

ESTÁ O NÍVEL DO MAR SUBINDO NO BRASIL?

Antonio Paulo de Faria
D.Sc. em Geografia Física - Professor Adjunto - IGEO/UFRJ
antoniofaria15@hotmail.com - kaunfari@unisys.com.br

RESUMO

Foram monitoradas várias praias em alguns estados brasileiros e os resultados indicam que em quatro décadas elas não sofreram mudanças significativas, ou seja, se apresentam da mesma forma que há 40 anos. Isso vai contra as previsões de subida do nível do mar feitas até então, de até 20 cm durante o século XX e de até 94 cm para este século. Se essas previsões estiverem certas, todas as praias no Brasil deveriam se tornar erosivas, mas ao contrário, a grande maioria é estável. Este trabalho discute a hipótese de que a propagação da elevação do nível do mar até a costa brasileira leve muitas décadas ou séculos, porque o maior aporte da água de degelo vem do Hemisfério Norte e também devido à complexidade da movimentação das águas oceânicas.

ABSTRACT

The forecast for the rise in sea level for the 20th century was up to 20 cm. From 1990 to 2100 the forecast is up to 94 cm. If these forecasts are correct, we should see continuous erosive processes along the Brazilian coast. Several beaches situated in many states of Brazil were monitored over a period of four decades and the results indicate that there hasn't been any significant change in their geomorphological features. As most of these beaches have been stable for the past forty years, this paper discusses the hypothesis that the impact of a rise in sea level may be delayed several decades or even centuries along the Brazilian coast. This may be because the biggest volume of melted water from the glaciers originates in the Northern Hemisphere as well as the complexity of the dynamic of ocean water.

Palavras-Chave: subida do nível do mar, dinâmica costeira, estabilidade das praias

1 - INTRODUÇÃO

Nas duas últimas décadas muito tem se falado sobre a subida do nível do mar em função do derretimento das geleiras causado pelo aumento global da temperatura e acelerado pelo efeito estufa, e vários autores fizeram projeções desenvolvidas em simulações baseadas em modelagem matemática.

O nível do mar pode mudar devido à causas distintas, como: Tectônica de Placas e processos de ordem climática. O efeito causado pelas mudanças climática é mais dramático e refere-se à glacio-eutasia, basta lembrar que há cerca de 18.000 anos, no auge do último período glacial, o nível do mar estava em até 130 metros abaixo do atual, de acordo com vários autores, entre eles: Fairbridge (1962) e Milliman & Emery (1968).

Tanto a formação/expansão como o derretimento/retração das geleiras, causam movimentos isostáticos dos blocos continentais que podem sofrer deslocamentos verticais para baixo ou para cima, causando oscilação relativa no nível do mar, conforme indica Kukai (1990). Em algumas áreas, a subsidência do terreno pode ser explicada pelo peso da deposição de sedimentos ou pelo bombeamento de água subterrânea ou petróleo, de acordo com Aubrey & Emery (1983).

Existe uma certa preocupação da comunidade científica com as geleiras. Numerosos grupos de pesquisadores vêm monitorando-as em todos os continentes e alguns dados surpreendentes já foram revelados. Primeiro, existe um alarmismo com o derretimento e recuo das geleiras. Em algumas, a taxa de recuo chega a várias centenas de metros por ano, mas cada geleira tem comportamento próprio em função da temperatura do ambiente, do volume de gelo retido, da declividade do terreno, etc. (quadro 1).

A conclusão tirada nas reuniões do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), em 1990 e 2001, foi que o derretimento do gelo atual fica restrito: às geleiras alpinas, que se localizam nas montanhas altas das regiões tropicais e temperadas, nos campos de gelo das regiões temperadas e sub-polares e no gelo flutuante do Mar Ártico.

	Área (km ²)	Volume (km ³)
Antártica	12.588.000	28.500.000
Groelândia	1.726.400	3.700.000
Geleiras alpinas	230.000	46.000
Ártico	114.000	1.500
Gelo continental América do N.	76.880	23.100

Quadro 1 - Áreas cobertas por geleiras e volume de gelo (fonte: Flint, 1971).

