

O SIGNIFICADO DAS DATAÇÕES AO ^{14}C NA RECONSTRUÇÃO DE PALEONÍVEIS MARINHOS E NA EVOLUÇÃO DAS BARREIRAS QUATERNÁRIAS DO LITORAL PARANAENSE

RODOLFO JOSÉ ANGULO¹⁻³, LUIZ CARLOS RUIZ PESSENDA²⁻³ & MARIA CRISTINA DE SOUZA⁴

ABSTRACT THE SIGNIFICANCE OF ^{14}C DATING ON THE RECONSTRUCTION OF PALEO-SEA LEVEL AND IN THE QUATERNARY BARRIER EVOLUTION IN THE STATE OF PARANÁ, BRAZIL. The ^{14}C datations are one of the main tools to reconstruct paleo-sea levels and to understand the Quaternary barriers evolution. This paper discusses the significance of 33 ^{14}C dated samples on paleo-sea level reconstruction and in the interpretation of Upper Pleistocene and Holocene barrier evolution in the State of Paraná. We have concluded that: (a) it is unlikely that humic and fulvic acids are influencing the dating of wood samples from sediments impregnated with organic matter; (b) in situ reef remains, composed mainly of vermetid tubes of *Petalocochus (Macrophragma) varians*, are the most precise and reliable paleo-sea level indicators found in the coast of Paraná, showing a margin of error around $\pm 1,0$ m; (c) the height of the top of the shell banks, composed mainly of *Anomalocardia brasiliana* and containing abundant shells in live position, indicates a paleo-sea level equal or higher than the mean sea level during the organisms' lifetime; (d) the interpretation of paleo-sea level through composed indicators provide only maximum ages because the dated-sample could be older than the sedimentary structure used to determine paleo-sea level; (e) the marine paleo-sea level indicators suggest that, during the Late Pleistocene, the sea reached $\geq 4,0$ m above present sea level; (f) dating of vermetid tubes indicates that the maximum Holocene sea level on the Paraná coast occurred between 5370 and 4630 years B.P.; (g) the Holocene high maximum was about $3,5-3,6 \pm 1,0$ m; (h) after the maximum, the sea level gradually dropped, but the possibility of the occurrence of decimeter oscillations is not rejected; (i) the paleo-sea level inferred from mollusk banks, mainly composed of *Anomalocardia brasiliana*, and composed indicators, such as sedimentary structures associated with transported shells and wood fragments, agree with paleo-sea levels inferred from vermetid tubes on the Paraná coast.

Keywords: ^{14}C datations, paleo-sea level, barrier, sea-level changes, Quaternary

RESUMO Datações ao ^{14}C são uma ferramenta fundamental na determinação de paleoníveis marinho e na compreensão da evolução de barreiras quaternárias. Este trabalho discute o significado do conjunto de amostras datadas pelo método do ^{14}C na reconstrução de paleoníveis marinhos e na evolução das barreiras do Pleistoceno superior e Holoceno no litoral paranaense. Conclui-se que: (a) é pouco provável que os ácidos húmicos e fúlvicos epigenéticos influenciem as datações de amostras de madeiras provenientes de sedimentos com enriquecimento epigenético de matéria orgânica; (b) os restos de recifes *in situ*, compostos predominantemente de tubos do vermetídeo *Petalocochus (Macrophragma) varians*, são os indicadores de paleoníveis marinhos mais confiáveis e precisos encontrados no litoral paranaense, sendo a margem de erro de $\pm 1,0$ m; (c) a altura do topo dos bancos de conchas, com predominância de *Anomalocardia brasiliana* e com abundantes conchas em posição de vida, indica paleonível igual ou superior ao nível médio do mar na época de vida dos indivíduos; (d) a interpretação de paleoníveis a partir de indicadores compostos traz embutida a incerteza da amostra datada ser mais antiga que a estrutura utilizada para determinar o paleonível, fornecendo, portanto, apenas idades máximas; (e) os indicadores de paleoníveis marinhos durante o Pleistoceno tardio indicam que o mar atingiu níveis superiores a 4,0 m em relação ao atual; (f) as datações de tubos de vermetídeos indicam que a altura máxima do nível do mar no Holoceno, no Paraná, ocorreu entre 5370 e 4630 anos A. P.; (g) a altitude do máximo na costa paranaense estaria em torno de $3,5-3,6 \pm 1,0$ m acima do atual; (h) após o máximo, teria ocorrido um declínio progressivo do nível do mar, não se descartando a ocorrência de oscilações da ordem de alguns decímetros; (i) os paleoníveis inferidos a partir de agrupamentos de conchas de moluscos com predominância de *Anomalocardia brasiliana* e de indicadores compostos tais como estruturas associadas a conchas transportadas e fragmentos de madeira, conforme definidos ou reinterpretados neste trabalho, são compatíveis com os paleoníveis inferidos a partir de tubos de vermetídeos para a costa paranaense.

Palavras-chave: Datações Carbono 14, paleoníveis marinhos, barreiras, mudanças do nível do mar, Quaternário

INTRODUÇÃO As datações ao ^{14}C são uma ferramenta fundamental na determinação de paleoníveis marinhos e na compreensão da evolução das barreiras do Pleistoceno superior e Holoceno. Na costa brasileira mais de mil datações foram realizadas com esses objetivos. Na planície costeira do Estado do Paraná as primeiras datações ao ^{14}C foram realizadas com fins arqueológicos sobre conchas de sambaquis (Emperaire & Laming 1956, Hurt & Blasi 1960, Rauth 1962, Hurt 1962, Laming-Emperaire 1968). A primeira datação de amostra proveniente de depósitos naturais aparece em Bigarella & Sanches (1966) e corresponde a restos de madeira coletados na porção

basal dos sedimentos da "praia suspensa" do Saco da Tambarutaca. Posteriormente, 18 datações de conchas de moluscos e fragmentos de madeira provenientes de depósitos naturais foram apresentadas por Bigarella (1971), Bigarella & Becker (1975), Martin *et al.* (1988), Angulo (1992a) e Angulo *et al.* (1999a). Estas datações foram utilizadas com fins cronoestratigráficos e como indicadoras de paleoníveis marinhos; porém, analisando o conjunto de dados, observa-se divergências quanto ao significado destas datações.

O objetivo deste trabalho é analisar o significado cronoestratigráfico e como indicadoras de paleoníveis marinhos do con-

1 Laboratório de Estudos Costeiros, Departamento de Geologia, UFPR, C.P. 19001, Curitiba (PR) 81531-990, Fone: +55 41 361 3135 Fax: +55 41 361 3642, e-mail: angulo@ufpr.br

2 CENA/USP, C.P. 96, Piracicaba (SP) 13400-970, Fone: + 55 19 433 5122 Ramal 156/157, e-mail: luiz.pessenda@cena.usp.br

3 Pesquisador do CNPq.

4 Laboratório de Estudos Costeiros, Pós-Graduação em Geologia, UFPR, C.P. 19001, Curitiba (PR) 81531-990 - Fone: +55 41 361 3135 Fax: +55 41 361 3642, e-mail: cristina@geologia.ufpr.br

junto de datações ao ^{14}C existentes no litoral do Paraná, para contribuir na compreensão da evolução da planície costeira e das variações do nível relativo do mar, durante o Pleistoceno tardio e Holoceno.

MATERIAIS E MÉTODOS As amostras de conchas, tubos de vermetídeos, fragmentos de madeira e detritos vegetais foram datadas no Laboratório de ^{14}C do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Campus de Piracicaba, Universidade de São Paulo.

As amostras de conchas e tubos de vermetídeos foram pré-tratadas com a eliminação do carbonato secundário através de rápidas imersões em HCl 2%, lavagens sucessivas com água destilada e remoção de eventuais materiais orgânicos pela raspagem da superfície das amostras com instrumentos metálicos.

Para as datações de fragmentos de madeira e detritos vegetais utilizou-se o pré-tratamento químico denominado AAA (Ácido-Alcalino-Ácido), descrito por Pessenda & Camargo (1991). O objetivo deste pré-tratamento é o de eliminar possíveis contaminantes como carbonatos, resinas e ácidos húmicos e fúlvicos. Contudo, para verificar se os ácidos húmicos e fúlvicos epigenéticos poderiam ainda estar contaminando as amostras, frações das mesmas amostras datadas pelo método AAA foram submetidas à extração da lignina e holocelulose (Green 1963) e posteriormente datadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO As 33 amostras datadas pelo método do ^{14}C discutidas neste trabalho estão distribuídas entre o sul da Ilha do Cardoso, no Estado de São Paulo, na latitude $25^{\circ} 11' 36''$ Sul, e a planície do Rio Saí-Guaçu, no litoral sul do Estado do Paraná, na latitude $25^{\circ} 57' 58''$ Sul (Fig. 1). Uma amostra forneceu idade além do alcance do ^{14}C e outra próxima ao limite do método. As restantes apresentaram idades entre 6140 ± 80 (GSC-5243) e 490 ± 60 (CENA-137), indicando idades do Holoceno tardio (Tabela 1).

Idade das planícies costeiras No Brasil as planícies costeiras formaram-se durante períodos interglaciais com níveis marinhos próximos ou mais altos que o atual. As características morfológicas e sedimentológicas das planícies formadas em diferentes ciclos transgressivos/regressivos freqüentemente são semelhantes, sendo as datações a maneira mais segura de diferenciá-las.

