



Evidências da Estabilização do Nível do Mar no Brasil Entre os Anos 1864 e 2019

Some Evidences of Sea-Level Behaviour in Brazil Between the Years 1864 and 2019

Antonio Paulo Faria

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Av. Athos da Silveira Ramos 274, Cidade Universitária, 21941-916, Rio de Janeiro, RJ

E.mail: antoniofaria.geo@gmail.com

DOI: http://doi.org/10.11137/2020_2_161_172; Recebido: 21/09/2018 Aceito: 01/05/2020

Resumo

Comparações entre fotografias antigas e atuais que mostram linhas de cracas e ostras nos afloramentos rochosos costeiros, em 18 áreas dos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, sugerem que o nível do mar no Brasil está estável pelo menos desde 1864. Entre 2017 e 2019 foram fotografados no campo os mesmos afloramentos rochosos expostos em fotos tiradas entre os anos 1864 e 1955, obedecendo os mesmos ângulos e distâncias. Os cálculos, calibrados com dados de campo, foram feitos comparando as linhas superiores, ou limite letal (LL), produzidas pelos crustáceos *Balanus* e moluscos *Crassostrea brasiliiana* e *Crassostrea rhizophorae*. Os resultados mostraram situações idênticas em 13 áreas estudadas, enquanto que em outras 5 não foi possível ter certeza devido à qualidade das imagens. Se o nível do mar estivesse subindo, as linhas superiores atuais desses seres marinhos deveriam estar mais altas em todas as áreas, porque as respostas de crescimento dessas populações são muito rápidas. Em apenas 4 meses esses seres podem cobrir a superfície rochosa. No entanto, não foram observadas mudanças visíveis. A conclusão sugere duas possibilidades, sendo que a mais plausível é que o nível do mar se manteve praticamente o mesmo, pelo menos nos últimos 165 anos. A outra possibilidade, remota, é que a crosta continental costeira dessa parte do País está sofrendo soerguimento acelerado no mesmo período, em taxa de elevação igual ao de uma suposta subida do nível do mar, o que contradiz os modelos geológicos porque essa região se encontra em área tectônica estável, ou passiva.

Palavras-chave: nível do mar; cracas; ostras

Abstract

Old photos showing rocks with barnacles and oysters lines were compared with recent photos in 18 areas of 5 Brazilian states (Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, and Santa Catarina). They suggest that the sea level in the region has been stable since 1864, at least. In 2017, 2018, and 2019, photos of the same rocks were taken, considering the original distance and angle, to compare to the old ones, made between the years 1864 and 1950. The calculations were made comparing the lethal line (LL) produced by the crustacean *Balanus* and the mollusks *Crassostrea brasiliiana* and *Crassostrea rhizophorae*. The results show identical situation in 13 research areas, from 18 in total. In 5 areas it was not possible to compare due to the lower quality data. If the sea level is going up, the upper lines created by the barnacles and oysters should be higher in the 18 areas, because those creatures respond fast, they can repopulate the rock surface in four months, only. Nevertheless, visible changes in the lethal lines were not seen during the last 165 years. The conclusion suggests two possibilities: the first one is that the sea is at a level similar to the one in 1864, it made no change; the second one is that the regional crust is lifting up quick in the same rate of a supposed sea level change. However, it goes against the geological models because the region is situated on a stable tectonic area.

Keywords: sea level; barnacles; oysters

1 Introdução

Este trabalho investiga o comportamento do nível do mar nas regiões Sul e Sudeste do Brasil entre os anos 1864 e 2019. O trabalho utilizou metodologia de comparação entre fotografias antigas com imagens recentes, usando como base a evolução das linhas construídas por crustáceos e moluscos nos afloramentos rochosos costeiros, presentes nas baías e estuários. A escolha é justificada pela simplicidade e pelo baixo custo, fatores estes que se tornaram fundamentais devido aos poucos recursos destinados à produção de pesquisa no País.

Kaye (1964) fez possivelmente o primeiro trabalho em que se usaram cracas como biomarcadores para mensurar mudanças relativas do nível do mar, comparando fotos antigas e recentes. Obteve um intervalo de 113 anos quando estudou as baías do Nordeste dos EUA, entre os anos 1848 e 1961. O autor percebeu que na Baía de Boston a linha superior que delimita a faixa de desenvolvimento da craca *Balanus balanoides* é a ideal para estudos comparativos, em vista da cor clara das carapaças e pela dinâmica de seu desenvolvimento. O limite superior de proliferação da *Balanus* fica na linha de maré alta mais comum, conhecida como limite letal (LL), que é de 150 horas para cracas com um ano de idade, e 185 horas para as mais antigas.

Muitos pesquisadores continuam utilizando cracas para estudos de mudanças do nível do mar, como Blackwell *et al.* (2010) e Helmuth *et al.* (2011). Todavia, essa metodologia tem servido também para outros fins, a exemplo de Pirazzoli *et al.* (1985) que a usaram para medir o soerguimento da costa do Japão em eventos sísmicos ao longo de 600 anos. No Brasil, Suguio *et al.* (1988) usaram para identificar as mudanças no nível do mar ao longo do Holoceno.