O gelo na Groelândia está derretendo numa taxa muito baixa. As geleiras na Antártica, que são as que mais preocupam, ao contrário, mostram um balanço positivo, isto é, elas estão se expandindo porque precipita mais neve do que derrete.

Os trabalhos conclusivos do IPCC indicam que a temperatura média global durante o século XX subiu 0,6°C e o aumento do nível do mar durante o mesmo período foi de 100 a 200 mm, corroborando os dados divulgados por Gornitz & Lebedeff (1987), que indicam uma elevação entre 150 e 170 mm entre 1890 e 1990, incluindo nesses valores a contribuição da água de degelo e a expansão térmica dos oceanos, como mostram os quadros 2 e 3.

Contrib.	Otimista	Provável	Pessimista
Expansão térmica	20	40	60
Geleiras alpinas	15	40	70
Groelândia	10	25	40
Antártica	-50	0	50

Quadro 2 - Contribuição estimada para o aumento do nível do mar (mm) durante o século XX - (Fonte: IPCC, 1990).

Ano	Otimista	Provável	Pessimista
2030	80 (2.0)	180 (4.5)	290 (7.2)
2070	210 (2.6)	440 (5.5)	710 (8.8)
2100	310 (2.8)	660 (6.0)	1100 (10.)

Quadro 3 - Estimativa da subida do nível do mar (mm) até 2100 - (a taxa anual está entre parênteses - mm/ano).

Fonte: IPCC (1990).

2 – PREVISÕES PARA O LITORAL BRASILEIRO

A plataforma continental brasileira e as planícies costeiras têm declividade muito baixa. De acordo com

Muehe (2001) a média é de 0,14°, sendo que no litoral da Região Norte ela é de 0,04° e na Região Sul 0,76°. Cálculos feitos por este autor mostram que um aumento de 1 metro no nível do mar causaria uma transgressão marinha sobre o continente (retrogradação) que varia de região para região: no Norte o avanço do mar em terrenos arenosos seria em até 890 metros e no Sudeste em até 90 metros.

Levando em consideração os 3 cenários propostos pelo IPCC e as taxas de retrogradação proposta por Muehe, tem-se as seguintes situações nas praias brasileiras (Quadro 4):

No cenário provável, mais realista, no final deste século o nível do mar deve subir 6 milímetros por ano, o que poderá proporcionar uma taxa de transgressão marinha de 0,6 metro por ano no Sudeste e 5,5 m/ano no na região Norte. Mas hoje este efeito já deveria estar ocorrendo, com uma subida entre 4 e 5 mm/ano. Se isso fosse real, a cada ano todas as nossas praias deveriam estar perdendo um faixa entre 0,3 e 4,8 metros por ano. Mas isso é real? Todas as nossas praias estão sofrendo erosão? Se este prognóstico estivesse certo, no final deste século muitas das ruas situadas próximas às praias estarão abaixo do nível do mar. Porém, este trabalho mostra que essa situação pode não ocorrer.

Estimativa	Subida do N. Mar	Transg. Mar. Sudeste	Transg. Mar. Norte
Otimista	30 cm/100 anos	30 m (0,3 m/ano)	270 m (2,7 m/ano)
Provável	60 cm/100 anos	60 m (0,6 m/ano)	550 m (5,5 m/ano)
Pessimista	94 cm/100 anos	90 m (0,9 m/ano)	800 m (8 m/ano)

Quadro 4 - Transgressão marinha nas praias brasileiras

3 - METODOLOGIA

Foram monitoradas 19 praias nos estados de Santa Catarina, de São Paulo, do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. O objetivo é provar que se o nível do mar estiver subindo todas essas praias deveriam estar sendo erodidas continuamente. As praias escolhidas têm características diferentes e ficam situadas em condições geomorfológicas distintas. As medições foram feitas entre um ponto de referência fixo (afioramento rochoso, encosta, estrada, etc) e a linha d'água, na praia, no sentido perpendicular. Em alguns casos a extensão representa a própria largura da praia, como as que se desenvolvem na base de costões e encostas. Os dados obtidos em campo foram comparados com as medições feitas nas fotografias aéreas de quatro décadas atrás, para saber se ocorreram possíveis mudanças na linha de costa durante o tempo analisado. Em termos metodológicos a exceção foi a Praia de Peruíbe (SP), onde não foi feito trabalho de campo, que foi substituído pela análise de fotografias aéreas tiradas em 1959, 1973 e 1994 e publicadas em trabalho de Araújo & Alfredini (2001). As fotografias aéreas foram ampliadas em até 400% para facilitar as medições e para diminuir a margem de erro.

