



## Rochas de Praia (*Beachrocks*) da Ilha do Cabo Frio, Arraial do Cabo: Registro Geológico

### Ímpar da Transição Pleistoceno – Holocene no Estado do Rio de Janeiro

Beachrocks from the Cabo Frio Island: Unique Geological Record of the  
Pleistocene - Holocene Transition in Rio de Janeiro State

João Wagner Alencar Castro<sup>2</sup>; Kenitiro Suguiio<sup>1;3</sup>; Aline Meneguci da Cunha<sup>1;3</sup>; Eliane Guedes<sup>1</sup>;  
Frederico Tapajós de Souza Tâmega<sup>4</sup> & Rafael Riosmena Rodriguez<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia & Meio Ambiente,  
Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Rua do Lago, 562, Cidade Universitária, 05508-080, São Paulo, SP

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Geologia, Av. Athos da Silveira Ramos 274,  
Cidade Universitária, Ilha do Fundão, 21.941-916, Rio de Janeiro - RJ

<sup>4</sup> Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro – JBRJ, Rua Jardim Botânico, 1008, 22460-000, Rio de Janeiro, RJ

<sup>5</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur, Ciudad Universitaria Km 5.5, 23080, La Paz, México

E-mails: jwacastro@gmail.com; kenitirosguio@usp.br; aline.meneguci@gmail.com;

eguedes@mn.ufrj.br; ftapajos@jbrj.gov.br; riosmena@uabcs.mx

Received em 14/09/2011 Accepted em: 20/03/2012

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2012\\_1\\_236\\_241](http://dx.doi.org/10.11137/2012_1_236_241)

### Resumo

Rochas de praia (*beachrocks*) marcam a linha de costa pretérita e a constituição sedimentar de paleopraias. Em ambiente de micro-marés definem com precisão a posição do nível médio do mar na ocasião do processo deposicional. O presente trabalho tem como objetivo estudar as oscilações do nível do mar entre o final do Pleistoceno e o início do Holocene a partir da investigação de 4 (quatro) afloramentos emergentes e submersos de rochas de praia na ilha do Cabo Frio, Estado do Rio de Janeiro. O método de trabalho constou de coleta de material, análise petrográfica e datação ao radiocarbono. Resultados obtidos sugerem que entre 13.130 a 11.149 cal AP, ocorreu rápida mudança do nível relativo do mar em torno de 6,0 m com oscilação negativa de - 4,5 m e positivas de + 1,5 m. Os registros geológicos aqui estudados demarcam claramente a passagem entre o Pleistoceno e o Holocene no Estado do Rio de Janeiro.

**Palavras-chave:** rochas de praia; variações do nível relativo do mar; datação ao radiocarbono

### Abstract

The Cabo Frio Island, Rio de Janeiro State, southeast Brazil shows four bodies of beachrocks, emerged up to +1.5 m and submerged down to - 4.5 m. These bodies are constituted of discontinuous strips, parallel to the coastline. Beachrock is beach sediment that has been cemented within the intertidal zone. Like the beach itself, it represents a transition between the marine and meteoric environments, where it is commonly elected by processes from each. Because beachrock is lithified within the intertidal zone and because it commonly forms in a few years, its potential as an indicator of past sea level is important. Four beachrocks samples were analyzed by polarizing microscope. This study indicated that carbonate elements that constitute most of the samples were at least partly incorporated within the intertidal zone. The adequate method for radiocarbon dating (total sample or cement) was decided according to these observations. The dates obtained from Cabo Frio island beachrocks indicate 4 separate sea level stands: the first one at about + 1.5 m around 13.000 BC, the second one at about 0.0 around 12.500 BC, the third at about - 3.0 m around 11.000 BC and finally the fourth sea level at about - 4.5 m around 10.000 BC. The results suggests that between 13.000 to 11.000 yr BP, a sea level fluctuation was around 6,0 m, corresponding probably to negative fluctuation of - 4.5 m and positive fluctuation of + 1.5 m. On the coast of Rio de Janeiro State, Brazil several relative sea level positions are recognized. The more important was the Malhada marsh to the north area, a great marine transgression around 5.000 years B.C.