Para este trabalho as mensurações foram feitas em 18 pontos na Baía de Vitória (ES), Macaé (RJ), Baía de Guanabara (RJ), Baía de Mangaratiba (RJ), Baía da Ilha Grande (RJ), Baía de Caraguatatuba (SP), Guarujá (SP), Estuário de Santos (SP), Barra de Itanhaém (SP), Baía de Paranaguá (PR) e Baía de Florianópolis (SC), conforme a Figura 1. Os pontos medidos são afloramentos de granitos e ortognaisses do embasamento cristalino resistentes à erosão. Esses pontos apresentam as mesmas estruturas de mais de um século atrás. Algumas medidas foram realizadas em blocos rochosos que foram produzidos no local, evoluíram da evolução do relevo e não sofreram transporte, apresentam-se estáveis porque não estão em encostas e se encontram em águas protegidas das ondas de tempestade.

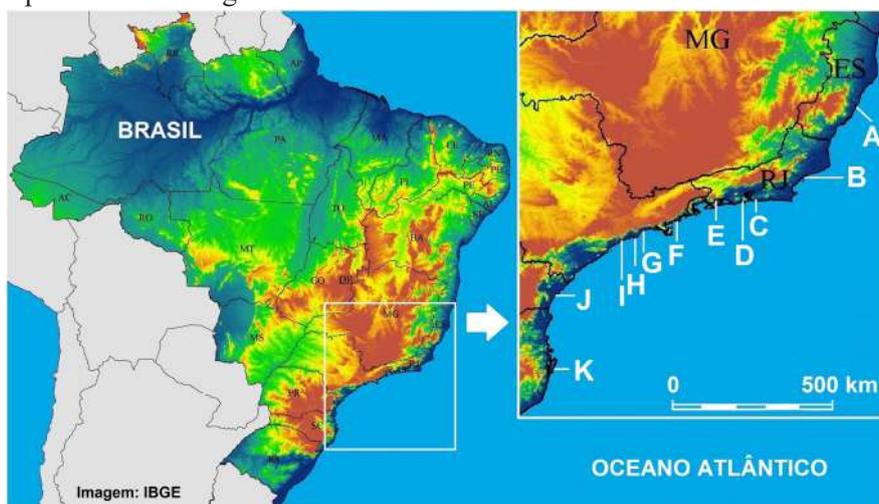


Figura 1 Mapa de localização das áreas estudadas.

2 Procedimentos Metodológicos

O ponto de partida, e também o mais difícil, foi conseguir fotografias antigas de qualidade, de afloramentos estáveis de rochas resistentes à erosão que mostrassem as faixas bentônicas em águas calmas, protegidas das ondas de tempestade. Sendo assim, os 18 pontos de estudo foram determinados em função de imagens que cobrem intervalos de tempo de até 154 anos, sendo a mais antiga datada do ano 1864 (Figura 2). Para fins de comparação, entre 2017 e 2019 foram feitas fotografias seguindo os mesmos ângulos e distâncias das imagens antigas, os cálculos foram feitos por meio da altura entre a

linha de limite letal (LL) dos biomarcadores e pontos fixos, que podem ser o topo do afloramento rochoso ou estruturas como veios e fendas nas rochas, como exemplifica a Figura 3.



Figura 2 Ponta do Lameirão em 1864, Ilha de Paquetá (RJ). Autor: Frederico Carlos. Fonte: Instituto Moreira Salles – <https://ims.com.br>

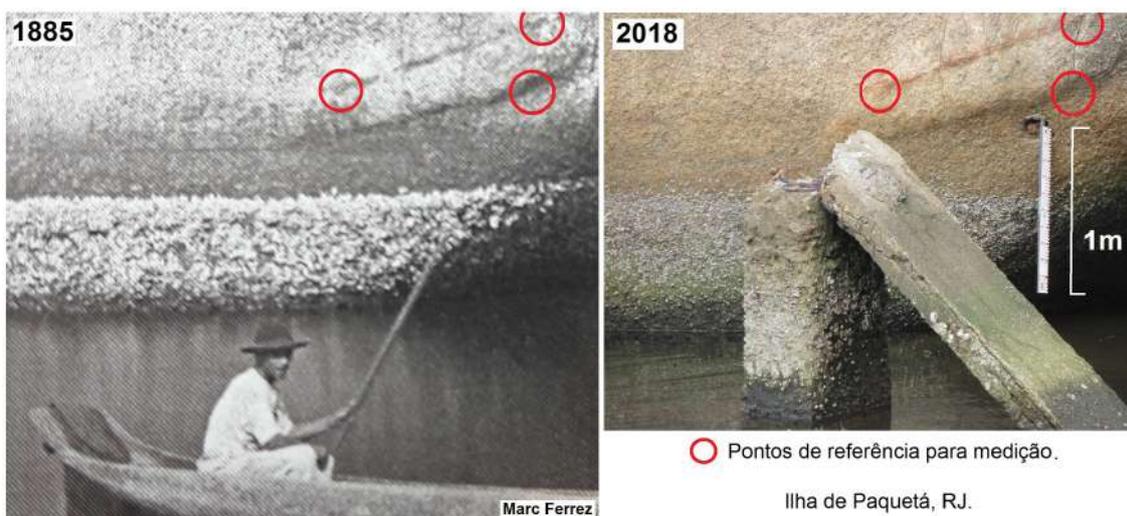


Figura 3 Comparação entre imagens feitas em 1885 (Instituto Moreira Salles, 2015) e 2018 na Ilha de Paquetá (RJ). Os pontos que servem de referência e medição da altura da linha das cracas aparecem no centro dos círculos.