No Paraná a diferenciação das planícies costeiras do Holoceno e do Pleistoceno foi motivo de controvérsia (Martin *et al.* 1988, Angulo 1992a, Angulo & Suguio 1994, 1995, Lessa *et al.* 2000). Inicialmente, na falta de datações radiométricas, a existência ou não de enriquecimento epigenético de matéria orgânica dos sedimentos foi utilizada como critério de diferenciação. Segundo Martin *et al.* (1988), o enriquecimento epigenético bem desenvolvido seria exclusivo dos terraços do Pleistoceno. Porém, Angulo (1992a) apresentou duas datações de fragmentos de madeira provenientes de terraços com enriquecimento epigenético de matéria orgânica que forneceram idades de 6140 ± 80 (GSC-5243) e 5380 ± 60 (GSC-4678), portanto do Holoceno (Fig. 2). Uma terceira amostra proveniente do Rio Maciel com características semelhantes forneceu idade de 4310 ± 70 (CENA-120). Como os fragmentos de madeira também estavam impregnados por matéria orgânica, existia a possibilidade de estarem contaminados e fornecer idades mais jovens que a real. Esta possibilidade tinha sido sugerida por Martin *et al.* (1979a) para amostras das planícies

costeiras dos estados de São Paulo e Sergipe. Ademais, neste tipo de amostra o $\delta^{13}\text{C}$ não pode ser utilizado para identificar a possível contaminação; pois, tanto a madeira com o material epigenético apresentam a mesma composição isotópica (Martin *et al.* 1982). Para tratar de elucidar esta possibilidade, três frações da amostra proveniente da localidade de Piçarras, na margem sul da Baía de Guaratuba, foram submetidas a análise por três diferentes métodos: AAA, lignina e holocelulose (Tabela 2).

Os resultados obtidos de amostras submetidas ao método AAA (CENA-209) e a extração de lignina (CENA-227) foram muito próximos (6730 ± 70 e 6510 ± 70 anos A. P.); já, a idade da amostra submetida a extração de holocelulose (CENA-226) foi ligeiramente superior (7020 ± 230 anos A. P.). Esta diferença pode ser atribuída ao fato de que a massa de madeira disponível para a extração da holocelulose era pequena, o que resultou na necessidade de utilizar-se de acentuada diluição da amostra com benzeno "morto" (cerca de 84%), para obter-se o volume de 3 ml de benzeno necessários para a datação radiocarbônica. Quando a proporção de benzeno "morto"-amostra é superior a 70%, tanto a exatidão (7020 anos) como a precisão (± 230 anos) analíticas podem ser comprometidas.

Com base nestes resultados pode-se concluir que a amostra de madeira utilizada é de idade holocênica, sendo pouco provável que os ácidos húmicos e fúlvicos epigenéticos tenham influenciado as datações realizadas. Assim, pode-se considerar que as amostras de fragmentos de madeira da Ilha Rasa (GSC-4678) e do Rio Maciel (CENA-120) também são de idade holocênica.

Outro aspecto interessante dos terraços marinhos com enriquecimento epigenético de matéria orgânica é que, freqüentemente, apresentam moldes de conchas de moluscos. Provavelmente, as águas ácidas do lençol freático dissolvem as conchas. Estes moldes são freqüentes em terraços do Pleistoceno; porém, também foram mencionados por Angulo (1992a) em terraços da Ilha do Mel atribuídos ao Holoceno superior, suscitando a dúvida se a dissolução poderia ser tão rápida ou a cronologia dos terraços estaria errada. Numa cava, próxima a Praia de Leste, foram encontrados moldes de moluscos no horizonte enriquecido com matéria orgânica. Duas datações, uma de madeira e detritos vegetais e outra de conchas do bivalve *Tivela foresti*, provenientes de camadas inferiores da mesma seqüência; porém, sem enriquecimento epigenético de matéria orgânica e localizados abaixo da zona de oscilação do lençol freático, forneceram idades de 6090 ± 80 (CENA-301) e 3250 ± 70 (CENA-300), confirmando a idade holocênica da seqüência. As datações do terraço de Praia de Leste evidenciam que o horizonte com enriquecimento epigenético de matéria orgânica, interpretado como o horizonte Bh de um Podzol (Angulo 1992a), pode se formar em apenas 3300 anos, e que este período é suficiente para dissolver conchas de moluscos.

Variações do nível do mar A maioria das mais de mil datações ao ^{14}C encontradas na literatura provenientes da costa brasileira tem sido utilizada para auxiliar na determinação de paleoníveis marinhos. Os materiais datados são diversos, tais como: conchas de moluscos, tubos de vermetídeos, algas calcárias, corais, cracas, briozoários, foraminíferos, madeira, detritos vegetais, turfa e lama orgânica. Os indicadores de paleoníveis marinhos interpretados a partir destas amostras podem ser classificados em simples e compostos. Nos simples, os dados espaço-temporais são obtidos a partir de uma única

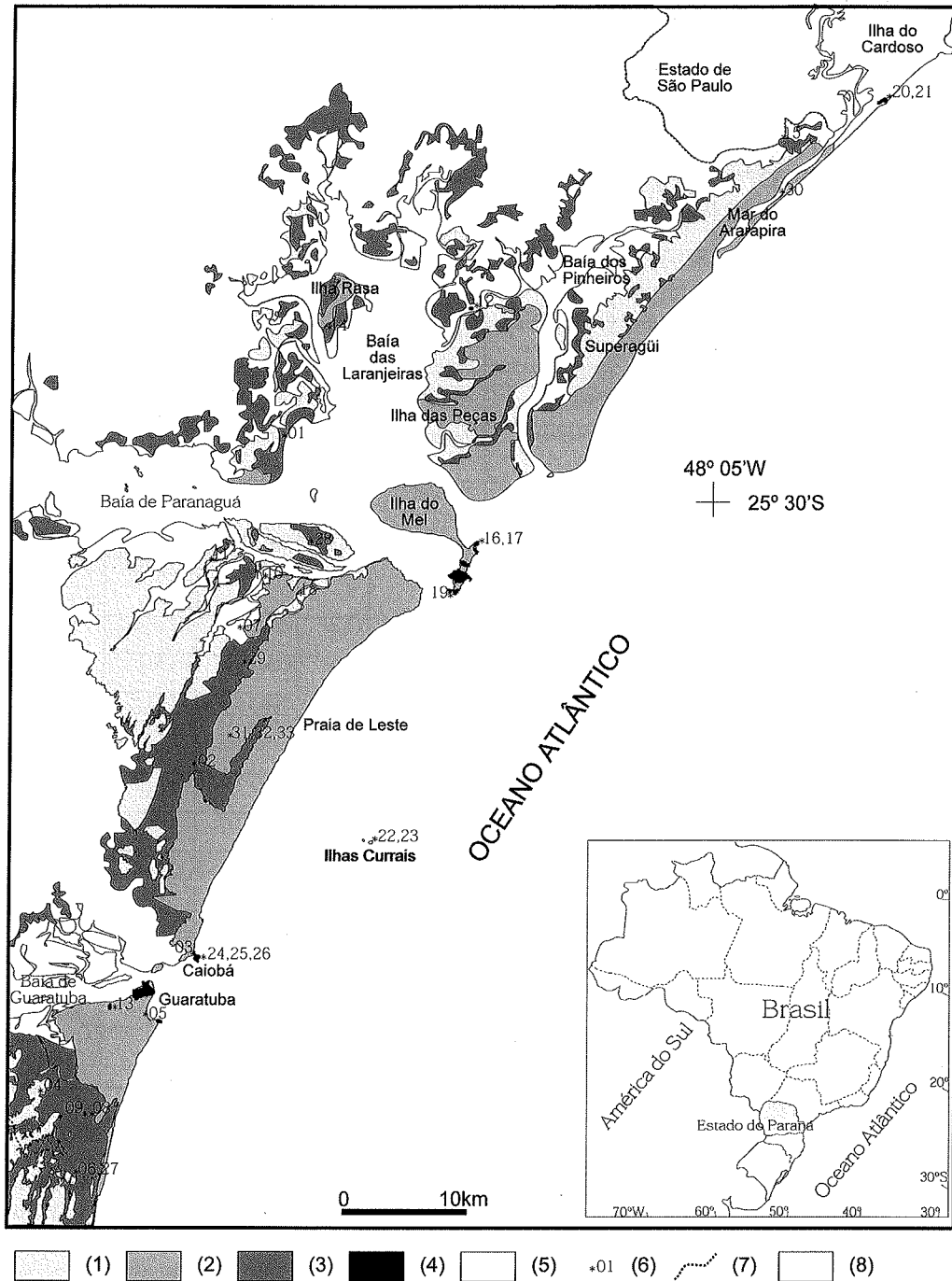


Figura 1 - Localização das amostras datadas pelo método do ^{14}C no litoral do paranaense e na Ilha do Cardoso, no extremo sul paulista. (1) barreira pleistocênica; (2) barreira holocênica; (3) paleolaguna; (4) costões rochosos; (5) outras unidades; (6) amostras datadas; (7) limite interestadual; (8) área não estudada. Para localização das amostras ver Tabela 1.

Tabela 1 - Datações ¹⁴C de amostras provenientes de depósitos naturais costeiros dos estados do Paraná e São Paulo.