**Keywords:** beachrocks; sea level position; radiocarbon dating

## 1 Introdução

Tem sido observado que as flutuações do nível do mar durante o Holoceno foram muito importantes na evolução das planícies costeiras brasileiras. Essas evidências vêm sendo estudadas por diversos autores, entre estes, Martin & Suguio (1976), Suguio & Tessler (1984), Suguio *et al.* (1988), Villwock (1994), Angulo & Lessa (1997), Turcq *et al.* (1999) e Castro & Suguio (2010). No Estado do Rio de Janeiro, trabalhos desenvolvidos por Lamego (1945 e 1946) foram os primeiros a fornecerem uma idéia geral sobre as planícies costeiras resultantes das variações do nível do mar. Nesses trabalhos foram estudados os ciclos evolutivos das lagunas relacionadas ao crescimento lateral de pontais arenosos e formação de pântanos (brejos costeiros). Curvas de variações do nível relativo do mar dos últimos 7.000 anos A.P., construídas para a zona costeira do nordeste oriental, sudeste e sul do Brasil, apontam níveis marinhos na ordem de 5,0 m acima do atual à aproximadamente 5.000 anos AP (Martin *et al.*, 1997).

Estudos realizados através de geoindicadores (rochas de praia) e bioindicadores (conchas de moluscos e vermetídeos) para os últimos 13.000 anos A.P. sugerem oscilações negativas de - 4,5 e positivas de + 3,0 do nível relativo do mar para a região de Cabo Frio no litoral do Estado do Rio de Janeiro (Castro & Suguio, 2010). As rochas de praia (*beachrocks*) marcam normalmente a linha de costa pretérita e a constituição sedimentar de paleopraias. De modo geral caracterizam-se por areias quartzosas, variando desde fina a grossa até cascalhos e conchas de moluscos, entre outros, consolidados por cimento carbonático. Dispõem-se sobre uma faixa estreita e retilínea paralela à linha de praia, situados na zona de intermarés. Segundo Russel (1962), a ocorrência de rochas de praia restringe-se as regiões tropicais e subtropicais ou ao cinturão quente entre as latitudes de 35° N e 35° S. O processo de litificação ocorre a partir do contato das águas do lençol freático com a água do mar, dissolvendo o carbonato presentes nos sedimentos e precipitando-o em forma de calcita (Mabesoone, 1964).

Frontal a praia do Farol, na zona de resurgência do município de Arraial do Cabo, Estado do Rio de Janeiro foram identificados 4 (quatro) alinhamentos pouco expressivos de rochas de praia (*beachrocks*) muito próximos uns aos outros. Os dois primeiros encontram-se emersos, entre o zero atual e a altitude de 1,5 m, enquanto, os outros dois, apresentam-se submersos entre as batimétricas de - 3,0 e - 4,5 m. O presente trabalho tem como objetivo estudar

as variações relativas do nível do mar na transição entre o Pleistoceno e Holoceno na ilha do Cabo Frio, utilizando rochas de praia (*beachrocks*) como geoindicador (Figura 1).

## 2 Material e Métodos

O método de trabalho consistiu de coleta de amostras emersas e submersas. As amostras submersas foram obtidas através de mergulho autônomo. A posição geográfica dos afloramentos foi definida através de rastreador geodésico *DGPS Pro Mark 2.0*. Durante essa etapa de trabalho utilizou-se à carta 1503, 6<sup>a</sup> edição, *datum* horizontal córrego Alegre, enseada do Cabo Frio, escala 1:20.000 (Marinha do Brasil) e informações obtidas em campo através de um ecobatímetro acoplado ao *DGPS*.

