

DINÂMICA DE PRAIA E TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NA RESTINGA DA MAÇAMBABA, RJ

DIETER MUEHE* e CARLOS HENRIQUE TAVARES CORRÊA**

ABSTRACT BEACH DYNAMICS AND SEDIMENT TRANSPORT AT MAÇAMBABA BARRIER BEACH, RJ. The restinga of Maçambaba is a double barrier beach system in front of the lagoon of Araruama, striking from east at Cabo Frio, to the west, up to the proximity of Saquarema. Under fair weather conditions, the beach is affected by wave from SE to SSE and under storm conditions from S to SSW. Observations of wave incidence and wave height indicate an equilibrium between the longshore sediment transport in the direction of both the extremities of the beach. Measurements of beach profiles however show a greater amplitude of profile variation on the western side of the beach arc. This results from sediment accumulation under fair weather conditions, and the predominance of onshore-offshore sediment transport over the longshore sediment transport as the mechanism responsible for the erosion and deposition of sediment at the beach. The beach sediments show an eastward decreasing grain size gradient, as also does the grain size of the shoreface. Hence the grain size distribution of the beach sediments is a response of the shoreface grain size and not an indication of longshore transport to the east. Thus the constructional process, responsible for the building of the barrier beach, is rather a combination of frontal accretion with minor lateral growth through longshore sediment transport, and not coastwise spit progradation from west to east as assumed in earlier studies.

RESUMO A Restinga da Maçambaba é composta por um sistema de cordões litorâneos duplos dispostos em frente à Lagoa de Araruama. Apresentando direção leste-oeste, a restinga se apóia a leste no Araraial do Cabo e a oeste nos afloramentos de Itaúna, nas proximidades de Saquarema. Sob condições de tempo bom, a praia é afetada por ondas de SE a SSE e nas tempestades, por ondas de S a SSW. Observações de incidência e altura de ondas indicam a prevalência de um equilíbrio de transporte de sedimentos, pela corrente longitudinal, em direção a ambas as extremidades do arco praiial. Mensurações de perfis de praia entretanto indicam uma amplitude maior de variação dos perfis no lado ocidental do arco praiial, quando comparado com o lado oriental. Esse resultado é reflexo da acumulação de sedimentos durante condições de tempo bom e do predomínio de transporte perpendicular à praia sobre o transporte longitudinal. Os sedimentos da praia apresentam o mesmo gradiente de decréscimo do tamanho granulométrico em direção a leste que os sedimentos marinhos entre a zona externa à arrebenção e a batimétrica de 25 m. Assim sendo, a distribuição granulométrica dos sedimentos da praia é reflexo da granulometria da plataforma continental interna e não um indicador de direção de transporte em direção a leste. O processo de construção, responsável pela formação dos cordões litorâneos, é interpretado como resultado do predomínio de progradação frontal com alguma progradação lateral, para ambas as direções da restinga, e não como decorrência de progradação lateral, em direção a leste, como se inferiu nos primeiros trabalhos sobre a região.

INTRODUÇÃO A linha de costa entre a Baía de Sepetiba e o Cabo Frio, no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, é caracterizada por uma sucessão de restingas de direção predominantemente leste-oeste (Fig. 1). A origem dessas restingas foi inicialmente descrita por Lamego (1940, 1945) quando, em dois trabalhos que se tornaram clássicos, aplica as idéias vigentes em sua época sobre a formação de restingas. Assim, Lamego descreve a evolução das restingas como tendo ocorrido por progradação lateral em direção a leste pela ação de "correntes litorâneas", levando ao aprisionamento dos corpos d'água de hipotéticas enseadas e dando, dessa forma, origem às lagunas costeiras.

Silvester (1968), em um estudo, em escala mundial, sobre o transporte de sedimentos, baseado na configuração do litoral e na direção das ondas construtivas (*swell*), caracteriza o transporte longitudinal na região entre a Restinga da Marambaia e o Cabo Frio como não apresentando uma resultante definida. Mas foram Ponçano *et al.* (1979), ao estudarem a Restinga da Marambaia, os primeiros autores a discordarem do modelo de evolução adotado por Lamego, propondo para aquela restinga um crescimento por combinação de progradação lateral em duas direções e incorporação de coroas arenosas. Mais recentemente, Muehe (1982, 1984) aponta evidências de migração em direção ao continente dos cordões litorâneos mais recentes entre as pontas de Itacoatiara e Negra, sem entrar na discussão sobre processos de progradação lateral. Já Perrin (1984),

ao estudar a mesma área, considera a deriva lateral de sedimentos em direção a leste como fundamental na evolução das restingas. Ainda sobre a mesma área, Turcq *et al.* (1986) interpretam a evolução da restinga como decorrência da combinação de migração transgressiva do cordão litorâneo e transporte longitudinal em direção a leste. Migração transgressiva de ilhas-barreiras foi a interpretação dada por Maia *et al.* (1984) para a evolução da Restinga de Jacarepaguá e por Coe Neto (1984) para os cordões litorâneos da Restinga da Maçambaba.