2.1 Cálculo de Limite Letal

De acordo com Kaye (1964), a tolerância ou limite letal (LL) da craca *Balanus* à exposição ao ar é de 185 horas. Essas cracas não podem passar mais de 7 dias sem ficar submersas. As linhas LL foram calculadas pelas tábuas de maré ajustadas às medições no campo. Os dados foram obtidos em dias com condições meteorológicas normais, pressão atmosférica em torno de 1020 mbar, ventos abaixo de 5 km/h e ondas menores que 5 cm de altura.

Os afloramentos rochosos geralmente

possuem superfícies rugosas, depressões, protuberâncias e discontinuidades, originando pontos que concentram ou dispersam umidade, e isso interfere na linha de Limite Letal. Podem surgir indivíduos (cracas e ostras) isolados um pouco acima da linha do limite representativo. Por isso o LL foi definido como o local em que tem início a população contínua. Para as mensurações, foram escolhidos pontos nos quais a linha não varia verticalmente mais que 4 cm no total, sendo 2 cm para cima ou para baixo, porque em geral o diâmetro de uma craca *Balanus* é de 1 a

2 cm. Além disso, é mais fácil observar nas fotos antigas as diferenças comparativas de faixas que podem oscilar em 4 cm, conforme mostra a Figura 4.



Figura 4 A linha preta, no centro, define o limite letal das cracas *Balanus*.

Réguas linígrafas de 1 m serviram como escala e auxiliaram nos cálculos das alturas das marés e das linhas LL. O “zero” da régua foi nivelado com as marés locais mais baixas, definidas pelas estações maregráficas usadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil. As

estações utilizadas foram: Vitória (ES), coordenadas -20.323194 -40.326783; Imbetiba (RJ) -22.385568 -41.769508; Ilha Fiscal (RJ) -22.896826 -43.165716; Ilha de Paquetá (RJ) -22.753180 -43.102966; Ilha Guaíba (RJ) -23.011998 -44.031353; Angra dos Reis (RJ) -23.012697 044.317410; Santos (SP) -23.969838 -46.289291; Antonina (PR) -25.455160 -48.677317 e Florianópolis (SC) -27.353231 -48.334543.

Quanto ao limite letal das ostras, Oliveira (1947) observou que a altura do limite superior desses moluscos situa-se aproximadamente a 20 cm abaixo da linha superior das cracas *Balanus*, como mostra a Figura 5.



Figura 5 Zonização simplificada de ambiente de costa rochosa na Baía de Guanabara, com os limites onde predominam cracas, ostras e algas, de acordo com mensurações de campo e segundo Oliveira (1947).

2.2 Teste Raspagem-Recolonização

Este teste foi criado neste trabalho para assegurar a validade da metodologia. Foram escolhidos 5 blocos rochosos cobertos por cracas, situados na Ilha do Fundão, Ilha de Paquetá, Praça XV e Urca, todas são localidades do Rio de Janeiro. Foram produzidas faixas limpas por raspagem com 40 cm de largura, dispostas verticalmente. Para validar a metodologia, após 4 meses as novas cracas precisavam reconstituir a linha LL no mesmo nível da linha original, como mostra a Figura 6. Se a nova linha ficasse abaixo da original (situação

B), indicaria que a metodologia é falha, porque o nível do mar não desce em taxa tão acelerada, ou que a crosta estaria sendo soerguida em velocidade observada apenas durante os eventos tectônicos que geram ondas sísmicas extremas.

Uma segunda possibilidade que poderia invalidar a metodologia seria a de que a nova linha ficasse acima da linha original que foi raspada. Isso indicaria que o nível do mar estaria subindo em taxas altíssimas, muito acima do estimado pelas previsões mais catastróficas. Muito menos a crosta continental litorânea sofre subsidência com tal rapidez em área tectonicamente estável.

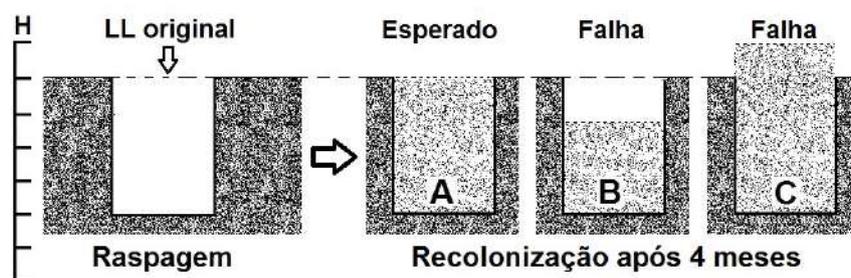


Figura 6 Esquema representativo do teste de raspagem-recolonização.

2.3 Material

Dentre muitas dezenas de fotografias antigas obtidas, foram escolhidas 18 que tinham qualidade para serem trabalhadas, a exemplo da Figura 7. A prioridade eram imagens publicadas em livros e revistas para atestar a originalidade, porém, devido à dificuldade de conseguir material adequado, foi necessário também recorrer aos acervos públicos e à internet.



Figura 7 Ilha de Paquetá, na Baía de Guanabara (RJ) em 1885. Foto de Marc Ferrez (Instituto Moreira Salles, 2015).