O levantamento topo-batimétrico referente ao elipsóide e a aquisição de coordenadas (x,y) com precisão milimétrica, foi realizado através de rastreadores *DGPS's Pro Mark 2*, pertencentes ao Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia & Meio Ambiente - LAGECOST do Departamento de Geologia & Paleontologia do Museu Nacional / UFRJ. Nessa ocasião foi utilizado o método estático para obtenção das coordenadas geográficas dos afloramentos emersos e submersos. Os dados coletados pelos receptores foram, posteriormente, processados no Programa *Astech Solutions* e complementados com dados presentes no relatório da estação geodésica utilizada. A primeira parte consistiu na configuração dos equipamentos de acordo com o tipo do rastreamento, segundo especificações técnicas. Em ambos os levantamentos, os dois receptores foram ligados, simultaneamente, para que pudesse ser processados no *Astech Solutions*. As informações da estação ocupada "3073 D" foram obtidas no *site* do IBGE, Seção de Geodésia. Um *DGPS* serviu de base, denominada estação geodésica, e o outro, utilizou-se para levantamento dos pontos de localização dos afloramentos. Essa etapa de trabalho teve como objetivo definir a posição dos afloramentos em relação ao nível do mar atual. Antes da campanha de campo, verificou-se o melhor período do dia para o rastreamento (*PDOP*). Para tal, utilizou-se o programa *Mission Planning*, que realiza uma previsão utilizando um arquivo (almanaque) gerado quando o equipamento *DGPS* é ligado. O arquivo foi aberto na ferramenta configuração dos satélites, presente no *set up*, localizado na barra do programa utilizado. Em *site list*, plotou-se as coordenadas aproximadas para levantamento do número de satélites disponíveis na região, sendo também