Nº	Local	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Natureza da amostra	Idade (anos A.P.)	δC13 (PDB ‰)	Referência laboratório	Paleonível (m)	Fonte
01	Saco da Tambarutaca	25°26'14"	48°27'14"	Madeira	2675 ± 150	-	I-695	> 1,5	Bigarella & Sauches 1966
02	Rio Vermelho	25°41'29"	48°31'39"	Conchas ⁽¹⁾	5690 ± 200	-	SI-431	> 1,2	Bigarella 1971
03	Tômbolo de Caiobá	25°50'55"	48°32'19"	Conchas ⁽²⁾	3830 ± 120	-	SI-327	-	Bigarella 1971
04	Rio Boguaçu	25°55'48"	48°38'30"	Conchas ⁽³⁾	4390 ± 300	-	SPS-0012	> 1,2	Bigarella & Becker 1975
05	Guaratuba	25°52'42"	48°34'27"	Conchas ⁽³⁾	5770 ± 150	-	SPS-0022	-	Bigarella & Becker 1975
06	Rio Sai-Guaçu	25°57'58"	48°38'26"	Conchas ⁽³⁾	5820 ± 220	+ 0,06	Bah-1279	> 0	Martin <i>et al.</i> 1988
07	Rio Guaraguaçu	25°34'56"	48°29'28"	Conchas ⁽¹⁾	5040 ± 230	+ 0,87	Bah-1271	> 1,5	Martin <i>et al.</i> 1988
08	Guaratuba	25°56'55"	48°36'11"	Conchas ⁽¹⁾	3160 ± 170	- 0,21	Bah-1277	> 1,0	Martin <i>et al.</i> 1988
09	Guaratuba	25°56'55"	48°36'11"	Conchas ⁽¹⁾	2970 ± 150	- 0,44	Bah-1278	> 1,0	Martin <i>et al.</i> 1988
10	Rio Guaraguaçu	25°33'14"	48°27'48"	Conchas ⁽¹⁾	2680 ± 240	- 0,89	Bah-1270	> 0,9	Martin <i>et al.</i> 1988
11	Rio Iteirê	25°32'33"	48°31'31"	Conchas ⁽¹⁾	2650 ± 170	- 0,39	Bah-1269	> 1,0	Martin <i>et al.</i> 1988
12	Guapicu, Ilha das Peças	25°22'23"	48°18'52"	Madeira	1100 ± 150	- 24,33	Bah-1388	> 0	Martin <i>et al.</i> 1988
13	Piçarras, Guaratuba	25°52'28"	48°35'59"	Madeira ⁽³⁾	6140 ± 80	- 30,5	GSC-5243	1,6 ± 1,0	Angulo (1992a)
14	Ilha Rasa	25°19'45"	48°24'11"	Madeira	5380 ± 60	- 26,3	GSC-4678	2,0 ± 1,0	Angulo (1992a)
15	Canal do Varadouro	25°14'42"	48°04'42"	Madeira	> 40000	- 30,6	CENA-121	> 4,0	Angulo (1992a)
16	Morro do Farol das Conchas, Ilha do Mel	25°32'20"	48°17'26"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	3500 ± 60	+ 1,2	GSC-5255	2,9 ± 1,0	Angulo (1992a)
17	Morro do Farol das Conchas, Ilha do Mel	25°32'20"	48°17'26"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	790 ± 80	+ 0,2	GSC-5251	0,4 ± 1,0	Angulo (1992a)
18	Rio Maciel	25°33'48"	48°26'24"	Madeira	4310 ± 70	- 29,7	CENA-120	> 2,2	
19	Ponta do Joaquim, Ilha do Mel	25°32'54"	48°17'30"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	3300 ± 60	+ 1,1	CENA-143	2,1 ± 1,0	
20	Morro da Tapera, Ilha do Cardoso	25°11'36"	47°58'18"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	1890 ± 60	+ 0,80	CENA-135	1,3 ± 1,0	
21	Morro da Tapera, Ilha do Cardoso	25°11'36"	47°58'18"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	500 ± 60	+ 0,80	CENA-136	0,3 ± 1,0	
22	Ilhas Currais	25°44'07"	48°21'51"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	1280 ± 60	+ 1,4	CENA-138	1,2 ± 1,5	
23	Ilhas Currais	25°44'07"	48°21'51"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	490 ± 60	+ 1,1	CENA-137	0,2 ± 1,0	
24	Morro do Farol, Caiobá	25°51'06"	48°32'04"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	4750 ± 70	+ 0,8	CENA-140	3,6 ± 1,0	
25	Morro do Farol, Caiobá	25°51'06"	48°32'04"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	5300 ± 70	+ 0,7	CENA-141	3,5 ± 1,0	
26	Morro do Farol, Caiobá	25°51'06"	48°32'04"	Vermetídeos ⁽⁴⁾	2470 ± 70	+ 1,1	CENA-142	1,1 ± 1,0	
27	Rio Sai-Guaçu	25°57'18"	48°38'49"	Conchas ⁽¹⁾	3480 ± 60	- 0,5	GSC-5246	> 0,6	
28	Ilha Rasa da Cotonga	25°33'48"	48°26'24"	Conchas ⁽¹⁾	3480 ± 70	+ 0,7	CENA-122	> 0,9	
29	Rio Guraguaçu	25°33'48"	48°26'24"	Madeira	37200 ± 1450	- 28,34	CENA-200	> 2,1	
30	Restinga do Arapira, Ilha do Cardoso	25°16'00"	48°03'30"	Conchas ⁽⁶⁾	560 ± 85	+ 0,61	CENA-207	= 0	
31	Praia de Leste	25°41'53"	48°30'07"	Conchas ⁽⁷⁾	3250 ± 70	+ 0,99	CENA-300	> -4,2	Angulo <i>et al.</i> (1999a)
32	Praia de Leste	25°41'53"	48°30'06"	Madeira e detritos vegetais	6090 ± 80	- 20,05	CENA-301	> -2,7	Angulo <i>et al.</i> (1999a)
33	Praia de Leste	25°43'54"	48°36'36"	Madeira	1310 ± 60	- 30,17	CENA-274	> 0	

Observações: (1) moluscos estuarinos, principalmente *Anomalocardia brasiliensis*; (2) moluscos marinhos dos gêneros *Arca* e *Donax*, entre outros; (3) Fragmentos de troncos da família *Clusiaceae* (*Guttiferae*), gênero *Tovomitopsis*, *Tomovita* ou *Clusia* (identificação: J. Peres Chimelo, IPT, São Paulo); (4) tubos de gastrópodes fixos da família *Vermetidae* gênero *Petalonchus* (*macrophragma*) *varians*; (5) do bivalve *Tivela foresti*; (6) de gastrópodes; (7) fragmentos não identificados.

Referências dos laboratórios: I: Isotopes Inc.; SI: Smithsonian Institution; SPS: Laboratório de Radionuclídeos da Universidade de São Paulo; Bah: Laboratório de Física Nuclear Aplicada, Instituto de Geociências e Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia; GSC: Radiocarbon Dating Laboratory, Geological Survey of Canada; CENA: Laboratório de ¹⁴C do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Campus de Piracicaba, Universidade de São Paulo. Referência de laboratório da amostra nº 01, Bigarella (1971). Localização das amostras nº 02, 04 e 05, e natureza das amostras nº 02 e 03, João José Bigarella (comunicação pessoal).

evidência, por exemplo a datação de uma concha fixa num costão rochoso, onde a própria concha datada constitui-se no indicador do paleonível. Nos compostos, a reconstrução do paleonível é realizada pela combinação de duas ou mais evidências, por exemplo a datação de uma concha ou fragmento de madeira, que fornece a idade, e uma estrutura sedimentar que fornece o paleonível. Os indicadores simples encontrados no litoral paranaense correspondem a tubos de vermetídeos e agrupamento de moluscos com predominância de *Anomalocardia brasiliana*. Os compostos correspondem a fragmentos de madeira ou conchas transportados associados a estruturas sedimentares ou à altura de terraços marinhos ou estuarinos.

INDICADORES COMPOSTOS No litoral paranaense foram encontrados diversos indicadores de paleonível marinho compostos, correspondentes a conchas ou fragmentos de madeira, associados a estruturas sedimentares. Os materiais datados correspondem a fragmentos de madeira ou conchas transportados, às vezes com sinais de abrasão provocada pelo transporte. Deste modo, os materiais datados geralmente são mais antigos que os sedimentos que os contém, fornecendo apenas a idade máxima possível do depósito.

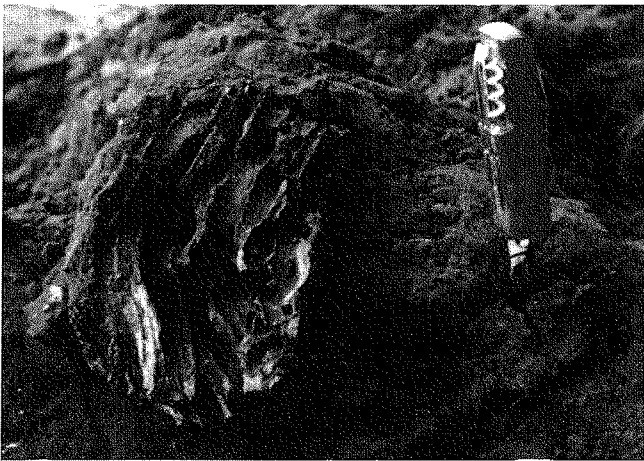


Figura 2 - Fragmento de madeira perfurado por *Teredinidae*, encontrado num afloramento da margem norte da Ilha Rasa, Baía das Laranjeiras, cuja datação ao ^{14}C forneceu idade de 5380 ± 60 anos A. P. (GSC-4678). Note a cor escura do fragmento de madeira semelhante à cor do sedimento, resultante da impregnação de matéria orgânica epigenética, e a cor clara da parte interna da amostra, visível onde o fragmento foi quebrado.

A seguir são discutidos os exemplos deste tipo de indicador encontrados no litoral paranaense.

Praia suspensa do Saco da Tambarutaca Bigarella & Sanches (1966) apresentaram a datação de uma amostra de fragmentos de madeira (2675 ± 150 anos A. P., I-695) coletada na porção basal dos sedimentos da "praia suspensa" do Saco da Tambarutaca, interpretados como formados em ambiente de pós-praia. Estes sedimentos ocorrem sobre uma camada de argila e debaixo de sedimentos arenosos com estratificação plano-paralela subhorizontal, formada em ambiente de face praial (estirâncio) (Fig. 3). Segundo estes autores, os sedimentos argilosos da base teriam se depositado em águas calmas, possivelmente numa lagoa isolada por uma barra arenosa situada mais a leste, sendo que os sedimentos arenosos teriam se depositado transgressivamente sobre os argilosos e, em 2675 ± 150 anos A. P., o mar estaria subindo até atingir um nível superior a 1,5 m em relação ao nível atual. Este valor, segundo a figura apresentada pelos autores, provavelmente decorre da diferença de altura entre o nível de preamar pretérito, interpretado a partir da morfologia, estruturas sedimentares da praia suspensa e o nível de preamar atual. Posteriormente, Martin *et al.* (1988) consideraram que a amostra do Saco da Tambarutaca indicaria um paleonível de $+1,5 \pm 0,5$ m, sem informar como este valor e margem de erro foram obtidos.

