

## VARIAÇÕES DO NÍVEL MARINHO: ALTERAÇÕES EUSTÁTICAS NO QUATERNÁRIO\*

Percy Corrêa Vieira \*\*

### RESUMO

As variações do nível médio dos oceanos são resultantes de fenômenos gerais (alteração eustática) e locais (alteração não eustática). Durante o Período Quaternário houve várias subidas e descidas eustáticas do nível oceânico ligadas a fases interglaciais e glaciais.

Por volta dos dezoito mil anos atrás o mar esteve em fase de descida máxima, com seu nível médio na isóbata atual aproximada de cento e dez metros; nesse tempo iniciou-se uma fase transgressiva (Transgressão Flandriana), a qual teve seu máximo por volta do seis mil anos atrás. Daí para cá o nível médio do mar tem sofrido pequenas variações eustáticas, com tendência geral para abaixamento. Os dados obtidos para o Brasil confirmam as variações eustáticas constatadas nas outras partes do mundo.

### ABSTRACT

The average ocean level raising and lowering is due to eustatic changes or local crustal disturbance.

Pronounced eustatic changes in the sea level can notice Pleistocene glacial episodes, when the water was withdrawn from the oceans and trapped in continental ice sheets.

Eighteen thousands years ago the ocean level was lowered to a maximum being its isobath on 100m down the present sea level.

Afterwards, the fluctuating average ocean level, was elevated by the Flandrian transgressive episode, ending about six thousand years backward.

Forwarding up to this date we have had little and repeated advances and retreats on the average ocean level, which trends to a general lowering.

The Brazilian data also confirm the eustatic changes reported all over the world.

### INTRODUÇÃO

Como princípio de abordagem do assunto faz-se necessário ressaltar que qualquer discussão a respeito é referível ao nível médio do mar, quer devido à variação diária ou periódica motivada pelas marés, quer devido a variações motivadas por fatores outros.

É sabido não apenas pelas pessoas interessadas em geociências, como até pelos leigos, que o nível do mar não

é inalterável e os antigos homens dos sambaquis do litoral paulista teriam sido testemunhas oculares dessas variações (SUGUIO, inf. verbal), bem como as escrituras das mais antigas civilizações do planeta teriam registrado as mesmas (FAIRBRIDGE, 1960).

À medida em que regredimos no tempo geológico, o estudo a respeito fica mais difícil, mesmo por que além dos fenômenos epirogenéticos de gran-

\* Recebido para publicação em setembro de 1980.

\*\* Geólogo — Pesquisador Científico — Seção de Paleontologia — Instituto Geológico.

de porte, erosões ou soterramento de testemunhos de páleo níveis marinhos, etc., ocorrem outros processos mais complicantes, tais como migração de continentes e acréscimos continentais por orogenia.

Convém também lembrar que ainda se discute a origem e evolução dos mares e é digno de menção o fato de não terem sido observados sedimentos marinhos anteriores ao Jurássico formados certamente em ambiente abissal. Quase todos os sedimentos marinhos do passado foram depositados em mares rasos. Duas explicações são plausíveis: 1a. — Os mares antigos foram essencialmente rasos, formando-se mares fundos somente em tempos geológicos modernos; 2a — os grandes e profundos oceanos sempre existiram (teoria da permanência dos oceanos) na sua posição atual e todos os seus sedimentos, desde os mais antigos até os atuais encontram-se no seu substrato. Alguns autores imaginaram um aumento gradativo da quantidade de água, aumento este bastante intensivo no Mesozóico, enquanto que outros supõem um volume mais ou menos constante desde os primórdios da existência da Terra. O aumento do volume da água seria consequência das atividades vulcânicas diretas ou indiretas, graças às quais a água juvenil seria incorporada aos oceanos.

As variações do nível relativo dos oceanos são resultantes de dois tipos de fenômenos, *os gerais*, que provocam alteração eustática, sendo derivados de profundas mudanças climáticas, etc. e *os locais*, que não alteram a posição eustática, mas modificam as relações de altitude entre porções continentais e oceano, os quais são derivados de movimentos isostáticos, tectônicos, deformações do géóide, etc.

Os fenômenos gerais, objeto maior deste trabalho, serão discutidos posteriormente. Resta dizer que quando os fenômenos gerais estão ativos, as variações do nível do mar relativas a

causas locais ficam mascaradas, tendendo a produzir pálidos efeitos. Cesada a variação eustática, as variações locais começam a deixar seus registros. Por essa razão devem ser tomadas com cuidado as correlações feitas em regiões distantes, com base em variações não eustáticas.

O presente estudo limita-se ao Período Quaternário, evidentemente por ser o que melhores evidências apresenta com relação à instabilidade do nível oceânico e principalmente em virtude de que nestes últimos dois milhões de anos não houve migração continental de grande porte, que pudesse influir nos dados obtidos e nem mesmo fase maior de orogenia.

## OBJETIVOS E METODOLOGIA

Ao estudarmos o assunto motivo deste trabalho, notamos existir grande quantidade de dados coletados, entretanto sem um tratamento sistemático. Como fruto disso, muitas conclusões tinham sido obtidas, a maioria delas concordante, porém sem comporem um corpo único.

Assim sendo, comparando os resultados conseguidos por vários autores, sistematizando-os e chegando a conclusões próprias, elaboramos este artigo, cujo intuito é o de simplificar o tratamento do assunto em tela.

## TIPOS DE EVIDÊNCIAS DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL MARINHO

Para melhor compreensão, esboçamos abaixo o esquema de evidências, deixando claro que na realidade a variação do nível marinho é geralmente produto da interação delas, bem como essas evidências atuam em áreas ora menores, ora maiores, e também em tempos curtos ou mais longos.

1 — *Geológicas*. Existência de antigas linhas de costa submersas, caracterizadas pela presença de alinha-

mento de sedimentos marinhos grossieiros formados em praias pretéritas.

2 — *Geomorfológicas*. Existência na parte emersa continental, de lagunas isoladas, níveis de erosão marinha, etc. e na parte submersa, de páleo lagunas, antigos níveis de erosão marinha e vales fluviais submersos.

3 — *Orgânicas ou biológicas*. Em Funafuti (Austrália), (LEINZ et al, 1962), uma sondagem alcançou trezentos metros perfurando sempre um recife de coral, entretanto sabe-se que os recifes não se formam em profundidade muito superior a cerca de cinquenta metros (zona fótica). Duas hipóteses são plausíveis: ou houve abatimento do fundo do mar (segundo Darwin) ou subida do nível do mar (segundo Daly).

4 — *Humanas*. Os sambaquis têm-se constituído em excelentes auxiliares na constatação de antigos níveis marinhos quaternários (SUGUIO et alli, 1977 e SUGUIO et al 1978).

5 — *Radioativas*. Têm sido utilizadas datações absolutas pelo método do radiocarbono, efetuadas sobre amostras de episódios transgressivos, tomando-se como material de estudo, conchas e madeira carbonizada coletadas de depósitos marinhos ou lagunares sobre os continentes.

#### CAUSAS DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL MARINHO

As mudanças eustáticas do nível do mar são flutuações sincrônicas em escala mundial. São provocadas por alterações na morfologia e volume das bacias oceânicas ou pela alteração na quantidade de água por elas ocupadas.

Segundo RONA (apud COOPER, 1977) elas podem ser causadas por:

- 1 — glaciação,
- 2 — mudanças volumétricas nos sistemas de cadeias meso-oceânicas,

3 — eventos orogenéticos nos continentes,

4 — disparidade entre a perda crustal por subducção e acreção continental.

SLOSS e SPEED (apud COOPER, 1977), afirmam que a emergência cratônica (ou regressão marinha) é causada pela retenção de material astenosférico sob a litosfera continental, enquanto que submergência cratônica e transgressão marinha estão relacionadas à expulsão de lava subcontinental dentro do sistema extrudido nas cadeias meso-oceânicas e aceleração da razão de dilatação do assoalho oceânico.