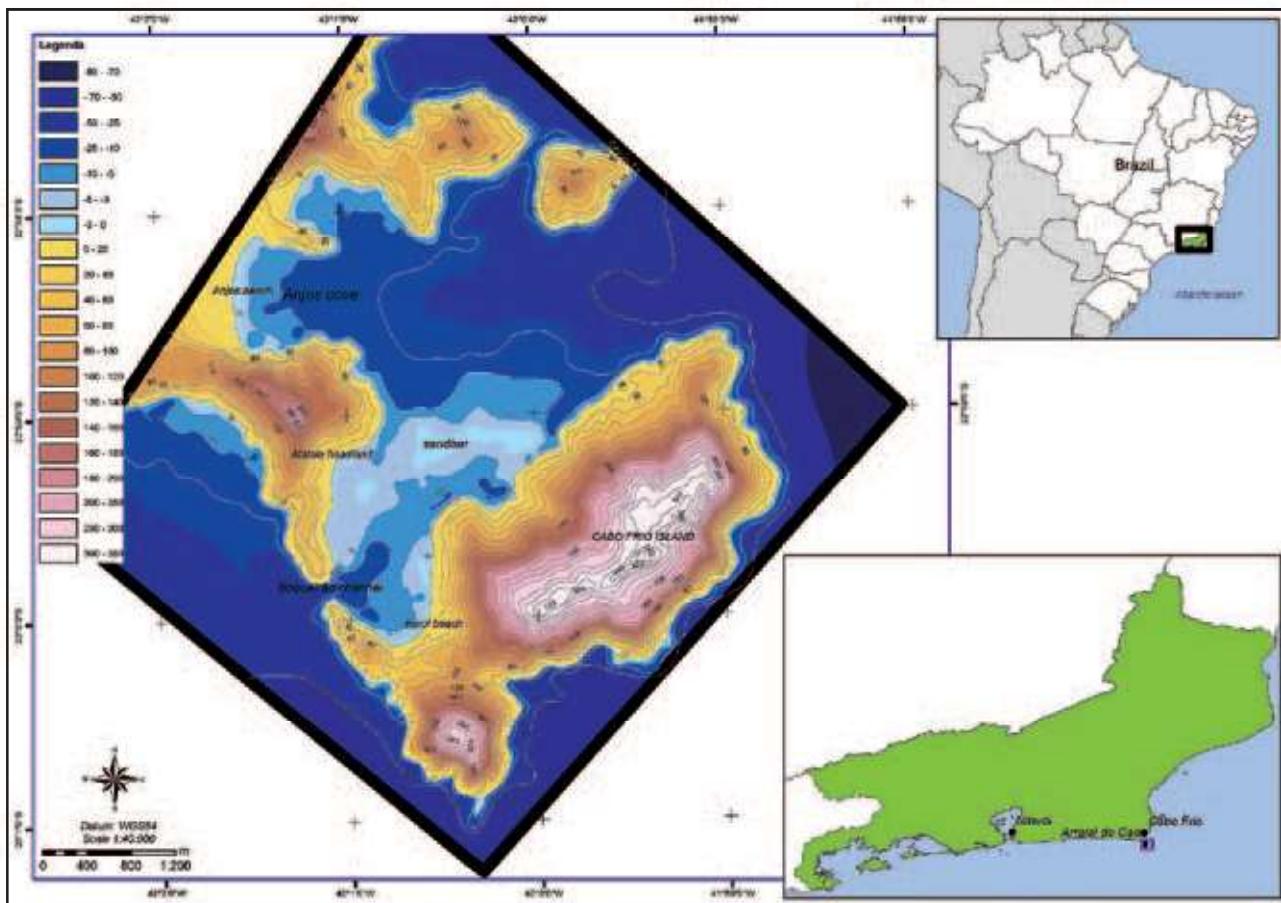


Figura 1 Localização da área de estudo na ilha do Cabo Frio, Extremo leste do Estado do Rio de Janeiro.

informada a data desejada para trabalho. A última parte consistiu em abrir o relatório elaborado *DOP PLOT* informando os períodos mais recomendados, compreendidos nos momentos onde o *DOP* estivesse abaixo de 3,2 s conforme especificações técnicas.

Foram coletadas 5 (cinco) amostras de rochas de praia para análise petrográfica e geocronológica. As lâminas petrográficas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia & Paleontologia do Museu Nacional – UFRJ. Foram analisadas ao microscópio petrográfico Carl Zeiss® Axioskop 40. Em seguida foram datadas ao radiocarbono  $^{14}\text{C}$  no Laboratório Beta Analytic Radiocarbon Dating em Miami - Estados Unidos.

### 3 Resultados

Resultados obtidos por análises petrográficas do material coletado entre a linha de preamar e a plataforma continental interna da enseada dos Anjos em Arraial do Cabo (Figura 1) revelaram diferenças texturais

entre as amostras emersas e submersas. As rochas de praia emersas apresentam seleção bem mais elevada. A composição do material analisado tanto nas emersas como nas submersas, é predominantemente carbonática, constituída de 80% de bioclastos, entre estes, fragmentos de algas vermelhas do filo Rodophyta pertencentes ao gênero *Spongits* Kützing, 1948 e bivalvios e, 20% de litoclastos de sienito e cristaloclastos de quartzo, anfíbolio, piroxênio e feldspato. De certa forma o material dos litoclastos reflete as rochas alcalinas presentes na ilha do Cabo Frio. Na área emersa foram identificados dois afloramentos, o primeiro localiza-se a 1,5 m acima do nível do mar atual. Dispõe-se sobre uma faixa estreita e retilínea paralela à linha de preamar com extensão de 170 m e largura de 20 m. Encontra-se parcialmente coberto por sedimentos que constituem o campo de duna escalonar (*climbing dune*) da praia do Farol. Caracteriza-se de modo geral por areias quartzosas, plagioclásio substituído por calcita e bioclastos de Rodophyta subarredondados a arredondadas consolidados por cimentos carbonáticos (Figura 2).