Segundo Bigarella & Sanches (1966) as estruturas sedimentares sugerem uma seqüência transgressiva com os sedimentos de face praial depositados sobre sedimentos de pós-praia. Interpretações semelhantes foram realizadas por Bigarella *et al.* (1966) em seqüências de praias atuais da costa paranaense. Esta interpretação é pouco provável pois em situações transgressivas os sedimentos de face praial e da pós-praia são constantemente erodidos pelas ondas. Deste modo os sedimentos de pós-praia não poderiam ser preservados sob os sedimentos de face praial. O mais provável é que os sedimentos interpretados como depositado na pós-praia (Bigarella & Sanches 1966, Bigarella *et al.* 1966), tenham se depositado em barras e canais próximos ao nível de maré baixa, frequentes nas praias intermediárias a dissipativas da costa paranaense. Em condições regressivas estes sedimentos seriam recobertos pelos sedimentos da face praial. Deste modo, toda a seqüência descrita por Bigarella & Sanches (1966) seria regressiva, com os sedimentos argilosos do fundo lagunar, na base, e os sedimentos arenosos de barras e canais e de face praial sobrepostos.

Aceitando-se o paleonível interpretado por Bigarella & Sanches (1966), pode-se concluir que há 2675 ± 150 anos A.P. ou menos, o nível do mar esteve em torno de 1,5 m acima do atual. A configuração atual da costa do Saco da Tambarutaca, formada por manguezais, indica que na área houve decréscimo significativo da energia das ondas, que pode ser explicado pela

Tabela 2 - Datações ^{14}C de uma amostra de madeira com impregnação de matéria orgânica epigenética na localidade de Piçarras, no litoral paranaense, tratada pelo método AAA e das respectivas frações lignina e holocelulose.

Local	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Idade (anos A. P.)	$\delta\text{C}13$ (PDB‰)	Referência laboratório	Método
Piçarras	25°52'28"	48°35'59"	6730 \pm 70	- 30,1	CENA-209	AAA
Piçarras	25°52'28"	48°35'59"	6510 \pm 70	- 28,1	CENA-227	lignina
Piçarras	25°52'28"	48°35'59"	7020 \pm 230	- 28,0	CENA-226	holocelulose

diminuição do tamanho da desembocadura sul da Baía de Paranaguá, devido a descida do nível relativo do mar.

Com relação à margem de erro do paleonível, deve-se lembrar que nela estão embutidas os erros advindos da imprecisão de identificação dos níveis de referência, tais como nível médio do mar ou de preamar, e os erros decorrentes da incerteza na atribuição do paleonível ao indicador. No primeiro caso, deve-se considerar que o nível médio, como quaisquer outros níveis relativos ao mar, não é facilmente mensurável, pois é o resultado estatístico de medições de longo prazo. É interessante notar que na maioria dos trabalhos os autores não mencionam a metodologia utilizada para determinar os níveis de referência nem a altitude do indicador (e.g. Martin *et al.* 1979b, Suguio *et al.* 1980).

Terraço marinho da Ilha Rasa Angulo (1992a) apresentou a datação de uma amostra de um fragmento de tronco com perfurações de Teredinidae, que forneceu idade de 5380 ± 60 anos A. P. (GSC-4678) (Fig. 2). Segundo o autor, a amostra foi coletada numa falésia de aproximadamente 3 m de altura, na costa norte da Ilha Rasa. Na parte inferior da falésia ocorrem estratificações cruzadas acanaladas com abundantes *Ophiomorpha* atribuídas a *Callichirus* e na parte superior estratificação plano paralela subhorizontal e cruzada de baixo ângulo. Estas estruturas foram interpretadas como formadas em ambientes de face litorânea superior (*nearshore*) e face praial (*beach face*) (Angulo 1992a). O limite superior de ocorrência de tubos de *Callichirus* corresponderia ao nível médio da maré da época e o limite superior das camadas com abundante bioturbação ao limite de maré baixa (Angulo 1993). Comparando estes limites com o de maré alta atual e com a amplitude das marés no local, o autor estimou paleonível de $2,00 \pm 0,40$ m (Fig. 4a). A margem de erro seria decorrente da imprecisão da determinação do níveis de maré pretéritos a partir das estruturas e da imprecisão de 10 a 20 cm na determinação do nível da maré alta atual, identificada a partir das marcas de deixas pelas preamares de sizígia nos afloramentos. Deve-se considerar ainda que na época de formação destes terraços a amplitude de maré era provavelmente diferente da atual, contribuindo para aumentar a margem de erro na estimativa do paleonível. Assim, seria mais prudente considerar um erro de $\pm 1,0$ m. Cabe lembrar ainda que os paleoníveis determinados na Ilha Rasa podem ter ocorrido após a data indicada pela amostra, pois a madeira pode ser mais antiga que o depósito.

O máximo da transgressão pós-glacial teria ocorrido no Brasil por volta de 5100 anos A.P., segundo Suguio *et al.* (1985), ou entre 5000 e 5400 anos A.P., segundo Angulo & Souza (1999). Os terraços da Ilha Rasa, são os mais interiorizados da Baía das Laranjeiras e provavelmente foram dos primeiros a se formar durante ou após o máximo. Deste modo a seqüência regressiva e a idade fornecida pela datação são compatíveis com a evolução geológica regional.

Terraço marinho de Piçarras, Baía de Guaratuba Um fragmento de tronco de madeira coletado na localidade de Piçarras, nas margens da Baía de Guaratuba, forneceu idade 6140 ± 80 anos A. P. (GSC-5243). A amostra foi coletada próximo a base, numa falésia de 3,5 m de altura, com estratificação cruzada acanalada contendo fragmentos vegetais correspondentes a folhas e gravetos, freqüentemente com as bordas arredondadas, evidenciando sinais de transporte (Fig. 4b). As estratificações cruzadas foram interpretadas como correspondentes a dunas

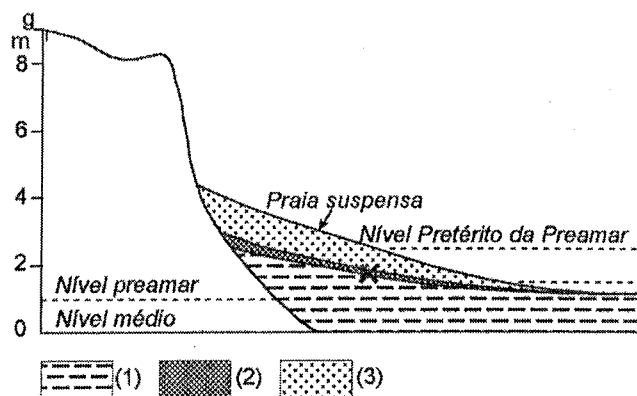


Figura 3 - Perfil esquemático da praia suspensa do Saco da Tambarutaca, segundo Bigarella & Sanches (1966). (1) sedimentos argilosos lagunares; (2) sedimentos arenosos de pós-praia; (3) sedimentos arenosos de face praial; (X) localização da amostra que forneceu idade de 2675 ± 150 anos A. P. (I-695).

subaquosas de crista curva formadas em canais de maré inter ou inframareais. Como elas ocorrem até aproximadamente 2,5 m acima do nível de maré alta atual, pode-se inferir que o paleonível na época da formação das estruturas era de, no mínimo, 2,5 m acima do atual.

Terraço do Rio Maciel Uma amostra proveniente de um afloramento nas margens do Rio Maciel, composta de fragmentos de madeira arredondados, acumulados na base de lâminas frontais sigmoides, e tangenciais na base, correspondentes a formas de leito em torno de 1 m de altura, forneceu idade de 4310 ± 70 anos A. P. (CENA-120). As estruturas associadas aos fragmentos vegetais foram interpretadas como dunas subaquosas formadas por correntes de marés em ambiente de canais inframareais (Fig. 5). Esta interpretação implica na existência de um canal de maré com profundidade de, no mínimo 1 m, durante a maré baixa. Como o topo das estruturas está a 0,4 m acima do nível de maré alta e a amplitude de maré, neste setor da Baía de Paranaguá, é de aproximadamente 1,8 m, pode-se inferir que o nível marinho à época de formação das dunas seria, no mínimo, 2,2 m superior ao atual. Cabe lembrar que o arredondamento dos fragmentos de madeira indica transporte, que implica num período entre a morte do vegetal que originou os fragmentos e o momento da deposição dos mesmos. Assim, a datação da amostra fornece a idade máxima do nível marinho durante a formação das dunas subaquosas.

Terraço paleo-estuarino do Canal do Varadouro Um fragmento de madeira proveniente de um afloramento no Canal do Varadouro forneceu idade além do alcance do método do ^{14}C (> 40000 anos A.P., CENA-121). O fragmento de madeira é proveniente de um paleocanal de maré preenchido com areia, finos e abundantes detritos vegetais, com estrutura ondulada (*wavy*), sobrepostos aos depósitos de canal ocorre uma camada de sedimentos de composição semelhante e estrutura ondulada, interpretado como formando em ambiente de planície de maré (Fig. 4c).