Expansão das cadeias meso-oceânicas causa diminuição do volume das bacias oceânicas e subsequente expansão de mares epicontinentais, enquanto que subsidências dessas cadeias causam pequenos aumentos no volume dessas bacias e conseqüentemente regressões marinhas e emergências cratônicas.

A eustasia é auxiliar no estudo da paleogeografia e cronoestratigrafia, desde que os episódios de transgressões apresentem dimensões mundiais virtualmente sincrônicas no seu início.

As principais causas das variações do nível marinho (quer eustático, quer local), são:

*Climáticas*. A história geológica da Terra tem apresentado alternância de ciclos quentes com frios; normalmente os primeiros têm sido longos, em contraposição com os segundos que têm sido curtos e em alguns casos destes têm aparecido calotas de gelo e geleiras. Ciclos deste tipo ocorreram no Precambriano, Ordo-Siluriano, Permo-Carbonífero e Pleistoceno.

O ambiente glacial caracteriza-se, entre outras coisas pela presença sempre constante de baixas temperaturas (cerca de 0°C) e quase ausente vida vegetal e conseqüentemente não abundante vida animal.

Várias teorias têm sido aventadas para explicar a existência desse ambiente, nenhuma delas totalmente satisfatória: Teorias geofísicas (deriva continental, erraticidade polar); teorias de alterações de grandes corpos de água (mudanças oceânicas, mudanças na altitude de grandes massas de terreno); teorias de mudanças atmosféricas (variação no conteúdo de dióxido de carbono, variação no conteúdo de poeira vulcânica suspensa na atmosfera,

outras mudanças atmosféricas); teorias meteorológicas; teorias glaciológicas; teorias de mudanças na emissão solar.

Os ciclos frios são caracterizados por oscilações de temperatura, as quais determinam os avanços e recuos do gelo.

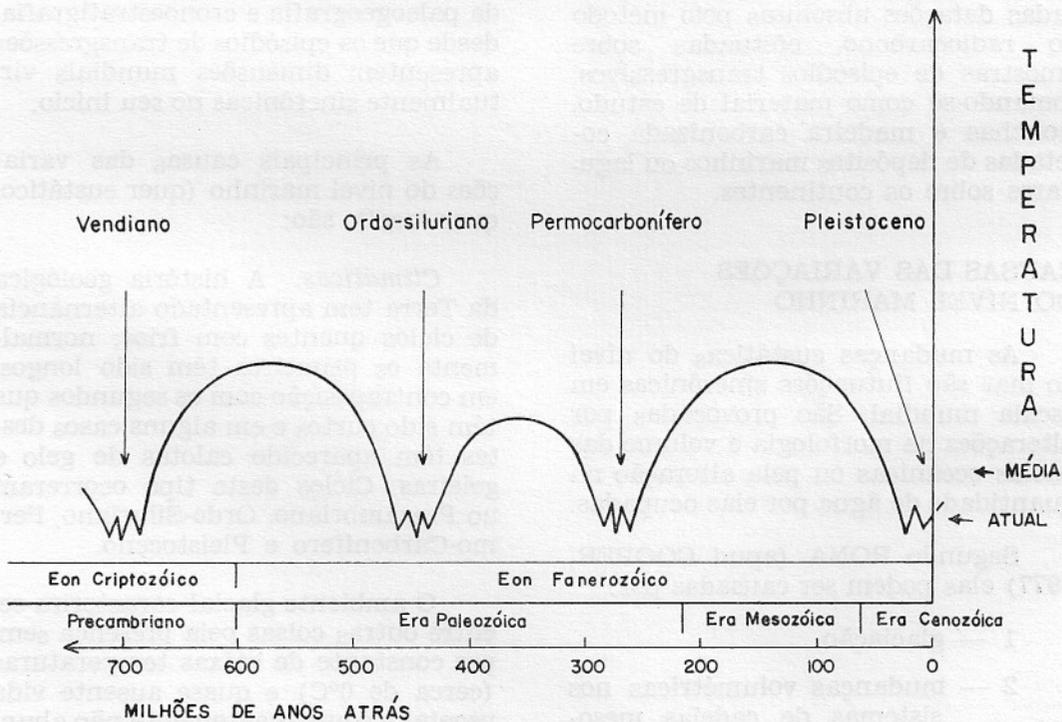
Segundo COOPER (1977), as principais glaciações foram:

Período	Milhões de anos B.P.*
Quaternário .....	2 (até hoje)
Permo-Carbonífero .....	280
Ordo-Siluriano .....	445
Vendiano (Pré ε) .....	700

\* B.P. = Before present

Os conceitos e dados ora expostos, bem como outros ainda a serem mostrados, lançados em gráfico cartesiano, dão o seguinte aspecto (A forma do gráfico é hipotética):

Nota-se que: 1.º — Estamos atualmente num desses ciclos de baixa temperatura; 2.º — A temperatura média do planeta é muito superior à atual; 3.º — a Era Mesozóica pertenceu toda



CICLOS DE TEMPERATURA DA TERRA

a um ciclo quente; 4.º — parece que estamos entrando num interglacial, caracterizado por aumento global da temperatura (linhas quebradas).

*Geóidicas.* Deformações da superfície do geóide constatadas por medições geofísicas, mostraram variação da superfície real dos oceanos observada por medidas geodésicas da superfície equipotencial do campo de gravidade através de satélite. A carta do geóide (Smithsonian Standard Earth III, Guposhkin, 1973) indica variações da ordem de cento e oitenta metros em uma distância de dois mil quilômetros. Com certeza, variações de massa do interior da Terra têm com o tempo ocasionado mudanças na superfície do geóide. Podem ser verificadas variações horizontais e verticais. Movimentos desse tipo podem ter sido produzidos durante o Holoceno e provocado efeitos transgressivos ou regressivos por deslocamento relativo do nível do mar.

*Astronômicas.* Sabe-se que sob a influência da atuação da Lua e secundariamente do Sol, a superfície dos oceanos sofre uma oscilação rítmica, ora se levantando, ora se abaixando, duas vezes por dia. Quando as forças de atuação do Sol e da Lua agem no mesmo sentido, formam-se grandes marés de conjunção e quando acham-se em oposição, as marés são menores. Embora pareça que esse fenômeno não tenha influência na variação eustática do nível dos mares no tempo geológico, o assunto pode ainda ser considerado em aberto para pesquisas.

*Tectônicas.* Com relação à expansão do fundo oceânico, a elevação de cadeias meso-oceânicas é um fenômeno geologicamente rápido. As elevações e afundamentos dessas cadeias influem nas variações eustáticas do nível do mar. O ciclismo entre transgressões e regressões do Cretáceo sugere que após o levantamento das cadeias submarinas (transgressão), ocorre um período de pequenos afundamentos das mesmas (regressão).

A frequência de transgressões eustáticas durante o Cretáceo médio (Barremiano e Coniaciano) sugere que aquele foi o principal período de expansão do assoalho oceânico, provocando um ritmismo de transgressões e regressões (COOPER, 1977).

Com relação à orogenia e tectonismo de placas diremos que parece que o acréscimo continental por atividade geossinclinal poderia determinar regressões, enquanto que a formação de montanhas por choque de placas estaria ligada a transgressões.

Relativamente a vulcanismo e plutonismo, este sendo fenômeno lento, pequena influência teria na variação eustática do nível do mar. O vulcanismo apresenta alguma ligação com episódios regressivos em virtude de que nos intervalos de expansão oceânica, as cadeias meso-oceânicas sofrem fraturamentos e afundamentos (fase regressiva) e como consequência dessa compressão no manto, ocorrem extrusões continentais que funcionam como válvulas de escape.

*Estruturais.* Logicamente o movimento de blocos continentais em regiões de costa, especialmente com rejeito vertical pode alterar a posição relativa do nível oceânico e como exemplo podemos citar a bacia sedimentar de Santos, limitada do lado continental pela falha de Santos.