3 Área de Estudo

Entre os Estados do Espírito Santo e Santa Catarina encontra-se uma costa rochosa com intercalações de planícies flúvio-marinhas, denominada pela geomorfologia clássica como Macrocompartimento Litoral das Escarpas Cristalinas. Em muitos setores o litoral é recortado por baías, estuários, esporões e ilhas, formados por estruturas originadas do rifteamento que ocorreu durante a era Mesozóico, em função da separação da América do Sul e da África. Posteriormente, ao longo do período Paleógeno, formaram-se

maciços costeiros individualizados com morros e montanhas, conforme Ab'Saber (2001). O nível do mar atual formou nesses relevos setores protegidos das ondas de tempestade, de acordo com Faria (2018). Os pontos medidos são afloramentos do embasamento cristalino compostos de granitos e ortognaisses, que são rochas resistentes à erosão. Esses pontos apresentam as mesmas estruturas de mais de um século atrás. Parte desses pontos são blocos rochosos que não sofreram transporte, ou seja, foram esculpidos no próprio local.

As medições foram feitas na Baía de Vitória (ES), Macaé (RJ), Baía de Guanabara (RJ), Baía de Mangaratiba (RJ), Baía de Caraguatatuba (SP), Guarujá (SP), Estuário de Santos (SP), Barra de Itanhaém (SP), Baía de Paranaguá (PR) e Baía de Florianópolis (SC), conforme Figura 6.

4 Resultados

4.1 Testes de Raspagem-Recolonização

Os testes realizados nos 5 blocos situados na Ilha do Fundão, Ilha de Paquetá, Praça XV e Urca, validaram a metodologia descrita por Kaye (1964). Entre 4 e 6 meses após a raspagem, as cracas recolonizaram e reconstituíram as linhas nas mesmas alturas originais, como mostra a Figura 8. As diferenças foram apenas na densidade populacional, que pode oscilar entre os meses de verão e inverno, como observado também por Breves-Ramos *et al.* (2005).



Figura 8 Teste de raspagem-recolonização feito em um bloco situado na Ilha do Fundão (RJ). Oito meses depois da raspagem, aproximadamente 100% da cobertura de cracas havia sido recuperada, reconstituindo o mesmo nível anterior.

Skinner & Coutinho (2005) fizeram experimentos em Arraial do Cabo (RJ) colocando placas de granito com rugosidades diferenciadas dentro da água, e concluíram que em apenas 5 semanas as cracas começaram a colonizar as rochas de maior rugosidade, demorando mais tempo para cobrir a superfície das rochas de textura mais fina. Lemire & Bourget (1996) indicam que a heterogeneidade do substrato influencia a dispersão e a colonização feita pela *Balanus*, contudo, em longo prazo a densidade de indivíduos não varia muito. Breves-Ramos *et al.* (2005) raspam áreas de 20 x 20 cm² cobertas por bentos nas águas poluídas da Ilha do Fundão (RJ) e perceberam que as cracas

precisaram de apenas 4 meses para recompor 80% do que fora perdido.

4.2 Comparação Entre as Linhas de Limite Letal

Foram construídos gráficos com marés diárias para cada estação da DHN utilizada. Nesses gráficos foram calculados os intervalos entre 6 e 7 dias em que a linha superior de cracas fica emersa. As informações de campo foram ajustadas aos gráficos e assim foram calculadas as linhas de limite letal para cada área estudada. A linha LL do molusco *Crassostrea brasiliiana* e *Crassostrea rhizophorae* ficou em média 20 cm (± 2 cm) abaixo do LL das cracas, corroborando a informação de Oliveira (1947), conforme as Figuras 9 e 10.

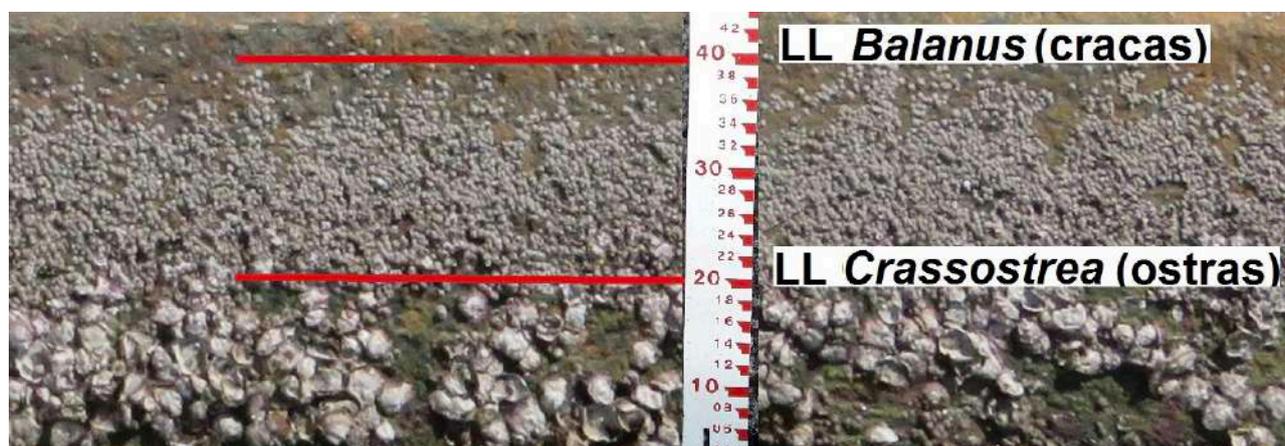


Figura 9 Diferença entre as linhas de limite letal das cracas e das ostras na Baía de Guanabara.