As praias monitoradas são:

- Santa Catarina, Guarda do Embaú (fotos na escala de 1/25.000): praias da Guarda, da Farinha e da Pinheira.
- São Paulo, Peruíbe (1/13.000): Praia de Peruíbe.
- Rio de Janeiro, Rio (1/20.000): praias: da Barra da Tijuca, da Joatinga, de São Conrado, do Grumari, Prainha, Perigosinho e do Meio. (1/5.000): da Urca, de Dentro e de Fora.

Quadro 5 - Comparação das praias em quatro décadas.

- Espírito Santo (1/25.000), Guarapari: praias da Castanheira e do Riacho. Meaípe: praias da Enseada Azul e dos Padres. Piúma: praias Gorda e de Itaóca.

4 – RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise dos dados expostos no quadro 5 mostra que não ocorreram mudanças significativas nas praias durante o tempo analisado. Das 19 praias: nove apresentaram a mesma extensão nas duas medições em quatro décadas; seis foram reduzidas em até 5 metros e quatro apresentaram crescimento de até 35 metros. Os dados do quadro indicam a extensão referente a um determinado trecho de cada praia, onde se situam os pontos de referência utilizados para fazer as medições.

A escala de 1/25.000 das fotografias aéreas de algumas áreas estudadas não é a mais adequada para este tipo de trabalho devido à sua resolução - 1 mm na foto equivale a 25 metros no campo - Mesmo com as técnicas utilizadas de ampliação de escala ainda pode haver erros de alguns metros. Por outro lado, a reflectância da areia branca tende a exagerar as dimensões das faixas de praia nessas fotos. Porém, a comparação dos resultados da análise das fotos nas escalas de 1/5.000, 1/13.000 e 1/20.000 se aproximam dos resultados encontrados nas fotografias na escala de 1/25.000. Os dados obtidos sugerem que não ocorreram mudanças significativas nas praias estudadas.

Praia	Ponto de referência	Distância 1* (mês/ano) m	Distância 2** (mês/ano) m	Alterações anos/metros
Guarda (SC)	rocha	(?/66) ± 150	(02/00) = 150	34/0
Farinha (SC)	escarpa	(?/66) ± 37	(02/00) = 35	34/-2
Pinheira (SC)	tômbolo	(?/66) ± 175	(02/00) = 175	34/0
Peruíbe (SP)*	rio	(?/59) ± 225	(?/94) = 225	45/0
B. Tijuca (RJ)	estrada	(05/66) ± 70	(01/01) = 85	35/+15
Joatinga (RJ)	costão	(05/66) ± 20	(02/00) = 35	34/+15
São Conrado (RJ)	costão	(05/66) ± 5	(11/01) = 40	35/+35
Dentro (RJ)	muro	(08/61) ± 20	(11/01) = 20	40/0
Fora (RJ)	muro	(08/61) ± 25	(11/01) = 25	40/0
Urca (RJ)	rua	(08/61) ± 60	(11/01) = 60	40/0
Grumari (RJ)	estrada	(11/64) ± 65	(11/01) = 60	37/-5
Prainha (RJ)	blocos	(11/64) ± 35	(11/01) = 33	37/-2
Perigosinho (RJ)	escarpa	(11/64) ± 60	(11/01) = 60	36/0
Castanheira (ES)	rua	(03/70) ± 25	(10/01) = 20	31/-5
do Riacho (ES)	casa	(03/70) ± 75	(10/01) = 74	31/-1
Ens. Azul (ES)	rua	(03/70) ± 45	(10/01) = 40	31/-5
Padres (ES)	encosta	(03/70) ± 25	(10/01) = 26	31/+1
Gorda (ES)	encosta	(03/70) ± 25	(10/01) = 25	31/0
Itaóca (ES)	lage	(03/70) ± 25	(10/01) = 25	31/0

(*) Distância medida na fotografia aérea.