*Outras.* a) Admitindo-se que a crosta da Terra comporta-se como uma película envolvendo um interior mais plástico, evidentemente o degelo de grandes lençóis de regiões glaciais provocaria um alívio de peso sobre os continentes até então gelados, com conseqüente levantamento dos mesmos e abaixamento de outras partes, o que se refletiria no comportamento do nível oceânico. b) A quantidade total de água dos oceanos, para alguns autores, tem variado em decorrência da evolução dos mesmos, o que certamente acarretaria variações de nível.

## EFEITOS DAS VARIAÇÕES DO NÍVEL MARINHO

*Na erosão e sedimentação:* as variações do nível do mar causam modificações nos processos de erosão e sedimentação. Com a transgressão marinha reduz-se a degradação erosiva continental, pois o nível de base está mais alto; com a regressão marinha dá-se o inverso. Como consequência, as transgressões e regressões podem formar e expor depósitos de valor econômico, como é o caso de evaporitos, fosfatos, etc. SUGUIO (inf. verbal) afirma que devido à Transgressão Flandriana houve afogamento de vales antigos e rios e por isso, hoje explora-se cassiterita na Tailândia e diamante na União Sul Africana, ambos como "placer", no fundo do mar.

Um importante fator que controla a sedimentação batial é o CCD (carbonate compensation depth), que é a profundidade limite em que o carbonato não é dissolvido (4 a 5 mil metros). A aragonita dissolve-se a uma profundidade menor que a calcita.

*No clima:* regressões em larga escala acentuam os "climas continentais"; a temperatura aumenta até um máximo e o clima torna-se bastante quente. Em contraste, durante as transgressões o clima é "marítimo", com temperaturas reduzidas, amenas e mais equilibradas. Durante as maiores regressões, a extensão dos mares fica reduzida e conseqüentemente a diminuição na evaporação provoca decréscimo de precipitações. Episódios transgressivos, por outro lado, favorecem o aumento de evaporação, resultando em maiores precipitações.

*Nos organismos:* a proliferação de fitoplânctons nos mares epicontinentais, caracterizando eventos transgressivos, resulta no aumento de fotossíntese, causando aumento de oxigênio na atmosfera e diminuição de gás carbônico. A pressão de vapor de CO<sub>2</sub> na atmosfera, em equilíbrio com a água, forma o ácido carbônico, causando pequena acidez nas águas dos mares durante períodos regressivos, as quais fi-

cam alcalinas nos períodos transgressivos. O relativo aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera nas fases regressivas, mais o efeito das emanções vulcânicas e oxidação de rochas frescas sugere que a atmosfera pode ficar poluída ao tempo de grandes regressões.

A proliferação de fitoplânctons nas transgressões pode elevar o nível de nutrientes, provocando a explosão em cadeia das espécies e conseqüente diversificação e evolução. Por outro lado, nas regressões o efeito contrário provoca a extinção de biotas marinhos.

Nos continentes, episódios regressivos são caracterizados por aumento de aridez, provocando significativas modificações no padrão da vegetação e também nas fontes de alimentos dos animais. A exposição de regiões menos altas nesses períodos permite migração de fauna com aumento interespecífico de competição. Isso aliado à poluição atmosférica causa aumento de extinções.

Superada essa fase, o clima torna-se estável, as chuvas aumentam, a vegetação torna-se exuberante, a poluição diminui, resultando no aumento das espécies e diversificação da fauna (são os episódios transgressivos).

## VARIAÇÕES DO NÍVEL MARINHO QUATERNÁRIO

O estudo das variações eustáticas do nível marinho quaternário é feito em base eminentemente climática, já que:

1.º — O Período Quaternário é muito curto, de tal modo que seu tempo de duração não foi suficiente para a ocorrência de fenômenos de grande porte em termos de migração continental, acréscimo continental por orogenia, mudanças volumétricas no sistema de cadeias meso-oceânicas, perda crustal por subducção ou qualquer outro fenômeno tectônico com potencial suficiente para causar alteração do nível dos oceanos em âmbito mundial.

2.º — A deterioração climática do Cenozóico culminou no Pleistoceno, quando as temperaturas nos polos foram caindo o suficiente para ocasionar o acúmulo e espalhamento de imensos corpos de gelo. A grande variação climática causou uma série de avanços e retrações de gelo. O processo de evolução do homem está intimamente ligado às mudanças climáticas quaternárias.

*Variações.* O registro glácio-geológico do Quaternário mostra que os

lençóis de gelo avançaram e retraíram-se quatro vezes. As glaciações correspondentes, no hemisfério norte, têm sido nomeadas pelas regiões geográficas em que primeiramente foram estudadas. Existe uma nomenclatura norte-americana e outra européia. As correlações entre América do Norte e Europa, bem como os tempos de avanço e recuo máximos variam entre os autores. Abaixo damos algumas referências, lembrando que outras existem:

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY (ODA, G.H. inf. escrita)

<i>Glaciações</i>		<i>Anos B.P.</i>
		<i>(x 1000)</i>
<i>Europa</i>	<i>Estados Unidos</i>	
Würn .....	.....	cerca de 20
Riss .....	Wisconsin .....	cerca de 60
Mindel .....	Illinoian .....	cerca de 300
Günz .....	Kansan .....	cerca de 700
Danube .....	Nebraskan .....	cerca de 1000

FAIRBRIDGE (1960)

<i>Glaciações na América do Norte</i>	<i>Anos B. P. (x 1000)</i>
Wisconsin .....	cerca de 60 a 25
Illinoian .....	cerca de 115
Kansan .....	cerca de 240
Nebraskan .....	cerca de 320

Autores vários

<i>América do Norte</i>		<i>Região Alpina</i>	
<i>Glaciações</i>	<i>Interglaciais</i>	<i>Glaciações</i>	<i>Interglaciais</i>
Wisconsin .....	.....	Würn .....	.....
.....	Sangamon	.....	Riss — Würn
Illinoian .....	.....	Riss .....	.....
.....	Yarmouth	.....	Mindel — Riss
Kansan .....	.....	Mindel .....	.....
.....	Aftonian	.....	Günz — Mindel
Nebraskan .....	.....	Günz .....	.....
.....	Pré Nebraskan	.....	Pré Günz

Evidentemente existe uma relação (não diretamente) inversa entre a quantidade de água solidificada sobre os continentes e a quantidade de água nos oceanos. Parece não haver, pelo menos nos últimos cinquenta anos, grande desequilíbrio entre o volume de água das geleiras e dos mares. Como estariam as geleiras sobrevivendo numa época de elevação universal de temperatura? As grandes regiões glaciadas, que são a Groenlândia e a Antártida constituem-se de depressões com bordos rochosos que se elevam a pouco mais de três mil metros; essas margens formam barreiras para o gelo, permitindo a acumulação de lençóis com pouco menos de três mil metros de espessura. As perdas por escorregamento através de espaços entre as elevações são pequenas e apenas a capa de gelo dos mares parece apresentar degelo. Já as áreas cobertas pelo gelo na Escandinávia e América do Norte não são cercadas por bordos elevados, o que faz com que finas camadas de gelo espraem-se para a zona subártica. Quando teve início o aquecimento do globo, as finas bordas começaram rapidamente a degelar, com o que essas regiões glaciais passaram a sofrer retração.

Estariamos atualmente num interglacial? Se isso for verdade, note-se que computados os dados de aquecimento até hoje (sem extrapolarmos para o futuro), nos três interglaciais anteriores o clima parece ter esquentado mais que no presente interglacial.

O fundo oceânico tem sido um registrador dessas variações de temperatura; por exemplo, enterrados no lodo oceânico jazem esqueletos de foraminíferos que não se habituaram ao aquecimento da superfície. Esses dados foram inicialmente usados como termômetros para determinar a temperatura da superfície oceânica, por UREY (apud FAIRBRIDGE, 1960). Observou esse autor que quando a água se evapora, moléculas contendo  $O^{16}$  vaporizam a menor razão que as que contêm  $O^{17}$  e  $O^{18}$ . Assim, desde que a

razão de evaporação cresce com a temperatura, a relação dos isótopos incorporados aos carbonatos dos esqueletos do foraminíferos funcionaria como um índice de temperatura ao tempo em que eles viveram. Com base nisso, EMILIANI (apud FAIRBRIDGE, 1960) obteve as temperaturas do mar até trezentos e cinquenta mil anos atrás; essa curva concorda com o registro geológico de avanço e retração de glaciações.