Considerando que, segundo Angulo (1994), o nível da pre-

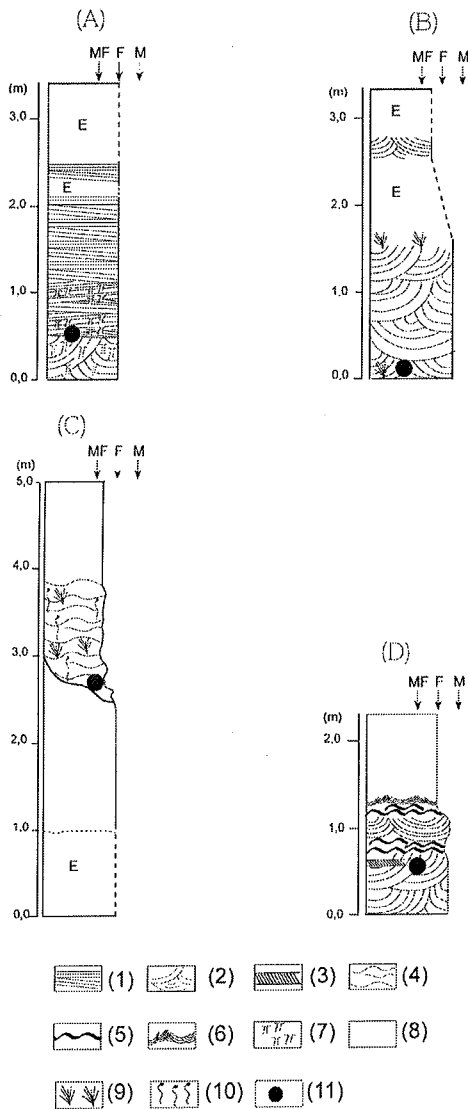


Figura 4 - Perfis onde foram interpretados paleoníveis marinhos compostos: (A) Ilha Rasa, (B) Piçarras, Guaratuba, (C) Canal do Varadouro e (D) Rio Guaraguaçu. (1) estratificação cruzada de baixo ângulo; (2) estratificação cruzada acanalada; (3) estratificação cruzada tabular planar; (4) laminação ondulada (wavy); (5) drapes de argila e detritos vegetais; (6) laminação cruzada acanalada; (7) *Ophiomorpha* atribuída a *Callichirus*; (8) sem estrutura visível; (9) fragmentos de madeira e detritos vegetais; (10) bioturbações não figurativas; (11) amostra datada; (E) encoberto; (MF) areia muito fina; (F) areia fina; (M) areia média. O zero corresponde aproximadamente ao nível de maré alta inferido a partir das marcas do nível d'água nas falésias.



Figura 5 - Afloramento na margem do Rio Maciel onde se observa estratificação cruzada tangencial interpretada como correspondente a dunas subaquosas formadas por correntes de marés em ambiente de canais inframaréais. A datação de fragmentos de madeira arredondados, coletados na base das lâminas frontais, forneceu idade de 4310 ± 70 anos A. P. (CENA-120).

amar durante a deposição dos sedimentos com laminação ondulada era igual ou superior à altura máxima de ocorrência da estrutura no perfil e que esta altura, no perfil do Canal do Varadouro, é de 4,0 m em relação ao nível de preamar atual, pode-se inferir que o paleonível da época era $\geq 4,0$ m. Cabe lembrar que no litoral paranaense existem poucas evidências de paleoníveis pleistocênicos. Martin *et al.* (1988) informam que o máximo da transgressão pleistocênica de 120000 anos A.P. teria alcançado uma altitude de 8 ± 2 m, que aparentemente foi determinado a partir da altitude dos terraços atribuídos a essa idade.

Terraço marinho de Rio Guaraguaçu Num afloramento na margem do Rio Guaraguaçu foi encontrado um fragmento de madeira que forneceu idade de 37200 ± 1450 anos A.P. (CENA-200), porém, nesse período o mar estava em níveis inferiores ao atual não sendo possível a formação de terraços marinhos acima do nível do mar atual. A idade fornecida é muito próxima do alcance do método do ^{14}C , que é de 40000 a 42000 anos A.P., e pode estar refletindo uma pequena contaminação da amostra. Provavelmente trata-se de amostra proveniente de terraços do Pleistoceno superior com idade em torno de 120000 anos A.P.

O afloramento onde foi coletada a amostra apresenta estratificações cruzadas de preenchimento de canal, estratos tabulares com laminação cruzada planar com intercalação de lâminas de argila e laminação ondulada (wavy) (Fig. 4d). Estas estruturas permitem inferir ambiente de canais e planícies de maré. O limite superior de ocorrência da laminação ondulada está 2,1 m acima do nível de preamar atual, permitindo inferir que o paleonível na época de formação das estruturas era $> 2,1$ m (Fig. 4d). Contudo, deve-se considerar que a amplitude de maré durante o Pleistoceno tardio poderia ser diferente da atual, aumentando a incerteza quanto a interpretação do paleonível.

Terraço paleo-estuarino da Vila Guapicu Martin *et al.* (1988) apresentaram uma datação de fragmentos de madeira coletados na Vila Guapicu, na Ilha das Peças, que forneceu

idade de 1100 ± 150 (Bah-1388) e paleonível superior ao atual. Segundo o mapa apresentado nesse trabalho a amostra teria sido coletada numa planície paleo-estuarina; porém, os autores não apresentam informações que permitam avaliar como foi obtido o paleonível.

Terraço marinho de Praia de Leste Angulo *et al.* (1999a) apresentaram duas datações provenientes de um terraço marinho próximo a Praia de Leste. Uma amostra de fragmentos de madeira e detritos vegetais, coletada a 2,7 m abaixo do nível médio do mar atual, que forneceu idade de 6090 ± 80 anos A.P. (CENA-301) e outra de conchas do bivalve *Tivela foresti*, coletada entre 4,2 e 4,4 m em relação ao mesmo nível, que forneceu idade de 3250 ± 70 anos A.P. (CENA-300). As fácies onde foram coletadas as amostras foram interpretadas pelos autores como correspondentes a canais em ambiente de desembocadura estuarina. Como não são conhecidas as profundidades de formação destas fácies, pode-se interpretar, apenas, que elas se formaram abaixo do nível médio do mar, permitindo inferir paleoníveis superiores a -2,7 m há 6090 ± 80 anos A.P. e a -4,2 m há 3250 ± 70 anos A.P..

Planície paleo-estuarina de Praia de Leste A datação de fragmentos de madeira, contidos em sedimentos paleo-estuarinos, próximos ao Rio Guaraguaçu, em Praia de Leste, forneceu idade de 1310 ± 60 anos A.P. (CENA-274). A amostra foi coletada próxima ao nível de maré alta atual, indicando que na época de deposição dos fragmentos de madeira o nível do mar era superior ao atual. Como o topo da planície está a 1,6 m acima do nível de preamar atual, também pode-se inferir que posteriormente à deposição o nível marinho era, no mínimo, 1,6 m superior ao atual.

Tômbolo de Caiobá Bigarella (1971) apresenta uma datação de 3830 ± 120 anos A.P. (SI-327) de conchas de moluscos encontradas a uma profundidade entre 4 e 5 m, numa sondagem no tômbolo de Caiobá. As conchas foram encontradas em sedimentos siltico-argilosos, sob 4 m de sedimentos arenosos. As conchas pertenciam a uma fauna tipicamente marinha, contendo, entre outros, os gêneros *Donax* e *Arca* (João J. Bigarella, comunicação pessoal). Bigarella (1971) conclui que as conchas indicariam um nível do mar mais elevado que o atual. Ao contrário, Martin *et al.* (1988) interpretam a seqüência do tômbolo de Caiobá como transgressiva e postulam que, há cerca de 3800 anos A.P., o nível do mar era mais baixo que o atual e estava subindo.

Esta evidência é de difícil interpretação. Se as conchas são marinhas como propõe Bigarella (1971), é difícil imaginar conchas marinhas em sedimentos lamosos numa costa dominada por ondas, onde os sedimentos tendem a ser arenosos. Angulo & Lessa (1997) consideram que os sedimentos seriam de origem paleolagunar, sendo que as conchas marinhas poderiam estar no contato entre os sedimentos siltico-argilosos e os sedimentos arenosos sobrepostos, estes sim de origem marinha. O tipo de sondagem realizada para a fundação de um edifício (Bigarella 1971) poderia ter contribuído para este possível erro. De qualquer modo, as informações disponíveis não permitem estabelecer com segurança um paleonível nem uma tendência de movimentação do nível do mar.

Sondagem de Guaratuba Bigarella & Becker (1975) apresentam uma datação de 5770 ± 150 anos A.P. (SPS-0022) de

fragmentos de conchas encontrados a 18 m de profundidade em uma sondagem na cidade de Guaratuba. Como a sondagem foi realizada em um terraço de 2 a 3 m sobre o nível médio do mar atual, as conchas estariam a 15 ou 16 m abaixo do nível médio do mar atual. Segundo Bigarella & Becker (1975) e Martin *et al.* (1988), a amostra indicaria um paleonível marinho superior ao atual, porém não apresentam as evidências que motivaram a interpretação. A ocorrência de fragmentos de conchas a essas profundidades podem ter sido depositados durante período com níveis do mar superiores ou inferiores ao atual.

Restinga do Ararapira Na margem interna da Restinga do Ararapira, no extremo sul do litoral paulista, foi datada uma amostra de conchas de gastrópodes que forneceu idade de 560 ± 80 (CENA-207). As conchas foram coletadas no contato entre os sedimentos praias e eólicos, correspondentes a dunas frontais, cuja morfologia ainda está preservada (Fig. 6). As conchas teriam sido depositadas na parte alta da face praial ou na pós-praia e posteriormente recobertas pelas dunas. Como elas estavam localizadas a 0,8 m sobre o nível da maré alta atual, e o espraiamento das ondas nas praias da margem oceânica do esporão pode alcançar estes valores, sobretudo durante tempestades, pode-se concluir que as conchas foram depositadas quando o nível marinho era semelhante ao atual.