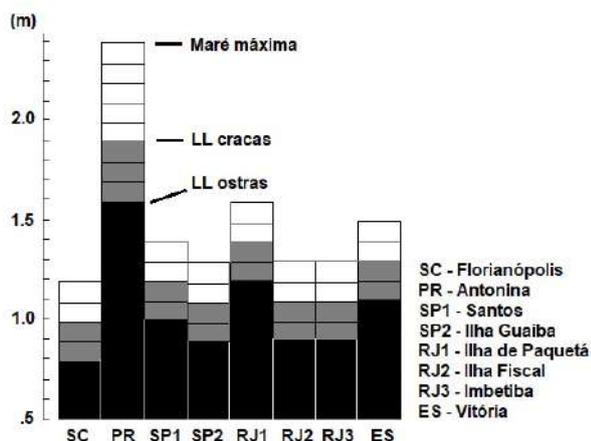


Figura 10 Níveis de maré e linhas de limite letal locais.

As mensurações foram feitas em região de micromaré, com oscilação vertical máxima de até 2 m. Nas baías e estuários dessa região a linha de limite letal das cracas forma-se a aproximadamente 20 cm acima da linha LL das ostras, esse limite define também a largura da faixa de cracas cujo valor também é de 20 cm. Esses dados valem apenas para as regiões em que atuam as micromarés, nas regiões com mesomaré (2 – 4 m) e macromaré (maior que 4 m), os limites e as larguras das faixas de cracas são maiores. Dos pontos estudados, o único que se situa um pouco acima desse limite é Antonina, situada no fundo do estuário de Paranaguá. Embora seja área de micromaré, nesse ponto o empilhamento de água chega a 2.4 m, destoando um pouco das outras áreas estudadas.

4.3 Comparação Entre os Níveis Antigos de LL Com os de 2019

As comparações entre as fotos antigas e as novas mostram que a distribuição geográfica da fauna bentônica mudou significativamente, como foi notado com mais clareza na Baía de Florianópolis, Estuário de Santos, Baía de Guanabara e Baía de Vitória. Por exemplo, no início do século 20 eram comuns densas faixas de ostras nas rochas, mas atualmente esses moluscos quase desapareceram. Atualmente essas faixas se expandiram em alguns poucos lugares, como na Urca, situada na entrada da Baía de Guanabara. As cracas *Balanus* foram menos afetadas. Todavia, essas mudanças ambientais influenciaram pouco os resultados do trabalho, pois a ausência das ostras foi substituída pela presença das cracas, e, como ficou provado, a diferença vertical entre as linhas LL de cracas é de 20 cm, como é ilustrado nas Figuras 11, 12, 13, 14 e 15, e resumido na Tabela 1.

As cracas e as ostras estudadas constroem as linhas LL seguindo os níveis de maré porque dependem dessa oscilação para sobreviver. Se o nível absoluto do mar sobe ou desce ao longo dos anos, as linhas LL acompanham. Se ocorre subsidência ou soerguimento da crosta litorânea (epirogênese) promovendo mudança relativa do nível do mar, as linhas LL também acompanham.



Figura 11 As duas imagens mostram que o nível que representa a linha de limite letal das cracas não mudou significativamente em 124 anos na Ilha de Paquetá. A escala na foto de 1894 foi inserida para melhor comparação, ela não existe na foto original – Foto: Juan Gutierrez. Fonte: Ermakoff (2011).



Figura 12 As fotos mostram que não ocorreu alteração visível nos níveis das cracas/ostras. Os veios e microrrelevo na superfície da rocha servem de referência – Fonte da foto de 1930: Prefeitura Municipal de Itaguaçu (SC).



Figura 13 Ilha de Paquetá, na Baía de Guanabara (RJ) em 1885 – Foto: Marc Ferrez.



Figura 14 As fotos da Ilha do Fundão (RJ) indicam que não houve alteração nas linhas de cracas e ostras. O depósito de sal visto na parte inferior da foto também não mudou muito, inclusive parece menor. Este depósito poderia ser maior se o nível do mar estivesse subindo – Fonte: Prefeitura da Cidade Universitária.

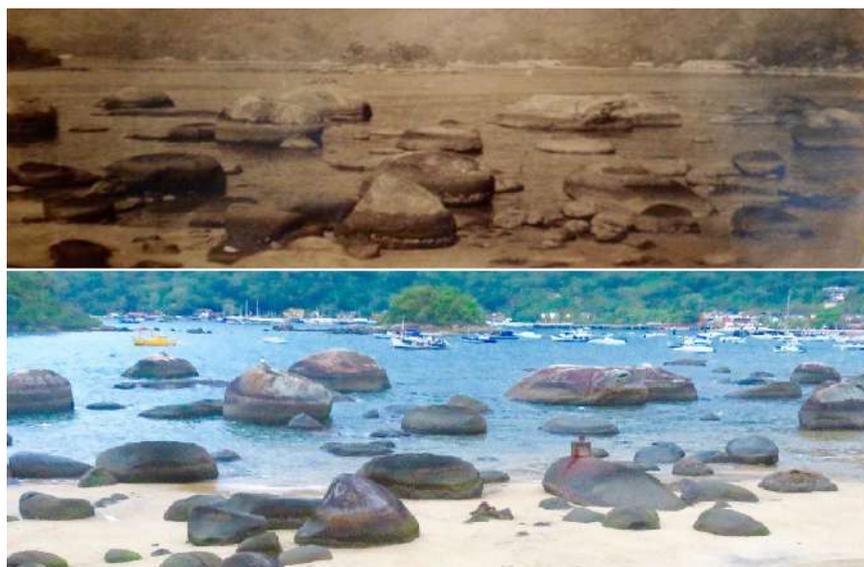


Figura 15 Praia do Abrão, na Ilha Grande (RJ), possivelmente na década de 1910 e em 2018 – Foto original é de autor desconhecido.