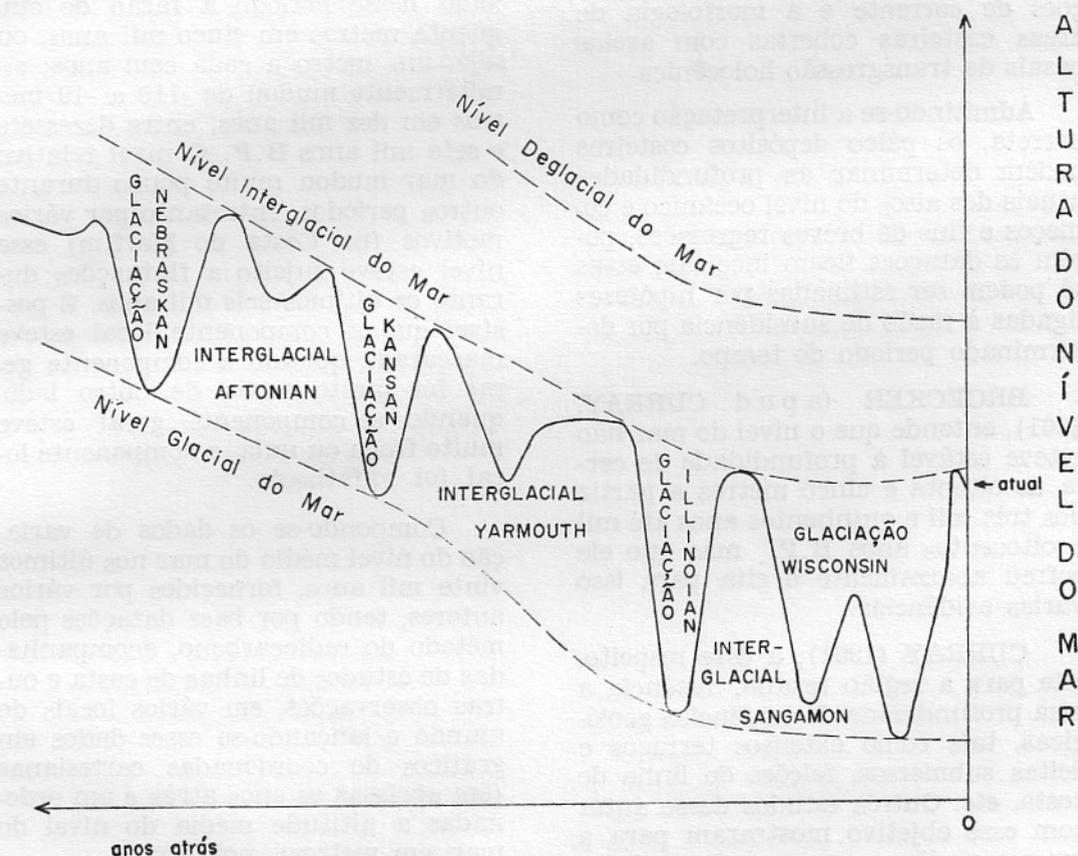
As subidas e descidas cíclicas de EMILIANI também correspondem aos ciclos de radiação solar que foram grafados pelo astrofísico MILANKOVITCH (apud FAIRBRIDGE, 1960). Sua curva soma três ciclos na orientação da Terra com relação ao Sol: um aos vinte e seis mil anos, outro aos quarenta mil anos e um terceiro aos noventa e dois mil anos. Os períodos curtos representam a precessão dos equinócios, causada por uma lenta e pequena deriva do eixo da Terra em relação ao Sol. O autor mostra vários aspectos de natureza astronômico-climática de suas deduções e isso demonstra que a radiação solar parece ter influenciado na existência de períodos glaciais.

Contudo, permanecem ainda inexplicados vários aspectos: A curva da variação de temperatura dos oceanos no Quaternário nunca se afasta mais de quatro graus centígrados da média, o que significaria que após cada glaciação, a superfície oceânica tenderia a adquirir uma altura constante, entretanto não é o que se verifica. Fato curioso é que cada interglacial mais novo deixa praias mais altas que as anteriores. Os mais altos terraços, que registram os mais antigos níveis oceânicos do Quaternário, ocupam posições a cento e dez metros sobre o presente nível.

Esse aparente abaixamento do nível oceânico poderia ser explicado por um afundamento do assoalho dos mares, entretanto as medidas de afundamento, de 0,02 a 0,2 milímetros por ano obtidas, não poderiam justificar

o abaixamento de cento e dez metros no nível do mar em seiscentos mil anos. Mesmo processos tectônicos poderiam responsabilizar-se por um abaixamento de no máximo cerca de trinta e cinco metros. Se todo o gelo da Antártida e Groenlândia derretesse e se somasse aos oceanos, o nível destes subiria cento e dez metros aproximadamente, chegando ao mesmo nível de princípios do Quaternário, entretanto por isostasia haveria uma lenta redistribuição da água na superfície terrestre, o que reduziria esse hipotético nível oceânico, já que o movimento isostático é incomparavelmente mais lento que o aumento dos oceanos causado por derretimento do gelo.

A história da idade quaternária do gelo deixa uma dominante conclusão: O nível oceânico é uma superfície variável, sensível indicador das últimas pequenas mudanças climáticas. Desde que o geóide corresponde ao nível oceânico, conclui-se que o geóide pode variar com o ciclo climático do mundo. Ele apresenta três aspectos: 1.º — assume sua dimensão mínima em breves estágios glaciais quando vastos lençóis de gelo cobrem grandes porções da Terra; 2.º — atinge sua máxima dimensão ao longo de períodos em que a Terra está relativamente livre de gelo; 3.º — nos períodos interglaciais, como no presente, quando uma grande porção de água da Terra



VARIAÇÕES QUATERNÁRIAS DO NÍVEL DO MAR  
LIGADAS AO REGISTRO GLÁCIO — GEOLÓGICO  
FAIRBRIDGE, 1960

está jazendo sobre a Groenlândia e Antártida sob a forma de capas de gelo, o nível oceânico e, por consenquência, o geóide, oscila entre esses extremos.

O esquema da folha precedente flustra o que foi dito.

*Evidências.* CURRAY (1961) faz uma comparação entre perfis dos níveis dos lagos Lahontan e Bonneville e a posição do nível do mar; a coincidência dos extremos é notável. O nível dos oceanos subiu durante os períodos quentes e abaixou durante os períodos frios, isto em contraposição os níveis dos lagos, provavelmente fato esse ligado às glaciações.

Para a construção da curva relativa a variações do nível oceânico, o autor utilizou datações pelo método do radiocarbono, distribuição de sedimentos característicos refletindo direções de corrente e a morfologia de áreas costeiras cobertas com areias basais da transgressão holocênica.

Admitindo-se a interpretação como correta, os páleo depósitos costeiros podem determinar as profundidades atuais dos altos do nível oceânico e começos e fins de breves regressões, porém as datações ficam incertas; estas só podem ser estimadas por hipóteses ligadas à razão de subsidência por determinado período de tempo.

BROECKER (apud CURRAY, 1961), entende que o nível do mar não esteve estável à profundidade de cerca de oitenta e cinco metros a partir dos três mil e quinhentos anos até mil e oitocentos anos B.P., mas que ele sofreu abaixamento e cita para isso várias evidências.

CURRAY (1961), a esse respeito, cita para a região texana, ausência a essa profundidade de evidências geológicas, tais como extensos terraços e deltas submersos, feições de linha de costa, etc. Outros estudos desse autor com esse objetivo mostraram para a mesma região a presença de períodos erosivos próximos a essa profundidade, na região costeira, o que denota instabilidade do mar.

Afirma CURRAY na mesma publicação que estudos da costa continental oeste do México corroboram prévias sugestões de que o nível oceânico esteve a cerca de -110 metros entre dezoito e vinte mil anos B.P. e que datações por radiocarbono na região de Freeport, Texas sugerem uma estabilidade de nível oceânico a cerca de trinta mil anos atrás.