INDICADORES SIMPLES Agrupamentos de conchas de moluscos com predominância de *Anomalocardia brasiliana*. Os bancos de moluscos com predominância de *Anomalocardia brasiliana* têm sido utilizados como indicadores de paleoníveis marinhos desde o trabalho pioneiro de Bigarella (1946). Em trabalhos anteriores foram encontradas referências à datação de nove amostras correspondentes a este tipo de depósito na costa paranaense, sendo que neste trabalho são apresentadas duas novas datações. Nestes bancos foram identificadas numerosas espécies de bivalves (*Anomalocardia brasiliana* GML, *Anada-*

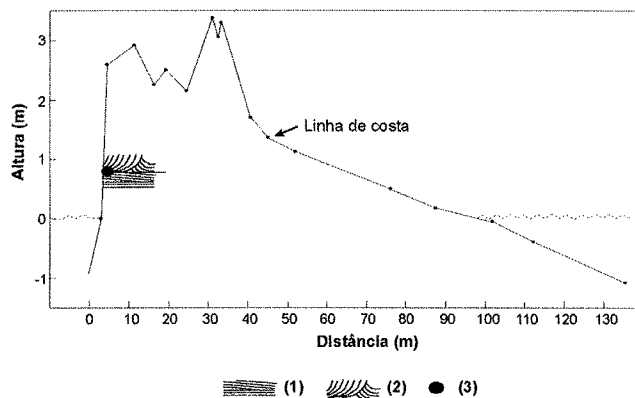


Figura 6 - Perfil topográfico na Restinga do Ararapira. (1) estratificação cruzada de baixo ângulo de face praial, (2) estratificação cruzada correspondente as dunas frontais; (3) localização da amostra que forneceu idade de 560 ± 85 anos A.P. (CENA-207); o zero corresponde aproximadamente ao nível de maré alta inferido a partir das marcas do nível d'água na falésia da margem lagunar do esporão.

ra *brasiliana*, *Arca incongrua* Say, *Crassostrea* sp, *Cyclinella tenuis* Reclus, *Cyrtopleura costata*, *Diplodonta* sp, *Dosinia concentrica* Born, *Erodona mactroides*, *Laevicardium renatum* L., *Lunarca ovalis*, *Macoma constricta* Brues, *Plicatula* sp, *Semele reticulata* L., *Tellina angulosa*, *Trachycardium nurricatum* L.), gastrópodes (*Bulla striata* Brus, *Cerithium striatissimum* Sowasky, *Chicoreus senegalensis* Gmelin, *Nassarius vibex*, *Thais cornuta* Menke) e *Scaphopoda* (*Dentalium (Antalis) disparile*) (Bigarella 1946, Angulo & Absher 1992).

A primeira datação deste tipo de material aparece em Bigarella (1971) e corresponde a um banco de conchas, que aflora nas margens do Rio Vermelho, próximo à confluência com o Rio Guaraguaçu, e forneceu idade de 5690 ± 200 anos A.P. (SI-431). Segundo este autor, o banco de conchas se encontra acima do nível das águas do rio, sendo que, nesse ponto, as águas não são mais afetadas pela ação das marés, o que, segundo o autor, representaria uma altura de pelo menos 1 m a 2 m sobre o nível médio do mar e, conseqüentemente, um paleonível marinho de 1 m a 2 m, ou talvez mais, acima do nível atual. Já Martin *et al.* (1988) consideram essa ocorrência como indicando apenas um nível marinho pretérito superior ao atual (>0 m).

Bigarella & Becker (1975) apresentaram uma nova datação (4390 ± 300 anos A.P, SPS-0012), correspondente a um banco de moluscos anteriormente descrito por Bigarella (1946) e cuja localização, nas margens do Rio Boguaçu, na Baía de Guaratuba é fornecida por Bigarella *et al.* (1957) (Fig. 7). Bigarella & Becker (1975) interpretaram esta amostra como indicadora de um nível do mar superior a 1 m sobre o nível atual. Já Martin *et al.* (1988) consideraram que representaria um nível de $+1 \pm 0,50$ m sobre o nível atual. Martin *et al.* (1988) apresentaram seis novas datações correspondentes a este tipo de depósito e inferiram dois tipos de paleoníveis: um maior que um determinado valor (e.g. > 1,0 m) e um com margem de erro (e.g. $1,0 \pm 0,5$ m). Os autores, porém, não explicitam como os valores e margens de erro foram obtidos. Posteriormente, Angulo (1992a) apresentou duas novas datações de amostras provenientes deste tipo de depósito, esclarecendo que foram selecionadas conchas com as duas valvas juntas em aparente posição de vida. Uma da planície próxima ao Rio Saí-Guaçu e outra da Ilha Rasa da Cotinga, que forneceram idades de 3480 ± 60 anos A.P. (GCS-5246) e 3480 ± 70

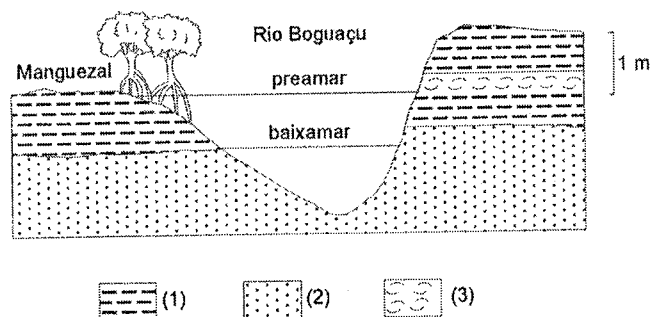


Figura 7- Banco areno-argiloso com abundantes subfósseis no Rio Boguaçu, Baía de Guaratuba (Bigarella 1946). (1) bancos areno-argilosos; (2) areias claras; (3) subfósseis.

anos A.P. (CENA-122) e paleoníveis > 0,60 m e >0,90 m, respectivamente.

Angulo & Absher (1992) consideram que as espécies encontradas neste tipo de depósito indicam condições lagunares e estuarinas e que, atualmente, nas baías de Paranaguá e Guaratuba, bancos de *Anomalocardia brasiliiana* e espécies associadas ocorrem principalmente na parte inferior da planície de maré (marismas e bancos areno-argilosos não vegetados) e fundos rasos. Os autores informam que não encontraram referências sobre a profundidade máxima de ocorrência destes bancos de conchas, o que impossibilita definir com precisão o paleonível marinho. Angulo (1992a) menciona que um fator que pode aumentar a margem de erro na interpretação de paleoníveis a partir deste tipo de indicador é o retrabalhamento posterior das conchas pela infauna; isto é, a fauna que constrói suas tocas ou vive dentro do sedimento (Fig. 8). Segundo este autor, na Ilha Rasa da Cotinga, um antigo banco com conchas, localizado a 20 cm de profundidade, numa paleo-planície de maré, estava sendo retrabalhado por caranguejos (Fig. 9). Durante a construção das tocas os caranguejos exumavam as conchas; sendo que, muitas delas permaneciam com as duas valvas juntas; isto é, em aparente posição de vida. Este processo, segundo Angulo (1993), poderia introduzir erros de vários decímetros na avaliação do paleonível. Contudo, deve-se considerar que a permanência das conchas em superfície com as duas valvas juntas, pode ser apenas temporária, pois ficam submetidas à ação de chuvas e da fauna o que diminui significativamente seu potencial de preservação.

Angulo & Absher (1992) concluíram que os bancos de conchas de moluscos com predomínio de *Anomalocardia brasiliiana* podem ser interpretados como formados em ambientes correspondentes a parte inferior da planície de maré e a fundos rasos. Deste modo, em condições favoráveis, onde há abundantes conchas em posição de vida, o nível de topo dos bancos corresponderia, no mínimo, ao nível médio da maré à época de vida dos indivíduos. Porém, como se desconhece a profundidade máxima de ocorrência não é possível identificar

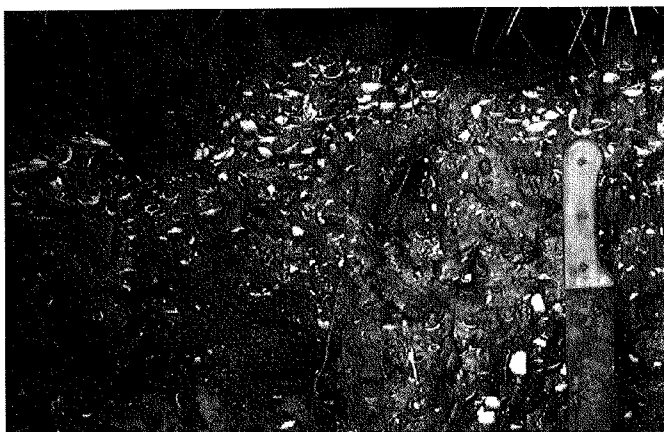


Figura 8 - Banco de conchas de moluscos com predominância de *Anomalocardia brasiliiana*, na margem do Rio Guaraguaçu próximo de sua foz. Note a disposição irregular das conchas, atribuída a retrabalhamento por organismos bentônicos. A datação destas conchas forneceu idade de 2680 ± 240 anos A.P. (Bah-1270).