Dos 18 pontos monitorados, 13 (72%) mostram que não ocorreram mudanças visíveis, considerando uma linha que divide a faixa horizontal com 4 cm de largura, com 2 cm para cima e 2 cm para baixo. Isso foi definido em função dos tamanhos das cracas adultas, que chegam a ter 2 cm de diâmetro.

Em 5 pontos estudados (28%) não foi possível ter resultado conclusivo, uma vez que a cobertura desse crustáceo ficou difusa devido à rarefação, ou diminuição da população. Situação semelhante ocorre com as ostras, mas em locais diferentes. Os motivos precisam ser investigados.

Ponto	Coordenadas	LL 1 (ano)	LL 2 (2019)
Jaburuna	-20.326035 -40.312468	1900	=
Pedrados Ovos	-20.320098 -40.274387	1955	=
Imbetiba	-22.386257 -41.770608	1920	=
I. Paquetá	-22.753180 -43.102966	1894	=
I. Paquetá	-22.755072 -43.107029	1885	=
I. Paquetá	-22.749477 -43.107005	1864	=
I. Governador	-22.789766 -43.161556	1955	Indefinido
I. Fundão	-22.848373 -43.221731	1951	=
Ibicuí	-22.962851 -44.027330	1946	Indefinido
Ilha Grande	-23.135035 -44.169372	1930	=
Caraguatatuba	-23.633945 -45.389943	1950	=
Guarujá	-23.994076 -46.202426	1925	Indefinido
Santos	-23.937135 -46.308176	1915	Indefinido
Itanhaém	-24.188896 -46.790092	1915	Indefinido
Antonina	-25.451679 -48.682705	1950	=
Itaguaçu	-27.616275 -48.588924	1930	=
Bom Abrigo	-27.617184 -48.592642	1950	=
Abraão	-27.608241 -48.598580	1930	=

Tabela 1 Comparação entre os níveis antigos de LL com os de 2019. É considerado igual (=) quando a diferença vertical é menor que 4 cm.

5 Discussão dos Resultados

Em teoria, existem 3 cenários possíveis que podem explicar os resultados. O primeiro, o mais plausível, é que o nível absoluto do mar não mudou significativamente no período estudado, entre os anos 1864 e 2019, e que a movimentação vertical da crosta regional (epirogênese) tem valores muito baixos. Levando em consideração a extensão da área estudada, a distância em linha reta entre Florianópolis (SC) e Vitória (ES) é de aproximadamente 1500 km, o resultado sugere que o nível do mar nas regiões Sul e Sudeste não mudou visivelmente no intervalo de 165 anos. Pelo tamanho da área, este resultado não pode ser subjugado como um fenômeno local.

Isso corrobora as afirmações de Mörner (2015). O citado autor fez diversos estudos sobre epirogênese isostática e eustasia em regiões distintas do planeta ao longo de 50 anos, usando metodologias diversas, e afirmou que descontando a movimentação vertical da crosta, o nível do mar recentemente tem taxa de elevação absoluta entre 0,0 e 1,0 mm/ano.

O segundo cenário seria o soerguimento da crosta brasileira em taxa equivalente a uma suposta subida do nível do mar. Entretanto, esta tese não se sustenta porque os modelos geológicos e geofísicos mais conhecidos sugerem subsidência devido à acumulação de sedimentos nos vales, planícies flúviomarinhas e plataforma continental. Entretanto, pode haver basculamento local de um bloco continental que está sendo soerguido em um dos lados e sofrendo subsidência no lado oposto, conforme registrado em alguns pontos da Região Nordeste do Brasil, conforme trabalhos de Bezerra *et al.* (1998) e Caldas *et al.* (2006), o que explica a erosão marinha em algumas falésias, enquanto outras falésias vizinhas não são afetadas.

O terceiro cenário, mais remoto, seria subsidência da crosta continental em velocidade igual a um hipotético rebaixamento do nível do mar, ou eustasia negativa.

Profissionais de diversas áreas trabalhando com metodologias distintas e de forma indireta, afirmam que o nível do mar está subindo (eustasia positiva). Outros trabalham com medições diretas, mas localmente, e apontam para a mesma direção. Por exemplo, Da Silva *et al.* (2016), usando métodos geofísicos, calcularam uma taxa de subsidência para

Imbituba (SC) na ordem de 1,6 mm/ano. Considerando este valor, entre 1930 e 2019 essa parte da costa catarinense teria afundado aproximadamente 140 mm. Esses autores fizeram também correlações entre dados maregráficos e altimetria por satélite e acharam eustasia positiva no valor de 2,4 mm/ano ($\pm 0,2$). Os dados obtidos no presente trabalho com cracas e ostras na Baía de Florianópolis, distante 50 km, não confirmam essas taxas, sugerindo relativa estabilidade epirogenética. Todavia, existem várias falhas geológicas nessa área e um processo de basculamento não pode ser descartado, enquanto uma área se encontra em subsidência, uma outra pode estar estabilizada, ou mesmo sendo soerguida.