(**) Distância medida no campo com trena.

Quadro 5 – Comparação das praias em quatro décadas.

Algumas praias se apresentam menor hoje que há quatro décadas, porém, as diferenças negativas encontradas de até 5 metros não quer dizer que houve transgressão marinha porque deve-se levar em consideração a própria oscilação da maré, que durante a sizígia pode proporcionar recuo e avanço horizontal de até 20 metros nas praias estudadas, onde atuam as micromarés. Também deve ser levado em consideração que, nas praias oceânicas ocorrem períodos cíclicos de erosão/engordamento, quando os perfis de praia podem variar horizontalmente em várias dezenas de metros, de acordo com medições feitas por Muehe (1998), Klein & Menezes (2000) e Tozzi & Calliari (2000).

As praias protegidas que se situam dentro de baías são menos afetadas pelos períodos erosivos por causa do ambiente de baixa energia. A Praia da Urca e a Praia de Fora, situadas dentro da Baía da Guanabara, por exemplo, praticamente não sofreram alteração alguma em suas larguras em 40 anos.

Um fator que dificulta saber se o nível do mar está subindo é a própria dinâmica dos oceanos e sua complexidade. Komar & Enfield (1987) dissertam que muitos autores estão preocupados com um aumento do nível do mar entre 15 e 23 cm/século, o que ainda está em discussão, enquanto que sazonalmente o nível do mar pode flutuar em até 100 cm, devido a diversos fatores. Um problema é a irregularidade na superfície dos oceanos, eles não possuem o mesmo nível e existem verdadeiros relevos na superfície com grandes áreas elevadas e depressões, criados pelo balanço geostrofico que forma diferenças de altura no nível do mar em quase um metro. As próprias correntes de superfície, como a do Golfo, empilham água em certas áreas causando a subida

do nível do mar em certos pontos (Tolmazin, 1985). De acordo com Komar & Enfield (1987), somente a variação sazonal da temperatura faz o nível do mar oscilar verticalmente em 18 cm. Estes autores observaram que durante o El Niño de 1982/83 o nível do mar subiu cerca de 60 cm na costa do Oeste dos EUA, causando intensa erosão nas praias.

Outro fator que dificulta saber se o nível do mar está subindo globalmente é a taxa de mistura das águas nos oceanos, que é feita pelas correntes de superfície e de fundo. As correntes de superfície são rápidas (de 0,1 a 3 m/s) e deslocam grandes volumes de água, algumas tem fluxo 800 vezes maior que o deflúvio do rio Amazonas, conforme indica Ackerman (2000), mas elas se movem em círculo. A Corrente Circumpolar Antártica, por exemplo, leva oito anos para completar um ciclo em volta do continente. As correntes de fundo também transportam grandes volumes de água, mas são muito lentas por causa da densidade da água. Turekian (1968) relata que para um certo volume de água em profundidade (água fria e densa) transitar no Oceano Pacífico do paralelo 60°S para o paralelo 30°N, pode levar mais de 600 anos. Para Tolmazin (1985), o tempo de residência de águas profundas (tempo que um certo volume de água passa sem se misturar) é no Pacífico cerca de 1.030 anos e no Atlântico 460 anos.

O maior volume de entrada de água de degelo deve ser no Hemisfério Norte por causa da distribuição geográfica das geleiras que estão derretendo, com contribuições das geleiras da Groelândia, do gelo no Ártico, e das geleiras alpinas e de círculo do Alaska, do Himalaia, das Rochosas, dos Alpes e dos Cáucasus, entre outras, de acordo com Mastny (2000). Já no Hemisfério Sul, a

contribuição vem apenas dos Andes, da Patagônia e da Nova Zelândia, já que o gelo na Antártica estaria aumentando de volume, de acordo com o IPCC (1990 e 2001). Na circulação das águas do Oceano Atlântico, o maior volume de água de superfície se dirige do Hemisfério Sul para o Hemisfério Norte pelas correntes de Benguela, Equatorial Norte e do Golfo e teoricamente, um volume igual retornaria em forma de correntes de fundo, mais fria, densa e com menor velocidade, de acordo com os mapas de correntes oceânicas (Tolmazin, 1985; Ackerman, 2000).