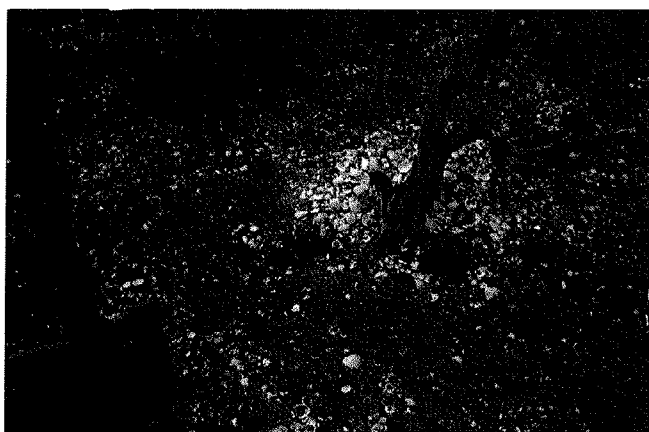


Figura 9: Conchas, principalmente de *Anomalocardia brasiliana*, retrabalhadas trazidas à superfície por caranguejos, na Ilha Rasa da Cotinha. As conchas pertencem a um depósito situado a mais de 20 cm de profundidade cuja datação forneceu idade de 3480 ± 70 anos A.P. (CENA 122).

o nível máximo do mar na época de vida dos moluscos. Dito de outro modo, este indicador permite inferir apenas que o paleonível era maior que um determinado valor. A partir deste critério foram reinterpretados os paleoníveis descritos em trabalhos anteriores (Tabela 1).

Tubos de vermetídeos Os vermetídeos são gastrópodes comuns na costa brasileira. Dois gêneros e subgêneros da família Vermetidae constroem recifes e têm importância como indicadores de paleoníveis marinhos: *Dendropoma* (*Novastoa*) e *Petaloconchus* (*Macrophragma*); sendo que, na costa brasileira, ocorre uma espécie de cada gênero: *Dendropoma* (*Novastoa*) *irregulare* (d'Orbigny) e *Petaloconchus* (*Macrophragma*) *varians* (d'Orbigny) (Laborel 1977, 1986). A espécie *Petaloconchus* (*Macrophragma*) *varians* (d'Orbigny) tem sido considerada boa indicadora de paleoníveis marinhos, devido a sua estreita faixa vertical de ocorrência (Van Andel & Laborel 1964, Delibrias & Laborel 1971, Laborel 1979, 1986).

Angulo (1992b) apresentou as duas primeiras datações de tubos de vermetídeos do litoral paranaense provenientes de costões rochosos do Morro do Farol das Conchas, na Ilha do Mel, que forneceram idades 3500 ± 60 (GSC-5255) e 790 ± 80 (GSC-5251) e paleoníveis $2,90 \pm 0,50$ m e $0,40 \pm 0,50$ m acima do atual, respectivamente (Tabela 1). Neste trabalho são apresentadas oito novas datações de amostras de tubos de vermetídeos, pertencentes à espécie *Petaloconchus* (*Macrophragma*) *varians*, provenientes de costões rochosos da Ponta do Joaquim, na Ilha do Mel; do Morro da Tapera, na Ilha do Cardoso, no sul do Estado de São Paulo; na maior das Ilhas Currais e no Morro do Farol, em Caiobá (Tabela 1). Em todos os casos os tubos de vermetídeos estavam *in situ*, observando-se as superfícies de crescimento sobre as rochas. Este aspecto é importante para a determinação de paleoníveis, pois é possível a ocorrência de recifes de tubos de vermetídeos fósseis constituídos por fragmentos de recifes transportados e cimentados em níveis diferentes ao do seu crescimento (Martin *et al.* 1982). Como na região não foram encontrados recifes de vermetídeos vivos, para se estimar o paleonível marinho na

época de vida dos vermetídeos fósseis, foi utilizado como referência o limite superior de vida de colônias do poliqueta *Phragmatopoma lapidosa*, que se situam em nível equivalente ao limite superior de vida dos *Petaloconchus* (Angulo *et al.* 1999b).

Segundo Laborel (1986), *Petaloconchus* (*Macrophragma*) *varians* ocorre no quarto inferior da zona intermarés, ou seja, na região entre o nível de maré baixa de quadratura e o nível de maré baixa de sizígia. O mesmo autor considera que a precisão na determinação de paleoníveis a partir deste indicador pode variar entre + 0,1 m e + 1,0 m dependendo da exposição às ondas e a amplitude de maré, e que ao longo da costa brasileira a precisão obtida está em torno de + 0,5 m. Angulo *et al.* (1999b) alertam que diversos fatores podem contribuir para aumentar os erros até ± 1 m, mesmo em condições de moderada exposição às ondas. Por exemplo, modificações na morfologia e profundidade do fundo da área próxima ao costão, que podem provocar alterações na ação das ondas e consequentemente alterar a distribuição vertical dos organismos no costão rochoso. Também pode contribuir para aumentar a margem de erro a imprecisão na identificação do nível superior do recife; por exemplo, quando ocorrem apenas escassos restos do recife. Ademais, como na costa brasileira, ao sul de Cabo Frio, não ocorrem vermetídeos vivos, a comparação do nível homólogo de vida dos vermetídeos com outro organismo também pode contribuir no aumento da margem de erro. Por exemplo, o limite superior de *Phragmatopoma lapidosa*, utilizado por Angulo (1992a, 1992b), Angulo *et al.* (1999b) e neste trabalho, pode ter maior variação vertical e não corresponder exatamente ao nível superior de vida dos vermetídeos.

CONCLUSÕES Com relação a idade das barreiras, pode-se concluir que é pouco provável que os ácidos húmicos e fúlvicos epigenéticos tenham influenciado as datações realizadas sobre amostras de fragmentos de madeira provenientes de terraços marinhos com enriquecimento epigenético de matéria orgânica. Assim, as datações que forneceram idades do Holoceno correspondem a barreiras com esta idade.

Com relação as variações do nível do mar, pode-se concluir que: (a) os restos de recifes *in situ*, compostos predominantemente de tubos do vermetídeo *Petaloconchus* (*Macrophragma*) *varians*, são os indicadores de paleoníveis marinhos mais confiáveis e precisos encontrados no litoral paranaense, sendo a margem de erro de $\pm 1,0$ m; (b) a altura do topo dos bancos de conchas com predominância de *Anomalocardia brasiliana* e com abundantes conchas em posição de vida, indica paleonível igual ou superior ao nível médio do mar na época de vida dos indivíduos; (c) a interpretação de paleoníveis a partir de indicadores compostos, trazem embutida a incerteza da amostra datada ser mais antiga que a estrutura utilizada para determinar o paleonível, fornecendo, portanto, apenas idades máximas.

Com relação as variações do nível relativo do mar no litoral paranaense pode-se concluir que: (I) os indicadores de paleoníveis marinhos durante o Pleistoceno tardio indicam apenas que o mar atingiu níveis superiores a 4,0 m, sendo compatíveis com a interpretação do máximo de 8 ± 2 m inferido por Martin *et al.* (1988); (II) no Holoceno (Fig. 10): (a) as datações de tubos de vermetídeos indicam que a altura máxima do nível do mar no Paraná ocorreu entre 5370 e 4630 anos A. P., sendo compatível com o período de 5000 a 5400, sugerido Angulo & Souza (1999) para a costa brasileira; (b) a alti-

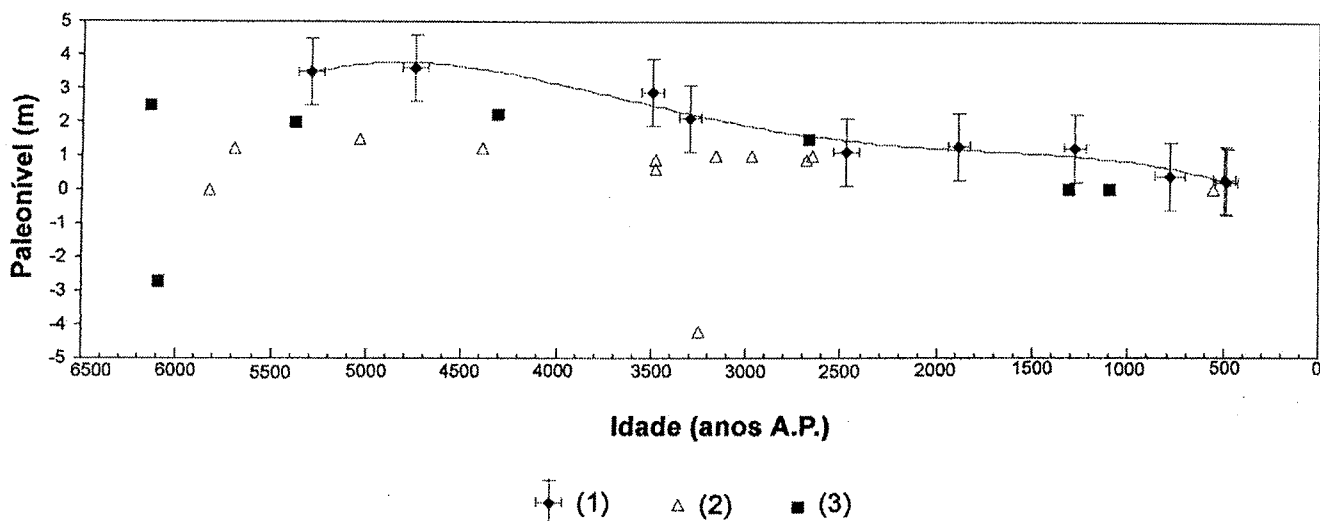


Figura 10 - Paleoníveis marinhos holocênicos no litoral paranaense e na Ilha do Cardoso, no sul paulista, e curva de variação do nível relativo do mar a partir de tubos de vermetídeos. A curva é resultante do melhor ajuste do polinômio de 4ª ordem. (1) paleonível com margem de erro inferido a partir de tubos de vermetídeos; (2) paleonível mínimo inferido a partir de conchas de moluscos com predominância de *Anomalocardia brasiliana*; (3) paleonível mínimo inferido a partir de indicadores compostos, principalmente estruturas associadas a fragmentos de madeira ou conchas.

tude do máximo na costa paranaense, indicado por duas datações de vermetídeos, estaria em torno de 3,5-3,6 ± 1,0 m. Esta altitude é superior a definida por Martin *et al.* (1988) (< 2,5 m), mas compatível com a altitude em torno de 4,0 m sugerida por Angulo & Suguio (1995) e semelhante à de 3,5 m identificada por Lessa *et al.* (2000); (c) após o máximo, teria ocorrido um declínio progressivo do nível do mar, semelhante ao sugerido por Angulo & Lessa (1997) para a costa brasileira, não se descartando a ocorrência de oscilações de ordem de alguns decímetros; (d) não foram encontradas evidências das oscilações de mais de 2 m sugeridas por Suguio *et al.* (1985) e Martin *et al.* (1998), sendo que no período de 3000 a 2700 quando o mar teria alcançado níveis inferiores ao atual segundo estes autores, há dois indicadores que forneceram paleoníveis superiores a 0,9 e 1,0 m (Tabela 1); (e) na costa paranaense não foram encontradas evidências de níveis inferiores ao atual nos últimos 2000 anos, como identificados por

Tomazelli & Villwock (1989 *apud* Tomazelli 1990) na costa do Rio Grande do Sul, sendo que duas datações de vermetídeos sugerem que o mar tinha níveis superiores ao atual por volta de 500 anos A. P.; (f) os paleoníveis inferidos a partir de agrupamentos de conchas de moluscos com predominância de *Anomalocardia brasiliana* e de indicadores compostos tais como estruturas associadas a conchas transportadas e fragmentos de madeira, conforme definidos ou reinterpretados neste trabalho, são compatíveis com os paleoníveis inferidos a partir de tubos de vermetídeos na costa paranaense.