Há muitas críticas em relação ao uso de marégrafos para estudos de mudança no nível do mar, visto que os dados não são consistentes e apresentam falhas, principalmente os marégrafos automáticos, como pode ser constatado no trabalho dos autores citados anteriormente, como também em trabalhos mais antigos, como os Braatz & Aubrey (1987) e Komar & Enfield (1987). Da mesma forma, usar satélites para monitorar a oscilação do nível do mar na ordem de 1 mm/ano é apostar muito no “milagre tecnológico”, como afirma Mörner (2015), dado que, em geral, os satélites apresentam valores muito acima da realidade e alimentam as previsões catastróficas, como as divulgadas pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (2015), em 1990, 2001 e 2014. Este órgão estipulou que a elevação média mundial entre 1993 e 2010 foi de 3.2 mm/ano, o que parece estar muito acima da realidade.

Nas últimas décadas alguns pesquisadores brasileiros vêm correlacionando erosão de praia à subida do nível do mar (eustasia positiva). Contudo, se isso fosse verdadeiro a maioria das praias deveriam se tornar erosivas ou retrogradativas. No entanto, apenas algumas encontram-se nessa situação e em maior parte em razão de interferências antrópicas indiretas, que alteram o balanço sedimentar. A outra parte passa por eventos cíclicos de erosão/deposição, como mostrou Faria (2005) e Dominguez (2006).

Este trabalho, entre outros, sugere que o nível do mar se encontra estável, pelo menos no Sul-Sudeste brasileiro há pelo menos 165 anos. As geleiras estão se derretendo nas montanhas continentais e na Groelândia desde o final da “Pequena Idade do Gelo” no século 19, porém, a

maior parte da Antártica deve estar compensando com acumulação positiva de gelo, ao contrário da península Oeste desse continente que perde por derretimento, como indicam diversos trabalhos, como os Ekaykin *et al.* (2014), Altanau *et al.* (2015), Stenni *et al.* (2016), Bertler, *et al.* (2017), Ekaykin *et al.* (2017), Emannuelsson *et al.* (2017) e Martin-Español *et al.* (2017). Segundo Thomas *et al.* (2017), a precipitação de neve aumentou 10% na maior parte do continente nos últimos 200 anos, fazendo aumentar o volume de gelo, e não diminuir.

Mensurar mudança secular no nível do mar em período de relativa estabilidade climática é assunto complicado, e isto ocorre porque os oceanos têm alturas muito variadas em função das diferentes densidades da água, das correntes marinhas e da diversidade climática. Por exemplo, na costa leste do Panamá o Mar do Caribe chega a ser 330 mm mais alto que no Oceano Pacífico, na costa oeste, distante apenas 50 km, conforme indicam Alarcón *et al.* (2011). Dados do Hemisfério Norte têm valores muito relativos para o Hemisfério Sul, às vezes nem devem ser considerados, portanto, os resultados devem ser entendidos como regionais, e não globais.

6 Conclusão

A metodologia usada neste trabalho é confiável, porém, é limitada por dois motivos. O primeiro é que a área de estudo fica restrita a águas protegidas dentro de baías, porque as linhas LL das cracas e das ostras somente são bem definidas em águas calmas. Em áreas de mar aberto, afetadas por ondas de tempestade frequentes, as linhas LL tornam-se difusas em consequência dos respingos da água e dos pontos de concentração de umidade.

O outro fator limitante é que depende de fotografias antigas feitas nas condições ideais e nos lugares certos. No entanto, não são necessárias fotografias seculares para conduzir trabalhos desta natureza, imagens com pelo menos 30 anos são suficientes para mostrar a ocorrência ou não de mudanças visíveis, considerando-se uma taxa eustática mínima de 1 mm/ano.

Foi importante analisar fotografias registradas desde 1864, uma vez que as imagens sugerem que a suposta elevação no nível do mar entre 100 e 200 mm, ocorrida no Atlântico Norte no período 1890 a 1990, não teve aparentemente efeito no Sul-Sudeste brasileiro.