FAIRBRIDGE (1960) afirma que nos últimos cinquenta anos as medições de marés têm mostrado um lento levantamento dos oceanos, subindo cerca de 1,2 milímetros por ano, ou seja, 12 centímetros por século.

Na Costa do Marfim, na África (MARTIN 1973 apud SUGUIO et alii, 1977), o nível relativo do mar mudou de -60 a -110 metros entre vinte e três e dezoito mil anos B.P., tendo abaixado nesse período à razão de cinquenta metros em cinco mil anos, ou seja, um metro a cada cem anos; similarmente mudou de -110 a -10 metros em dez mil anos, entre dezessete e sete mil anos B.P. O nível relativo do mar mudou muito pouco durante outros períodos, entretanto por vários motivos (na Costa do Marfim) esse nível esteve sujeito a flutuações durante os últimos seis mil anos. É possível que a componente local esteve mascarada quando a componente geral foi muito forte; de outro lado, quando a componente geral esteve muito fraca ou nula, a componente local foi enfatizada.

Compondo-se os dados de variação do nível médio do mar nos últimos vinte mil anos, fornecidos por vários autores, tendo por base datações pelo método do radiocarbono, acompanhadas de estudos de linhas de costa e outras observações, em vários locais do mundo e lançando-se esses dados em gráficos de coordenadas cartesianas (em abcissas os anos atrás e em ordenadas a altitude média do nível do mar, em metros), nota-se:

- 1.º — Um aspecto descendente de cerca de vinte a dezoito mil anos atrás.

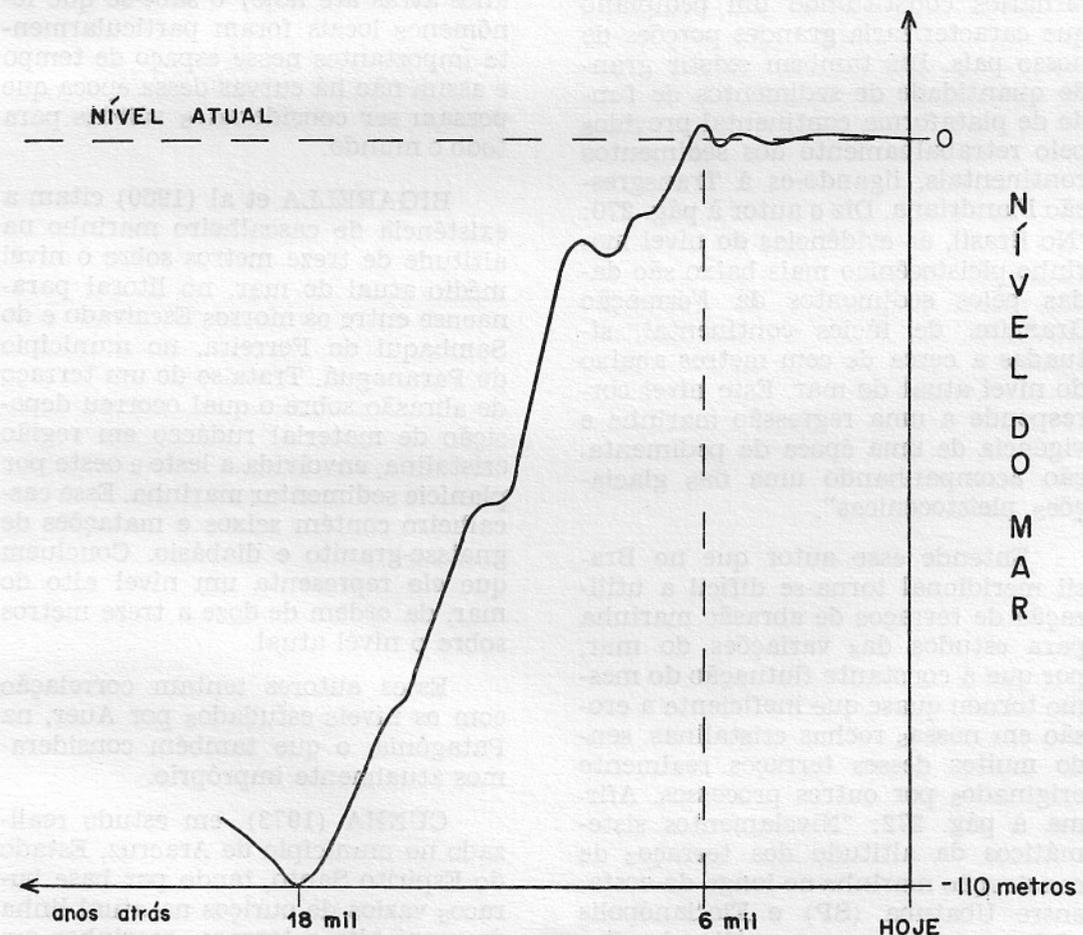
- 2.º — Um direcionamento fortemente ascendente entre cerca de dezoito e seis mil anos atrás.
- 3.º — Um direcionamento suavemente descendente de cerca de seis mil anos atrás até hoje.
- 4.º — A altitude média do nível do mar a cerca de dezoito mil anos atrás estava por volta de -110 metros (isóbata atual de 110 metros).

O ponto inferior da curva reflete uma época de máximo avanço glacial

(Glaciação Wisconsin). A partir daí as geleiras da América do Norte e Escandinávia começaram a derreter-se, fazendo com o que o nível médio dos mares passasse a subir. Entretanto a subida não foi constante, marcando curtos tempos de oscilações.

Após o máximo de subida, que está a cerca de seis mil anos atrás, os pontos mais altos e mais baixos defasam-se não mais que poucas unidades de metros, em relação ao atual nível oceânico. A amplitude das oscilações diminui muito após esse máximo.

O suave declínio do nível médio de seis mil anos atrás até hoje pode refle-



VARIAÇÕES EUSTÁTICAS DO NÍVEL DO MAR  
NOS ÚLTIMOS VINTE MIL ANOS  
(MODIFICADO DE FAIRBRIDGE, 1960)

tir um afundamento do fundo oceânico no prolongado reajustamento isostático à mudança do fardo de gelo dos continentes.

Segundo FAIRBRIDGE (1960), parece que o nível oceânico estaria rapidamente subindo nos últimos quinhentos e cinquenta anos.

#### VARIAÇÕES DO NÍVEL MARINHO QUATERNÁRIO NO BRASIL

BIGARELLA (1965) afirma existirem no litoral brasileiro, com observações desde o Uruguai até nosso nordeste, depósitos pedimentares que adentram a plataforma continental, logicamente formados durante fase regressiva do mar, depósitos esses quaternários constituindo um pediplano que caracterizaria grandes porções de nosso país. Diz também existir grande quantidade de sedimentos de fundo de plataforma continental providos pelo retrabalhamento dos sedimentos continentais, ligando-os à Transgressão Flandriana. Diz o autor à pág. 270: "No Brasil, as evidências do nível marinho pleistocênico mais baixo são dadas pelos sedimentos da Formação Graxaim, de fácies continental, situadas a cerca de cem metros abaixo do nível atual do mar. Este nível corresponde a uma regressão marinha e vigência de uma época de pedimentação acompanhando uma das glaciações pleistocênicas".

Entende esse autor que no Brasil meridional torna-se difícil a utilização de terraços de abrasão marinha para estudos das variações do mar, por que a constante flutuação do mesmo tornou quase que ineficiente a erosão em nossas rochas cristalinas, sendo muitos desses terraços realmente originados por outros processos. Afirma à pág. 272: "Nivelamentos sistemáticos da altitude dos terraços de construção marinha ao longo da costa, entre Ubatuba (SP) e Florianópolis (SC) permitiram uma análise da flutuação do nível marinho, bem como possibilitaram estabelecer uma tentativa de correspondência entre os even-

tos brasileiros e aqueles assinalados nas curvas de Fairbridge. Nesta porção da costa brasileira, vários níveis de terraços de construção marinha são encontrados (9-11m, 5-7m e 3-4m), correspondendo respectivamente a níveis de mar de 7-8m, 3m e 1-1,5m acima do atual. Para o nordeste do Brasil, ANDRADE (1955) refere níveis de 1 a 2 e 4 metros acima do atual".