**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**

João Wagner Alencar Castro; Kenitiro Suguió; Aline Meneguci da Cunha; Eliane Guedes; Frederico Tapajós de Souza Tâmega & Rafael Riosmena Rodriguez

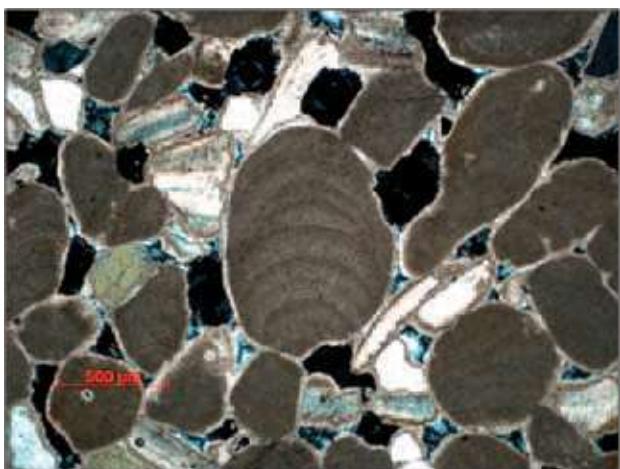


Figura 2 Características petrográficas do *beachrock* emerso a 1,5 m acima do nível do mar atual. Verifica-se arredondamento dos bivalvios enquanto os cristaloclastos apresentam-se subangulosos a angulosos.

O segundo afloramento localiza-se na face da praia entre a maré baixa e a zona de arrebentação das ondas. Apresenta extensão de 90 m e largura de 25 m. Petrograficamente caracteriza-se por material constituído por areias quartzosas, litoclasto de sienito alterado, bioclastos arredondados bem selecionados consolidados por cimentos carbonáticos (Figura 3).

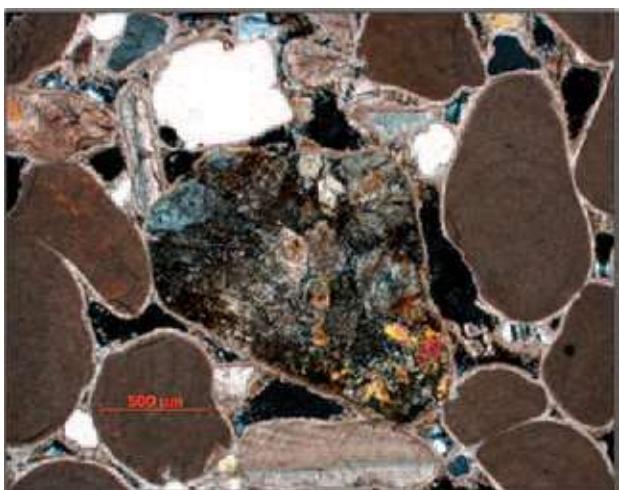


Figura 3 Características petrográficas do *beachrock* emerso entre o ambiente de baixa-mar e a face da praia. Os cristaloclastos apresentam-se alterados envolvidos por cimento de calcita.

O primeiro afloramento submerso localiza-se a uma distância de aproximadamente 120 m da linha de preamar no domínio da ante-praia (zona de arrebentação das ondas) na profundidade de -3,0 m. Caracteriza-se como um corpo tabular com extensão de 140 m e largura de aproximadamente 15 m. Caracteriza-se por areias quartzosas,

calcarenito pobremente selecionado com bioclastos e abundantes cristaloclastos consolidados por cimentos carbonáticos. O material bioclástico, principalmente Rhodophyta, apresenta-se bem arredondado. Os cristaloclastos identificados são angulosos a subangulosos. Sobre esse afloramento foi identificado a presença de um sambaqui datado em 2330 +/- 50 anos AP, calibrado em 1824 - 2089 anos A.P. Esse registro deve-se possivelmente a ação de ondulações de tempestade (*swell*) que removeu parte do sambaqui depositado sobre a base do campo de duna adjacente em condição de nível relativo do mar acima do atual.



Figura 4 Características petrográficas do *beachrock* submerso a - 3,0 m de profundidade. Registra-se a ocorrência de Rhodophyta no centro da lâmina envolvida por grãos que variam de subangulosos a angulosos.