7 Referências

- Ab'Saber, A.N. 2001. *Litoral do Brasil*. Metalivros, São Paulo. 288p.
- Alarcón, L.F.; Ashley, D.B.; Sucre de Hanily, A.; Molenaar, K.R. & Ungo, R. 2011. "Risk Planning and Management for the Panama Canal Expansion Program". *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(10): 762-771.
- Altnau, S.; Schlosser, E.; Isaksson, E.; & Divine, D. 2017. Climatic signals from 76 shallow firn cores in Dronning Maud Land, East Antarctica. *The Cryosphere*, 9: 925-944.
- Bertler, N.A.N.; Conway, H. & Dahl-Jensen, D. 2017. The Ross Sea Dipole – Temperature, Snow Accumulation and Sea Ice Variability in the Ross Sea Region, Antarctica, over the Past 2700 Years. *Climate Past Discussion*, 14: 193-214.
- Bezerra, F.H.R.; Lima Filho, F.P.; Amaral, R.F.; Caldas, L.H.O. & Costa Neto, L.X. 1998. Holocene coastal tectonics in NE Brazil. In: STEWART, I.S. & VITA-FINZI, C. (EDS), *Coastal Tectonics*. London, Geological Society, Special Publications, no 146. p. 279-293.
- Blackwell, B.A.; Gong, J.J. & Skinner A.R. 2010. ESR dating pleistocene barnacles from British Columbia and Maine: a new method for tracking sea-level. *Health Physics*, 98(2): 417-26.
- Braatz, B.Z. & Aubrey, D.G. 1987. Recent relative sea-level change in eastern North America. In: D. NUMMEN-DAL (ed.) *Sea-level fluctuation and Coastal Evolution*. USA, Society of Economic Paleontology and Mineral, 4: 29-46.
- Breves-Ramos, A.; Lavrado, H.P.; Junqueira, A.O.R. & Silva, S.H.G. 2005. Succession in rocky intertidal benthic communities in areas with different pollution levels at Guanabara Bay (RJ-Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48: 951-965.
- Caldas, L.H.O; Stattegger, K. & Vital, C. 2006. H. Holocene sea-level history and coastal evolution: evidences from coastal sediments of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil. *Marine Geology*, Amsterdam, 228(1-4): 39-53.
- Da Silva, L.M; De Freitas, S.R.C & Dalazona, R. 2016. Análise de Séries Maregráficas Correlacionadas com Observações GNSS no Datum Vertical de Imbituba-SC. *Revista Brasileira de Cartografia*, 68(1): 73-90.
- Dominguez, J.M.L. 2006. Erosão e progradação no litoral brasileiro – Bahia. In: D. MUEHE (org.). *Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro*. Brasília: MMA, p. 219-225.

- Ekaykin, A.A.; Kozachek, A.V.; Lipenkov, V.Y. & Shibaev, Y.A. 2014. Multiple climate shifts in the Southern Hemisphere over the past three centuries based on central Antarctic snow pits and core studies. *Annals of Glaciology*, 55: 259–266.
- Ekaykin, A.A.; Vladimirova, D.O.; Lipenkov, V.Y. & Masson-Delmotte, V. 2017. Climatic variability in Princess Elizabeth Land (East Antarctica) over the last 350 years. *Climate of the Past*, 13: 61–71.
- Emanuelsson, B.D.; Bertler, N.A.N.; Renwick, J.A.; Markle, B.R.; Baisden, W.T.; Keller, E.D. & Neff, P.D. 2017. The role of the Amundsen-Bellinghousen Sea anticyclonic circulation for marine air mass intrusions into West Antarctica. *Climate Dynamics*, 44(9): 4168–4175.
- Ermakoff, G. 2011. *Juan Gutierrez: Imagens do Rio de Janeiro 1892 – 1896*. Editora Capivara. Rio de Janeiro, 263 p.
- Faria A.P. 2018. Dinâmica Geomorfológica da Costa Rochosa do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 19(1): 189-206.
- Faria, A.P., 2005. Eustasia Global e a Realidade do Litoral Brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 6(2): 75-82.
- Helmuth, B.; Yamane, L.; Lalwani, S.; Matzelle, A.; Tockstein, A. & Gao, N. 2011. Hidden signals of climate change in intertidal ecosystems: What (not) to expect when you are expecting. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 400:191-199.
- IPCC. 2015. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Kaye, A.C. 1964. The upper limit of barnacles as an index of sea-level changes on the New England coast during the past 100 years. *Journal of Geology*, 72(5): 580-600.
- Instituto Moreira Salles. 2015. *Marc Ferrez: Rio*. Editora Steidl, Alemanha, 263p.
- Komar, P.D. & Enfield, D.B. 1987. Short-term sea-level changes and coastal erosion. In: D. NUMMEDAL (ed.). *Sea-level fluctuation and Coastal Evolution*. The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, USA, p. 17-28.
- Lemire, M. & Bourget, E. 1996. Substratum heterogeneity and complexity influence micro-habitat selection of *Balanus* sp. and *Tubularia crocea* larvae. *Marine Ecology Progress Series*, 135: 77-87.
- Martin-Español, A.; Bamber, J.L. & Zammit-Mangion, A. 2017. Constraining the mass balance of East Antarctica. *Geophysical Research Letters*, 44 (9): 37-42.
- Mörner, N.A. 2015. Glacial isostasy: regional-not global. *International Journal of Geosciences*, 6(6): 7-25.
- Oliveira, L. P. H. 1947. Distribuição geográfica da fauna e flora da Baía de Guanabara. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 45(3): 709-734.
- Pirazzoli, P.A.; Delibrias, G.; Kawana, T. & Yamaguchi, T. 1985. The use of barnacles to measure and date relative sea-level changes in the Ryukyu Islands, Japan. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 49: 161-174.
- Skinner, L. F. & Coutinho, R. 2005. Effect of microhabitat distribution and substrate roughness on barnacle *Tetraclita stalactifera* (Lamarck, 1818) settlement. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48: 109- 113.
- Stenni, B.; Scarchilli, C.; Masson-Delmotte, V.; Schlosser, E.; Ciardini, V. & Dreossi, G. 2016. Three years monitoring of stable isotopes of precipitation at Concordia Station, East Antarctica. *The Cryosphere*, 10: 2415–2428.
- Suguio, K.; Martin, L. & Flexor, J. M. 1988. Quaternary sea levels of Brazilian coast. Recent progress. *Episodes*, 11(3): 203-208.
- Thomas, R.E.; van Wessem, M. & Roberts, J. 2017. Regional Antarctic snow accumulation over the past 1000 years. *Climate of the Past*. European Geoscience Union, 13: 1491 – 1513.