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esses dados ajudam a formular a hipótese de que um aumento do nível do mar no Hemisfério Norte por causa do degelo poderia levar várias décadas ou séculos para se propagar até a costa brasileira.

Hoje, com a tecnologia e um número maior de pesquisadores, temos um melhor conhecimento da dinâmica dos oceanos, mas ainda não é suficiente para esclarecer certos problemas. Em outras palavras, torna-se difícil extrapolar para o Hemisfério Sul diagnósticos e prognósticos feitos para o Norte.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMAN, J. (2000). New eyes on the oceans. *Nat. Geographic*, October: 86-115.
- ARAÚJO, R.N. & ALFREDINI F. (2001). O cálculo do transporte de sedimento litorâneo: estudos de caso das praias de Suarão e Cibratel (SP). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, V 6 (2): 15-28.
- AUBREY, D.G., and EMERY, K.O. (1983). Eigenanalysis of recent United States sea levels. *Continental Shelf Research*, v. 2, p. 21-33.
- FAIRBRIDGE, R.W. (1962). World sea-levels and climatic changes. *Quaternaria*, 6:111-134.
- FLINT, R.F. (1971). *Glacial and Quaternary Geology*. New York. Wiley.
- GORNITZ, V.; LEBEDEFF, S. and HANSEN, J. (1982). Global sea level trend in the past century. *Science*, v. 215, p. 1611-1614.
- GORNITZ, V. and LEBEDEFF, S. (1987). Global sea-level changes during the past century. In D. Nummedal et al (Eds.), *Sea-level Fluctuation and Coastal Evolution*. Oklahoma, USA, Soc. Econ. Paleont. and Mineral., p. 3-16.
- IPCC (Intergovernmental Pannel of Climate Changes). (1990). Policymakers summary of the scientific assessment of climate change. Report to IPCC from working group 1, second draft, ASCE.
- IPCC (Intergovernmental Pannel of Climate Changes). (2001). Summary for Policymakers: A Report of Working Gropu I - Shangai.
- KLEIN, A.H.F & MENEZES, J.T. (2000). Beach morphodynamics and profile sequences for a headland bay coast. *Anais do Simpósio Brasileiro de Praias Arenosas, Santa Catarina*, p. 97-98.
- KOMAR, P.D. and ENFIELD. D.B. (1987). Short-term Sea-level Changes and Coastal Erosion. In D. Nummedal et al (Eds.), *Sea-level Fluctuation and Coastal Evolution*. Oklahoma, USA, Soc. Econ. Paleont. and Mineral., p. 17-28.
- KUKAI, Z. (1990). The rate of geological processes. *Earth Science Reviews*, V. 28
- MASTNY, L. (2000). Melting of Earth's Ice Cover Reaches New High. <http://www.worldwatch.org>.
- MILLIMAN, J.D and EMERY, K. O. (1968). Sea levels during the past 35.000 years. *Science*, 162:1121-23.
- MUEHE, D. (1998). Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. *Revista Brasileira de Oceanografia*. 6 (2):157-169.
- MUEHE, D. (2001). Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v 2, (1).
- TOLMAZIN, D. (1985). *Elements of Dynamic Oceanography*. USA, Allen & Unwin, 181 p.
- TOZZI, H.A.M. & CALLIARI, L.J. (2000). Monitoring storm's impact on Rio Grande do Sul coastline - southern Brazil. *Anais do Simpósio Brasileiro de Praias Arenosas, Santa Catarina*, p. 186-187.
- TUREKIAN, K.K. (1968). *Oceans*. New Jersey. Prentice-Hall. 151 p.