No domínio da plataforma continental interna a aproximadamente 200 m da linha de preamar a -4,5 m de profundidade foi identificado o quarto e último afloramento de rocha de praia (*beachrock*). Caracteriza-se por areias quartzosas, calcarenito pobramente selecionado com bioturbação preenchida por cristaloclastos de quartzo consolidados por cimentos carbonáticos. Na matriz identificou-se ainda a presença de bioclastos de Rhodophyta e de carapaças de bivalvios com cristaloclastos de quartzo com tamanho areia fina.

Na amostra Beta 248.721, profundidade de -4,5 m, a idade foi de 10.460 +/- 70 anos AP, calibrada em dois sigmas entre 11.940 - 11.240 cal AP. Na amostra Beta 243.863, profundidade de -3,0 m, a idade foi de 10.250 +/- 50, calibrada em dois sigma entre 11.149 - 11.337 anos. Nessa profundidade também foi identificado, sobre as rochas de praia, um sambaqui datado em 2330 +/- 50 anos AP, calibrado

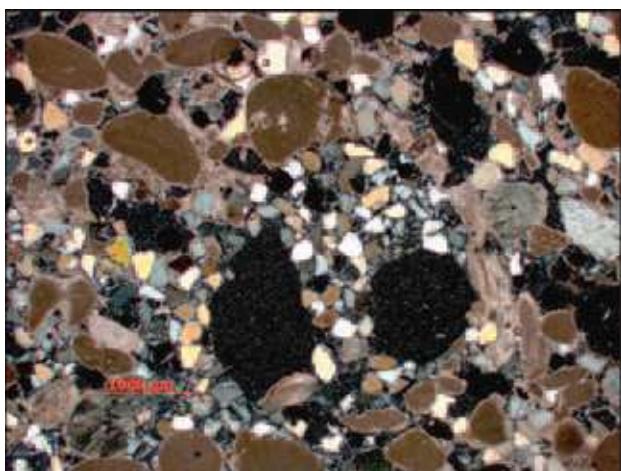


Figura 5 Características petrográficas do beachrock submerso a - 4,5 m de profundidade. Presença de bioclastos e cristaloclastos subangulosos a angulosos.

em 1824 - 2089 anos (Beta 243864). Na amostra Beta 248.722 (nível médio atual) foi obtida uma idade de 11.210 +/- 80 AP, calibrada em dois sigmas entre 12.910 - 12.690 anos A.P. Na amostra Beta 248.723 (1,5 m acima do nível médio atual) foi obtida uma idade de 11.210 +/- 80 anos AP, calibrada em dois sigmas entre 13.130 - 12.860 anos (Tabela 1).

#### 4 Discussão e Conclusões

Resultados obtidos sugerem que entre 13.130 a 11.149 cal A.P. ocorreu localmente uma variação do nível relativo do mar em torno de 6,0 m, correspondendo a oscilação negativa de - 4,5 m e positiva de + 1,5 m. Essas oscilações relativamente rápidas marcam localmente a transição entre o final do Pleistoceno e o início do Holoceno no litoral do Estado do Rio de Janeiro. Análise de Rhodophyta

do gênero *Spongites* Kützing, 1847 das amostras de rochas de praia (*beachrocks*) coletadas entre a profundidade de - 4,5 e - 3,0 m, sugerem ambiente deposicional de águas tropicais com temperaturas acima de 23° C entre o final do Pleistoceno e o início do Holoceno.

É provável que a ressurgência de Arraial do Cabo durante esse período estivesse bastante afastada em relação à posição atual. Essas condições são muito diferentes dos registros obtidos para região da enseada dos Anjos que apontam temperatura média de 18°. Segundo Castro & Suguio (2010) entre 13.000 a 8.000 anos A.P., o nível relativo do mar local mostrou-se muito variável devido às mudanças oceanográficas ocorridas em decorrência de regressão marinha marcada por episódios de estabilização do nível do mar. Tais processos influenciaram a dinâmica da massa d'água e o padrão de temperatura local. Como a região da ilha do Cabo Frio é dominada atualmente por uma zona de ressurgência (águas frias) é provável que o processo de litificação das rochas de praia tenha ocorrido em condições de águas bem mais quentes em relação à atual. Algumas questões relacionadas à influência da neotectônica do início do Holoceno no sudeste brasileiro precisam ser melhor esclarecidas. Trabalhos relacionados à sísmica em águas rasas encontram-se em andamento com intuito de elucidar esse assunto.