Agradecimentos Ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa e pelo apoio financeiro através do projeto individual Evolução das planícies costeiras atuais dos estados do Paraná e norte de Santa Catarina (460134/00-0). Aos revisores anônimos da RBG pelas sugestões ao manuscrito.

Referências

- Angulo R. J. 1992a. *Geologia da planície costeira do Estado do Paraná*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 334p.
- Angulo R. J. 1992b. Ambientes de sedimentação da planície costeira com cordões litorâneos no Estado do Paraná. *Bol. Paran. Geoc.*, **40**:69-114.
- Angulo R. J. & Absher T. M. 1992. Sedimentos paleoestuarinos da planície costeira do Estado do Paraná. *Bol. Paran. Geoc.*, **40**:115-135.
- Angulo R. J. 1993. Indicadores biológicos de paleoníveis marinhos quaternários na costa paranaense. *Bol. Paran. Geoc.*, **41**:1-34.
- Angulo R. J. 1994. Indicadores morfológicos e sedimentológicos de paleoníveis marinhos quaternários na costa paranaense. *Bol. Paran. Geoc.*, **42**:185-202.
- Angulo R. J. & Suguio K. 1994. Problems in interpreting Quaternary beach-ridges: example from the State of Paraná coast, Brazil. *Anais da Acad. Bras. Ciências*, **66**(3):347-358.
- Angulo R. J. & Suguio K. 1995. Re-evaluation of the maxima of the Holocene sea-level curve for the State of Paraná, Brazil. *Palaeog., Palaeocli., Palaeoec.*, **112**: 385-393
- Angulo R. J. & Lessa G. 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geol.*, **140**:141-166.

- Angulo R. J. & Souza M. C. de. 1999. Relative variation curves in sea-level during the last 7000 years in Brazil: a review. In: C.H. Fletcher & J.V. Matthews (eds.), *The non-steady state of the inner shelf and shoreline: coastal change on the time scale of decades to millennia in the late Quaternary*, Inaugural Meeting of IGCP Project #437 "Coastal environmental change during sea level highstands", Honolulu, Hawaii, Abstracts with Programs, 31-34.
- Angulo R. J., Souza M. C. de, Araújo A. D. de, Pessenda L. C. R., Odreski L. L. R., Lamour M. R., Carrilho J. C., Nadal C. A. 1999a. Fácies sedimentares de uma barreira regressiva holocênica na planície costeira de Praia de Leste, Estado do Paraná. In: ABEQUA, VII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Porto Seguro, *Resumos Expandidos*, CD Rom.
- Angulo R. J., Giannini P. C. F., Suguio K., Pessenda L. C. R. 1999b. The relative sea-level changes in the last 5,500 years southern Brazil (Laguna-Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid ¹⁴C ages. *Marine Geology*, **159**:327-339.
- Bigarella J. J. 1946. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. *Arq. Biol. Tecnol.*, **1**:75-11.
- Bigarella J. J., Doubek A., Salamuni R. 1957. Planta geológica provisória da baía de Guaratuba. *Bol. Univer. Fed. Paraná, Geologia.*, **8**:1-6.
- Bigarella J. J., Freire S. S., Salamuni R., Viana, R. 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes, II Praias de Matinhos e Caiobá. *Bol. Univer. Fed. Paraná, Geografia Física*, **6**:1-109.
- Bigarella J. J. & Sanches J. 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes. V- Praia suspensa do saco da Tamarutaca, Município de Paranaguá - PR. *Bol. Parana. Geogr.*, **18 a 20**:151-175.
- Bigarella J. J. 1971. Variações climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do Carbono 14. *Paleoclimas*, **1**:1-22.
- Bigarella J. J. & Becker R. D. (eds.). 1975. International symposium on the Quaternary. Topics for discussion. *Bol. Parana. Geoc.*, **33**:169-276.
- Delibrias G. & Laborel J. 1971. Recent variations of the sea level along the Brazilian coast. *Quaternária*, **14**:45-49.
- Emperaire J. & Laming A. 1956. Les sambaquis de la cote meridionale du Brésil, Campanhe de Fouilles (1954-1956). *J. Soc. Américanistes*, **45**:5-163.
- Green J. W. 1963. Wood cellulose. In: Wistler, R.L. (ed.) *Methods in carbohydrate chemistry*. New York: Academic Press, 3:9-24.
- Hurt W. R. & Blasi O. 1960. O sambaqui do Macedo A.52. B. Paraná-Brasil. Arquivo do Conselho de Pesquisa da Universidade do Paraná, **2**:1-98.
- Hurt W. R. 1962. New and revised radiocarbon dates from Brazil. Museum News Over Museum, State Univ, **23**(11-12):1-4.
- Laborel J. 1977. Are reef-building Vermetids disappearing in the South Atlantic?. In: III Intern. Coral Reef Symp., Miami, *Proc.*, .233-237.
- Laborel J. 1979. Fixed marine organisms as biological indicator for the study of recent sea level and climatic variations along the Brazilian tropical coast. In: Inter. Symp. on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo, *Proc.*, 193-211.
- Laborel J. 1986. Vermetid gastropods as sea-level indicators. In: O. Van de Plassche (ed.) *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. Geo Books, Norwich, 281-310.
- Laming-Emperaire A. 1968. Missions archéologiques françaises au Chile Austral et au Brésil Méridional. *J. Soc. Américanistes*, **57**:77-79.
- Lessa G., Angulo R. J., Giannini P. C. F., Araújo A.D. 2000. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. *Marine Geol.*, **165**:87-108
- Martin L., Suguio K., Flexor J. M. 1979a. Precautions sur l'utilisation des datations par le radiocarbone pour la reconstruction des anciens niveaux marins (Additif et correctif à: "Le quaternaire marin du litoral brésilien entre Cananeia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ)". In: K. Suguio, T.R. Fairchild, L. Martin, J.M. Flexor (ed.)/IGCP, São Paulo, International Symp. on Coastal Evolution in the Quaternary, *Proc.*, 332-342.
- Martin L., Flexor J. M., Boas G. S.V., Bittencourt A. C. S. P., Guimarães M. M. M. 1979b. Courbe de variation du niveau relatif de la mer au cours des 7000 dernières années sur un secteur homogène du littoral brésilien (nord de Salvador - Bahia). In: K. Suguio, T.R. Fairchild, L. Martin, J.M. Flexor (ed.)/IGCP, São Paulo, International Symp. on Coastal Evolution in the Quaternary, *Proc.*, 264-295.
- Martin L., Morner N. A., Flexor J. M., Suguio K. 1982. Reconstrução de antigos níveis marinhos do quaternário. Sociedade Brasileira de Geologia Publicação Especial, 154p.
- Martin L., Suguio K., Flexor J. M., Azevedo A. E. G. 1988. Mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina. Brasília, DNPM, 40p, 2 mapas (Série Geológica boletim 28).
- Martin L., Bittencourt A. C. S. P., Dominguez J. M. L., Flexor J. M., Suguio K. 1998. Oscillations or not oscillations, that is the question: Comment on Angulo, R.J. and Lessa, G.C. "The Brazilian sea-level curves: a critical review with emphasis on the curves from the Paranaguá and Cananeia regions" (*Marine Geology*, 140:141-166). *Marine Geol.*, **150**:179-187.
- Pessenda L. C. R. & Camargo P. B. 1991. Datações radiocarbônicas de amostras de interesse arqueológico e geológico por espectrometria de cintilação líquida de baixa radiação de fundo. *Química Nova*, **14**:98-103.
- Rauth J. W. 1962. O sambaqui de Saquarema. Boletim da Universidade do Paraná, s/n., 73 p.
- Suguio K., Martin L., Flexor J. M. 1980. Sea level fluctuations during the past 6000 years along the coast of the state of São Paulo, Brazil. In: N.A. Mörner (ed), *Earth reology, isostasy and eustasy*. Chichester, John Wiley & Sons, 471-486.
- Suguio K., Martin L., Bittencourt A. C. S. P., Dominguez J. M. L., Flexor J. M., Azevedo A. E. G. de. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Rev. Bras. Geoc.*, **15**(4):273-286.
- Tomazelli L. J. 1990. *Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul, com ênfase no sistema eólico*. Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Tese de Doutorado, 270 p.
- Van Andel T. H. & Laborel J. 1964. Recent high sea-level stand near Recife, Brazil. *Science*, **145**:580-581.

Manuscrito A-1230

Recebido em 04 de junho de 2001

Revisão dos autores em 01 de março de 2002

Revisão aceita em 05 de março de 2002