O mesmo autor, utilizando dados de datações pelo método do radiocarbono em sambaquis, compara os resultados com a curva de Fairbridge, admitindo-a válida para todo o mundo. Atualmente esse tipo de comparação não tem mais validade, pois invoca dados de pequena amplitude (seis mil anos atrás até hoje) e sabe-se que fenômenos locais foram particularmente importantes nesse espaço de tempo e assim não há curvas dessa época que possam ser consideradas válidas para todo o mundo.

BIGARELLA et al (1960) citam a existência de cascalheiro marinho na altitude de treze metros sobre o nível médio atual do mar, no litoral paraense entre os morros Escalvado e do Sambaqui do Ferreira, no município de Paranaguá. Trata-se de um terraço de abrasão sobre o qual ocorreu deposição de material rudáceo em região cristalina, envolvida a leste e oeste por planície sedimentar marinha. Esse cascalheiro contém seixos e matações de gnaisse-granito e diabásio. Concluem que ele representa um nível alto do mar, da ordem de doze a treze metros sobre o nível atual.

Esses autores tentam correlação com os níveis estudados por Auer, na Patagônia, o que também consideramos atualmente impróprio.

CUNHA (1973), em estudo realizado no município de Aracruz, Estado do Espírito Santo, tendo por base buracos vazios de ouriços na atual linha da maré alta e terraços marinhos em forma de praias suspensas, correlacionou a estrutura do terraço com as zonas de algas e invertebrados incrus-

tantes da faixa intertidal e de comunidades vegetais. Constatou que essas rochas são constituídas de blocos concrecionais lateríticos e dispõem-se em extensas soalheiras, contendo buracos abandonados de ouriços e representam o topo da formação inferior do Grupo Barreiras. O desnível é de 1,5 metros para a linha antiga da maré baixa e de mais de 2 metros para o nível dos terraços em relação ao nível atual de habitação dos ouriços (atual linha de maré baixa).

O tempo decorrido para a formação desse desnível foi estimado em mil e setecentos a três mil e setecentos anos. Trata-se de evento realizado em rochas do Terciário e nota-se que o mar, no local, desceu de um e meio a dois metros num tempo de dois mil anos, no máximo.

VAN ANDEL (1964) apresenta datações feitas pelo método do radiocarbono em quatro amostras de calcários biogênicos com "Vermetidae" fósseis, no Cabo Santo Agostinho, ao sul do município de Recife. A primeira delas, a 2,20 metros acima da zona de vermetides viventes, deu idade de dois mil e oitocentos anos aproximadamente; a segunda, a 1,60 metros, mil e duzentos anos; a terceira, a 1,40 metros, mil setecentos e cinquenta anos e a quarta, a 2,60 metros, três mil e setecentos anos, B.P.

Conclui esse autor que nessa área houve uma ou mais oscilações do nível do mar em poucos milhares de anos e argumenta para essa conclusão que o escudo brasileiro é bastante estável. (Obviamente o mar esteve acima da posição atual). Por fim, compara os dados obtidos com a curva de Fairbridge e afirma que essas correlações são fortuitas.

MABESONE (1964) apresenta um estudo de recifes de arenitos no município de Recife, cuja linha geral de conclusões é semelhante à de VAN ANDEL (op. cit.), senão vejamos: O caráter granulométrico sugere origem de areias distantes da costa, enquanto que o aspecto macroscópico, por sua

vez, sugere areias de praia, por comparação com recifes atualmente em formação, mas com posterior adição de material mais fino. A idade parece ser holocênica, como consequência, segundo alguns autores, de levantamento do nível do mar e segundo outros, de abaixamento. De qualquer modo, parece terem sido formados como consequência de oscilação do mar, cujas amplitudes não superariam três metros, com predominância de levantamento. Reforça a idéia de tratar-se de deposição recente, o fato de neles serem encontrados fragmentos de organismos ainda viventes.

FLEXOR et al (1978) caracterizam, para a região de Salvador (Bahia), arenitos de alta, baixa e até mesmo ante-praia. Datações através do  $C^{14}$  feitas em amostras de vermetídes, algas calcárias e corais situados acima da zona atual de vida dos mesmos, assim como conchas coletadas em formações transgressivas, permitiram reconstituir antigas posições do nível médio relativo do mar, nos últimos sete mil anos.

Explicam os autores que se de um lado é algo fácil conhecer-se por esse processo de datação, a idade de deposição do sedimento, por outro lado a idade dos cimentos carbonáticos é de pouca ou nenhuma credibilidade, por várias razões, como por exemplo não se sabe se a cimentação foi rápida ou estendeu-se por longos períodos.

GUIMARÃES et al (1978), estudando a mesma região objeto do trabalho de FLEXOR et al (op. cit.), agora sob os aspectos, granulométrico e morfológico, concluem quanto aos eventos quaternários: Existem vários testemunhos referentes às transgressões marinhas e aos depósitos continentais relacionados às variações climáticas. A transgressão mais antiga (ante penúltima) erodiu sedimentos da Formação Barreiras, deixando linha de falésia fóssil, marcando seu máximo. A época do máximo da penúltima transgressão não pôde ser obtida; esse

máximo deixou importantes terraços arenosos cujo topo situa-se entre seis e oito metros acima do nível da maré alta atual. Com relação à última transgressão, entre a época do primeiro máximo atingido e a época atual, formaram-se terraços arenosos marinhos.

Antes da penúltima transgressão, depósitos continentais arenosos com seixos, cujo topo situa-se entre quinze a vinte metros acima do nível atual do mar foram acumulados no sopé das falésias entalhadas nos sedimentos da Formação Barreiras, tendo sido em parte erodidos durante a penúltima transgressão. Os terraços arenosos que formaram-se no início da regressão que se seguiu, encostam-se à parte externa dos depósitos continentais.

Nas duas fases regressivas correspondentes aos citados eventos transgressivos, formaram-se depósitos continentais em climas pouco diferentes, os quais puderam ser atestados pelos sedimentos remanescentes.

Excluindo-se a Formação Barreiras, na área estudada são encontradas: areias continentais anteriores à penúltima transgressão; areias marinhas relacionadas à penúltima transgressão; areias fluviais posteriores à penúltima transgressão; areias de dunas brancas e ocres; areias relacionadas à última transgressão; areias das dunas recentes. A fonte inicial dessas areias foram as alterações do cristalino, as formações sedimentares cretáceas e a Formação Barreiras.

VIEIRA (1979), estudando a região costeira de Peruíbe (SP), concluiu que a sedimentação é holocênica e que essa região em passado bem próximo foi um golfo fechado com pequena abertura para o mar, o qual está em fase regressiva.

KOWSMANN et al (1974), efetuando estudos de paleolinhas de costa em nossa plataforma continental, no Estado do Pará e Território do Amapá (área norte) e no Estado do Rio Gran-

de do Sul (área sul) afirmam que existem na plataforma continental brasileira as seguintes evidências de oscilações eustáticas do nível do mar durante o Quaternário: 1.a — Presença de patamares erosionais; 2.a — Presença de faixas arenosas em desequilíbrio com o ambiente atual de deposição; 3.a — presença de faunas litorâneas encontradas em profundidade.

Prosseguem os autores dizendo que a Transgressão Flandriana iniciada no Holoceno, há dezoito mil anos não se processou de maneira contínua, sendo interrompida por inúmeras regressões pequenas. Durante o Wisconsin médio, há quarenta mil anos, houve outra fase transgressiva. Durante as fases regressivas, a zona anteriormente afogada passou a receber sedimentos clásticos; com a reativação da fase transgressiva, os clásticos foram retrabalhados e selecionados, resultando maior concentração de terrígenos grosseiros no nível de maior energia, ou seja, na zona litorânea da época (CURRAY 1964). Afirmam ainda KOWSMANN et al (1974) que baseados nisso, VAN ANDEL et al (1967) mapearam zonas de concentração de quartzo grosseiro, na plataforma de Sahul, Mar de Timor, observando que as mesmas situavam-se a profundidades correspondentes aos níveis de regressão seguida de transgressão (níveis de mar estacionários do Holoceno, estabelecidos por CURRAY, 1961).