A área dos afloramentos é gerenciada pela Marinha do Brasil, apresenta excelente estado de conservação e preservação ambiental. Constitui um patrimônio geológico notável, seja por sua importância estratigráfica, seja pelas informações quanto às variações do nível relativo do mar. Os afloramentos identificados podem ser contextualizados no âmbito

CÓDIGO DA AMOSTRA	TIPO DA AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	ALTIMETRIA/ BATIMETRIA (metros)	IDADE CONVENCIONAL anos A.P.	IDADE CALIBRADA 2 sigma cal. A.P.
BETA ANALYTIC 248721	Concha de molusco	Praia do Farol Ilha do Cabo Frio	-4,5	10.460 +/- 70	11.940 - 11.240
BETA ANALYTIC 243863	Concha de molusco	Praia do Farol Ilha do Cabo Frio	-3,0	10.250 +/- 50	11.149 - 11.337
BETA ANALYTIC 243864	Sambaqui submerso	Praia do Farol Ilha do Cabo Frio	-3,0	2.330 +/- 50	1.824 - 2.089
BETA ANALYTIC 248722	Concha de molusco	Praia do Farol Ilha do Cabo Frio	0	11.090 +/- 60	12.910 - 12.690
BETA ANALYTIC 248723	Concha de molusco	Praia do Farol Ilha do Cabo Frio	+1,5	13.130 +/- 80	13.130 - 12.860

Tabela 1 Datações ao radiocarbono de 5 (cinco) amostras coletadas na ilha do Cabo Frio, RJ.

das mudanças climáticas e ambientais ocorridas na transição Pleistoceno - Holoceno no litoral do Estado do Rio de Janeiro. Tem importância nacional e valor científico inestimável, visto que é um dos poucos lugares do Brasil onde se registra claramente essa transição. A necessidade de preservação desse patrimônio também é indicada pelo fato de existirem sítios arqueológicos na ilha do Cabo Frio, sendo assim, recomenda-se a o reconhecimento e a publicação dos afloramentos aqui estudados por parte da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos.

## 5 Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq pelo apoio financeiro (Projeto Variação do nível do mar ao longo do Estado do Rio de Janeiro - Editorial Universal /2008).

## 6 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.
- 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), 2010, p. 58 – 61.
- Lamego, A. R. 1945. Ciclo evolutivo das lagunas fluminenses. Rio de Janeiro, DNPM, *Boletim* 18, 48p.
- Lamego, A. R. 1946. *O Homem e a Restinga*. Rio de Janeiro, Lidor Ltda. 307 p.
- Martin, L. & Suguio, K. 1976. O Quaternário marinho do litoral do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 19, Ouro Preto. *Anais*. Ouro Preto, SBG, 1: 281-293.
- Martin, L; Suguio, K; Dominguez, J.M. & Flexor, J.M. 1997. *Geologia do Quaternário Costeiro do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo*. CPRM, 104 p.
- Mabesoone, J.M. 1964. Origin end age of the sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil). *Journal Sedimentary Petrology*, 34: 715 - 726 p.
- Russel, R.J. ,1962. Origin of beachrocks. *Zeitschrift Für Geomorphologie*, 6: 1 - 16.
- 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*. Rio de Janeiro, 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 Geoquímica Ambiental, 6: 25-46.
- Villwock, J.A. 1994. A costa brasileira: geologia e evolução. *Porto Alegre: UFRGS. Notas Técnicas*, 7: 38-49.
- Suguio, K; Martin, L; & Flexor, J.M. 1988. Quaternary sea-levels of the brazilian coast: recent progress. *Episodes*, 11: 203-208.