântano da Malhada, Cabo Frio (Armação dos Búzios, RJ). In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 11, Belém, CD-ROM.
- Dias, F.F. 2009. *Variações do nível relativo do mar na planície costeira de Cabo Frio e Armação dos Búzios - RJ: Reconstrução paleoambiental holocênica e cenários futuros*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 146p.
- Heilbron, M.; Pedrosa Soares, A.C.; Campos Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trow, R.A.J. & Janasi, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R. & BRITONEVES, B.B. (Eds.), *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p. 203-235.
- Martin, L. & Suguio, K. 1976. O Quaternário marinho do litoral do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19, Ouro Preto, *Anais*, SBG, p. 281-293.
- Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P. & Vilas-Boas, G.S. 1982. Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira: Datação do máximo transgressivo da penúltima transgressão. *Ciências da Terra*, 3: 16-17.
- Martin, L.; Maia, M.C.A.C.; Flexor, J.M. & Azevedo, A.E.G. 1984. Evolução holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, *Anais*, SBG, p. 105-118.
- Martin, L.; Suguio, K. & Dominguez, J.M.L. 1997. Geologia do Quaternário Costeiro do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Belo Horizonte, CPRM, 125p.
- Oliveira, C.A. 2016. *Estudo dos vermetídeos fósseis como indicadores de paleonível do mar durante o holoceno na enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro: Aspectos geocronológicos, altimétricos e paleoecológicos*. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 96p.
- Pereira, F.M.B. 2016. *Estudo das Variações do Nível Relativo do Mar na Planície Costeira do Rio Una, Região de Cabo Frio - Rio De Janeiro: Análise de Dados Faciológicos e Geocronológicos*. Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia de Final de Curso, 58p.
- Rios, E.C. 1994. *Seashells of Brazil*. Rio Grande, Editora da Fundação Universidade do Rio Grande, 492p.
- Roncarati, H. & Neves, L.E. 1976. *Projeto Jacarepaguá. Estudo Geológico preliminar dos Sedimentos Recentes Superficiais da Baixada de Jacarepaguá, Município do Rio de Janeiro-RJ*. Petrobras & CENPES, DEXPRO, 89p.
- Sant'ana, E.M. 1975. Estudo geomorfológico da área da Barra de São João e Morro de São João. *Revista Brasileira de Geografia*, 37(3): 3-15.
- Schmitt, R.S. 2001. *Orogenia Búzios: Um evento tectono-metamórfico Cambro-Ordoviciano caracterizado no Domínio Tectônico de Cabo Frio, Faixa Ribeira, Sudeste do Brasil*. Programa de Pós-graduação em Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 273p.
- Senra, M.C.E.; Silva, L.H.S.; Batista, D.S.; Assis, C.M. & Barreiro, R.M.C. 2003a. 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, IX, Recife, *Anais do Congresso Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, 1, CD-ROM.
- Senra, M.C.E.; Silva, L.H.S.; Mello, K.; Batista, D.S. & Justo, R. 2003b. Aspectos paleoambientais da malacofauna holocênica do pântano da Malhada (Reserva de Tauá - Rio Una), Municípios de Armação dos Búzios e Cabo Frio, estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18, Brasília, *Boletim de resumos*, UNB, p. 267-268.
- Senra, M.C.E.; Silva, L.H.S.; Batista, D.S.; Barreiro, R.M.C. & Assis, C.M. 2004. Associações faunísticas, microflore e sedimentos em depósitos holocênicos da baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro. *Paleonotícias*, 37: 15-17.
- Suguio, K. & Martin, L. 1976. Brazilian coastline quaternary formations the States of São Paulo and Bahia littoral zone evolutive schemes. *Anais da Academia Brasileira Ciências*, 48: 325-334.
- Suguio, K.; Martin, L. & Flexor, J.M. 1980. Sea-level fluctuations during the past 6000 years along the coast of the State of São Paulo (Brazil). In: MORNER, M.A. (Ed.), *Earth Rheology, Isostasy and Eustasy*. New York, John Wiley and Sons, p. 471-486.
- Suguio, K.; Martin, L. & Flexor, J.M. 1988. Quaternary sea-levels of the Brazilian coast: recent progress. *Episodes*, 11: 203-208.
- Suguio, K.; Oliveira, P.E.; Oliveira, A.M.S. & Souza, C.R.G. 2005. *Quaternário do Brasil, São Paulo*. São Paulo, Holos Editora, 378p.
- Tesseler, M.G. & Suguio, K. 1984. Planícies de cordões litorâneos Quaternários do Brasil: Origem e nomenclatura. In: SIMPÓSIO SOBRE RESTINGAS BRASILEIRAS, 1984, Rio de Janeiro, *Anais*, UFF, p. 15-25.
- Turcq, B.; Martin, L.; Flexor, J.M.; Suguio, K. & Tassyaco-Ortega, L. 1999. Origin and evolution of the Quaternary coastal plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS, B.; BIDONE, E.D. & ABRÃO, J.J. (Eds.), *Environmental Geochemistry of coastal lagoon systems, Rio de Janeiro, Brazil*. Série Geológica Ambiental, 6: 25-46.