Após colocar em gráfico os dados obtidos para as áreas, norte e sul e discutirlos, os autores concluem que na hipótese de ter havido subsidência na razão de três metros em mil anos durante os últimos dezoito mil anos (valor vizinho ao de três metros em oitocentos anos obtido por SHEPPARD (1960), para as adjacências do delta do Rio Mississipi), o nível obtido de cento e setenta metros (isóbata atual de 170 metros) teria dezoito mil anos e o de cento e dez metros, dezesseis mil anos. Com menor razão de subsidência, seria pleistocênico o nível de

cento e setenta metros e de dezoito mil anos o de cento e dez metros.

SUGUIO et al (1978), estudando o Quaternário marinho do litoral do Estado de São Paulo e sul do Rio de Janeiro, para explicar a maior abundância de sedimentos da parte sul estudada com relação à parte norte, admitem duas possibilidades: 1.a — Maior aporte de sedimentos ao sul em virtude da diferença na dinâmica de sedimentação e 2.a — levantamento da parte sul por razões tectônicas e abaixamento do norte ou levantamentos ou abaixamentos diferenciados.

As fls. 8 dizem: "O Período Quaternário tem sido caracterizado no mundo inteiro pela existência de várias fases transgressivas e regressivas. Estes diversos episódios deixaram testemunhos em certas regiões, que em situações favoráveis permitem ser definidos no espaço e no tempo". Ainda às fls. 8: "Deste modo, para esta parte do litoral brasileiro, foi possível evidenciar testemunhos de pelo menos duas fases transgressivas. Datações absolutas pelo método do radiocarbono, efetuadas sobre amostras pertencentes ao episódio mais antigo forneceram idades superiores a trinta e cinco mil anos B.P. (limite aproximado de datação pelo radiocarbono). As formações atribuíveis a esta fase não encerram restos de corais, que permitiriam obter datações de idades muito mais antigas pelo método do urânio-tório. Portanto, a idade precisa deste evento não pode ser estabelecida, mas por confronto com outras regiões do mundo, pode-se admitir uma idade de cem a cento e vinte mil anos B.P. Este período de nível marinho mais alto é aqui chamado transgressão Cananéia. Por outro lado, a parte final da última transgressão pode ser estudada em detalhe graças a mais de cem datações ao radiocarbono. Numerosos testemunhos de antigos níveis marinhos puderam ser definidos, permitindo construir curvas de variações do nível marinho durante os últimos oito mil anos. Este período de nível mari-

nho mais alto é aqui chamado transgressão Santos. É evidente que se tratam de curvas relativas que integram todas as causas de variações. De fato, as variações do nível relativo do mar são resultantes de fenômenos gerais (glácio-eustáticos) e de fenômenos locais (isostáticos, tectônicos ou relacionados com deformações da superfície do geóide). Esses últimos poderão subtrair-se ou somar-se aos primeiros de modo que a curvas de variação relativa do nível marinho poderão apresentar diferenças conforme as regiões do globo terrestre consideradas".

A transgressão Cananéia, pelos testemunhos deixados, foi bem desenvolvida no sul do litoral paulista e praticamente ausente no norte. Por ocasião dessa transgressão, o mar entrou em contato com rochas cristalinas pré cambrianas ao longo de todo o litoral, com o que areias marinhas litorâneas foram depositadas nas grandes baías existentes, onde hoje situam-se as planícies Cananéia-Iguape, Itanhaém, Santos, Bertiooga e Caraguatatuba. Durante a regressão seguinte, instalou-se rede hidrográfica escavando profundos vales. Durante a última fase transgressiva, o mar penetrou inicialmente nesses vales, dando origem a sistema de lagunas e as partes altas passaram a ser erodidas. O produto dessa erosão constituiu o material dos depósitos marinhos holocênicos. A formação dos depósitos começou pela constituição de ilhas barreiras durante a época do máximo transgressivo, as quais isolavam zonas lagunares onde depositaram-se sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica. Nos períodos regressivos subsequentes ocorria acreção de cordões litorâneos às ilhas barreiras formando faixa de vários quilômetros de largura. As oscilações registradas no nível relativo do mar nos últimos oito mil anos poderiam em parte ser explicadas por um mecanismo de flexura continental e em parte pela variação da superfície real dos oceanos.

De SUGUIO et alii (1977) pudemos apreender que na Formação Cananéia, constituída por sedimentos are-

nosos marinhos, depositados na zona intermaré, datações por radiocarbono de madeira fóssil carbonizada, indicaram idades de mais que ou igual a trinta mil anos B.P. (exemplar da unidade entre Cananéia e Iguape) e mais que ou igual a trinta e cinco mil anos B.P. (exemplar da unidade entre Itanhaém e Santos). É possível que esses depósitos marinhos pouco profundos tenham sido depositados durante o episódio transgressivo de cento e vinte mil anos atrás.

As altitudes dessa Formação variam de cinco a seis metros na zona externa, próxima do mar, nove a dez metros na zona interna, próxima do embasamento cristalino.

Os depósitos marinhos holocênicos de areia, que formaram-se durante episódios transgressivos, estão estratigraficamente sobre, mas topograficamente sob a Formação Cananéia. Aparentemente essa Formação não é mais alta que três metros e meio na unidade entre Cananéia e Iguape, embora ela alcance quatro metros e meio sobre o presente nível, na unidade entre Itanhaém e Santos. As regiões baixas da referida Formação, originadas durante a grande regressão, foram acumuladas por sedimentos argilo-arenosos de origem flúvio-lagunar.

Os dados apresentados pelos autores citados permitem a elaboração do esquema da pág. seguinte.

A esta altura um importante fato precisa ser mencionado: quando se trabalha com variação do nível médio do mar nos últimos seis mil anos, trabalha-se com variações de até menos de um metro. O nível médio atual é obtido através dos dados oficiais da Marinha. Como obter-se o nível médio de alguns milhares de anos atrás? É forçoso exigir-se ainda que o regime de marés desses tempos pretéritos fosse igual ao atual. Parece-nos residir aí o aspecto menos seguro dos dados obtidos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

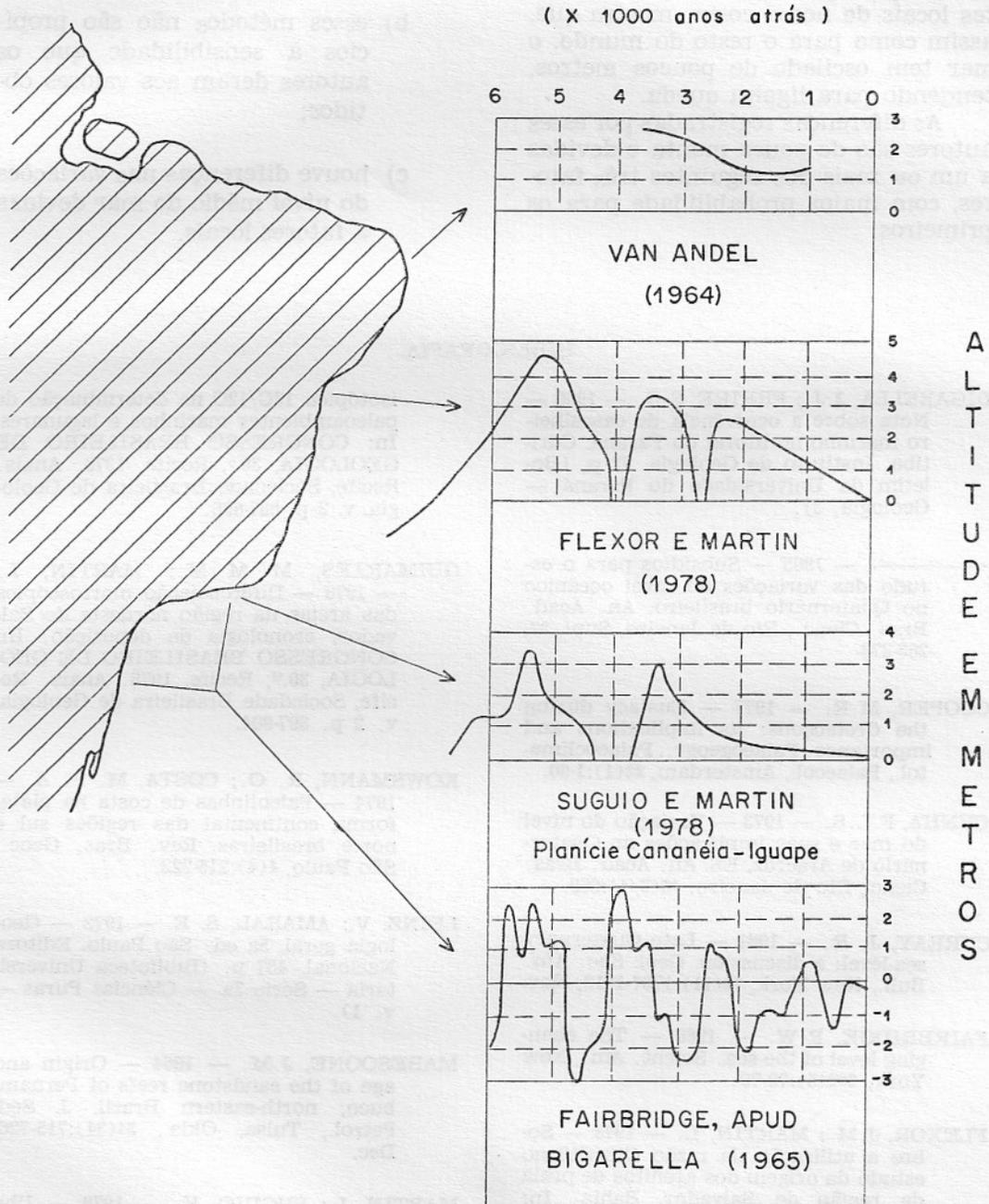
1ª — As variações do nível relativo dos oceanos são resultantes de dois tipos de fenômenos, *os gerais* que provocam alterações eustáticas, os quais são maiormente derivados de glaciações e *os locais*, que não alteram a posição eustática, mas modificam as relações de altitude entre porções continentais e oceano, os quais são derivados de movimentos isostáticos, tectônicos, deformações do geóide, etc.

2ª — Durante o Quaternário houve várias subidas eustáticas do nível oceânico, ligadas a fases interglaciais, bem como várias descidas ligadas a fases glaciais.

3ª — Há cerca de cento e vinte mil anos atrás, conforme FAIRBRIDGE (1960), ou trezentos mil, conforme AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, o mar esteve numa fase de descida máxima (Glaciação Illinoian), após o que seu nível médio subiu, podendo ter havido outra descida antes dos dezoito mil anos B.P. Por volta de dezoito mil anos atrás o mar esteve em outra fase de descida máxima, com seu nível médio na isóbata atual aproximada de cento e dez metros; nesse tempo teve início uma fase transgressiva, à qual foi dado o nome de Transgressão Flandriana.

4ª — A Transgressão Flandriana teve seu máximo por volta dos seis mil anos atrás; após isso o mar sofreu alterações eustáticas de pequena monta, mas com tendência geral para pequeno abaixamento até o presente.

5ª — Para o Brasil, as conclusões de KOWSMANN et al (1974) para os extremos norte e sul de nossa costa permitem a admissão de que as oscilações marinhas quaternárias foram as mesmas variações eustáticas constatadas para outras partes do mundo, o que fatalmente teria que ser observado.



VARIAÇÕES DO NÍVEL DO MAR NO BRASIL  
NOS ÚLTIMOS SEIS MIL ANOS

6ª — Ainda para o Brasil, a comparação das curvas de variação do nível marinho para os últimos sete mil anos, obtidas por vários autores em diferentes locais de nossa costa, mostra que, assim como para o resto do mundo, o mar tem oscilado de poucos metros, tendendo para ligeira queda.

As diferenças registradas por esses autores são de pouca monta e devidas a um ou mais dos seguintes três fatores, com maior probabilidade para os primeiros:

- a) As diferenças estão dentro dos limites de erro dos métodos utilizados;
- b) esses métodos não são propícios à sensibilidade que os autores deram aos valores obtidos;
- c) houve diferenças nas variações do nível médio do mar devidas a fatores locais.

#### BIBLIOGRAFIA

- BIGARELLA, J. J.; FREIRE, S. S. — 1960 — Nota sobre a ocorrência de cascalheiro marinho no litoral do Paraná. Curitiba, Instituto de Geologia. 22 p. (Boletim da Universidade do Paraná — Geologia, 3).
- — 1965 — Subsídios para o estudo das variações do nível oceânico no Quaternário brasileiro. An. Acad. Bras. Cienc., Rio de Janeiro, Supl. 37. 263-278.
- COOPER, M. R. — 1977 — Eustacy during the Cretaceous: its implications and importance. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeocol., Amsterdam, 22(1):1-60.
- CUNHA, F. L. S. — 1973 — Variação do nível do mar e suas implicações no Quaternário de Aracruz, ES. An. Acad. Bras. Cienc., Rio de Janeiro, 45(3/4):668.
- CURRAY, J. R. — 1961 — Late Quaternary sea-level: a discussion. Geol. Soc. Am. Bull., New York, 72(11):1707-1712, Nov.
- FAIRBRIDGE, R. W. — 1960 — The changing level of the sea. Scient. Am., New York, 202(5):70-79.
- FLEXOR, J. M.; MARTIN, L. — 1978 — Sobre a utilização da razão C13/C12 no estudo da origem dos arenitos de praia da região de Salvador, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30.º Recife, 1978. Anais. Recife. Sociedade Brasileira de Geologia. v. 2 p. 880-886.
- ; —————; SUGUIO, K. — 1978 — Sobre a utilização da razão isotópica 13C/12C na determinação de paleoambientes marinhos e lagunares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30.º, Recife, 1978. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia. v. 2 p. 887-896.
- GUIMARAES, M. M. M.; MARTIN, L. — 1978 — Diferenciação morfoscópica das areias da região nordeste de Salvador; cronologia da deposição. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30.º, Recife, 1978. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia. v. 2 p. 897-904.
- KOWSMANN, R. O.; COSTA, M. P. A. — 1974 — Paleolinhas de costa na plataforma continental das regiões sul e norte brasileiras. Rev. Bras. Geoc., São Paulo, 4(4):215-222.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. — 1972 — Geologia geral. 5a ed. São Paulo. Editora Nacional. 487 p. (Biblioteca Universitária — Série 3a. — Ciências Puras — v. 1).
- MABESOONE, J. M. — 1964 — Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco; north-eastern Brazil. J. Sed. Petrol., Tulsa, Okla., 34(34):715-726, Dec.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. — 1978 — Ilha Comprida: um exemplo de ilha-barreira ligada às flutuações do nível marinho durante o Quaternário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30.º, Recife, 1978. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia. v. 2 p. 905-912.

SIMPÓSIO INTERNACIONAL DA EVOLUÇÃO DA COSTA NO QUATERNÁRIO, São Paulo, 1978. — Formações Quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense /por/ Kenitiro Suguio /e/ Louis Martin. São Paulo, Instituto de Geociências, Sociedade Brasileira de Geologia. 55 p. (Special publication n. 1).

VAN ANDEL, T. H.; LABOREL, J. — 1964 — Recent high relative sea-level stand near Recife, Brazil. *Sci.*, Lancaster, Pa., 145:580-581.

VIEIRA, P.C. — 1979 — Contribuição ao estudo sedimentar da lama negra de Peruíbe, SP. São Paulo, Instituto Geológico. 20 p. (Avulso, 4).