Para o caso da Restinga da Maçambaba, a presença de dois corpos arenosos, ou cordões litorâneos, bem individualizados, formando o que vem sendo genericamente denominado restinga, a ausência de areias tipicamente marinhas na margem norte da laguna e ainda a interpretação de um campo de dunas como sendo cristas de praia cuja orientação nordeste-sudoeste comprovaria a progradação lateral (Lamego 1945) mostram que algumas revisões necessitam ser feitas.

Só a presença de dois cordões litorâneos já indica que a evolução da restinga foi mais complexa que a admitida por Lamego. É mesmo provável que o cordão litorâneo mais antigo tenha migrado para sua posição atual a partir de algum ponto da plataforma continental interna em consonância com a subida do nível do mar, para posteriormente sofrer um processo de alargamento por progradação em direção ao oceano. Mas, qualquer que tenha sido a seqüência evolutiva da restinga,

* Pesquisador do CNPq, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CEP 21941, Rio de Janeiro, RJ

** Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CEP 21941, Rio de Janeiro, RJ

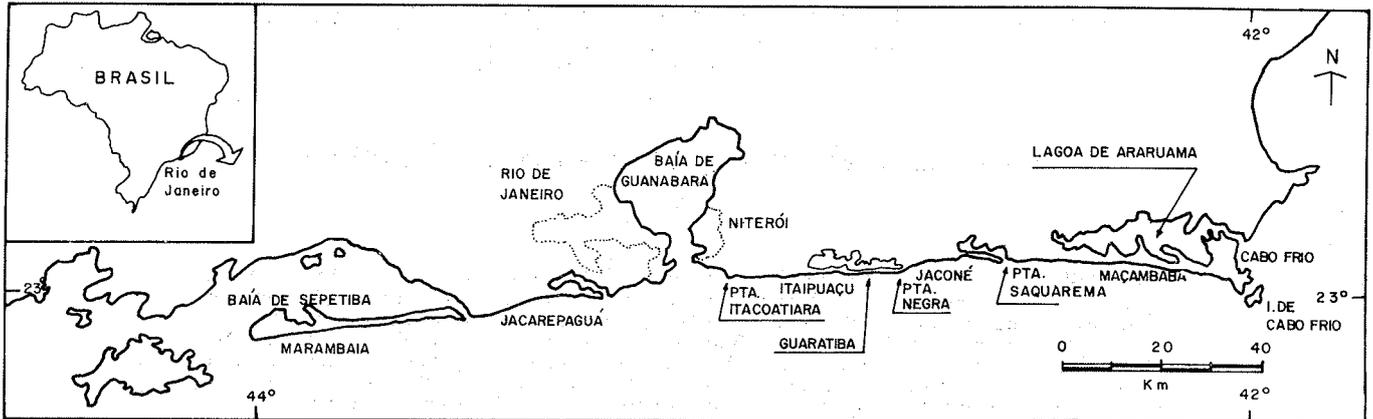


Figura 1 – Localização das praias oceânicas entre a Baía de Sepetiba e o Cabo Frio

Figure 1 – Location of oceanic beaches from Sepetiba bay to Cabo Frio

ga, é interessante verificar se de fato o transporte longitudinal em direção a leste é predominante no deslocamento dos sedimentos ao longo do arco praial, o que, em caso de confirmação, comprovaria o acerto de Lamego quanto à avaliação da forma de crescimento longitudinal dos cordões, mesmo que esse crescimento se tenha dado em local diferente da posição atualmente ocupada pelos mesmos.

A ausência de registros de longa duração, de altura e direção de ondas, no litoral entre Cabo Frio e Rio de Janeiro, impede a realização de uma avaliação mais precisa do transporte de sedimentos a partir do cálculo da refração das mesmas. Entretanto, os dados levantados por Souza (1988) e Souza & Ribeiro (1988) sobre a distribuição de energia das ondas para a região da Bacia de Campos, a nordeste do Cabo Frio, permitem uma caracterização da distribuição da energia das mesmas por direção e ao longo do ano (Fig. 2). A Figura 2A mostra que 54% da energia são provenientes de ondas associadas à alta pressão do Atlântico Sul e 46% de ondas associadas às frentes frias, provenientes do sul. Como o litoral a oeste do Cabo Frio apresenta orientação leste-oeste, as ondas provenientes do quadrante NE só podem atingir a região de estudo após sofrerem refração em torno do Cabo Frio, o que forçosamente aumenta a participação das ondas de SE quando comparado com as medições realizadas ao largo de Macaé. A figura 2A ainda mostra que a maior concentração de energia nas ondas de tempo bom se dá nas ondas de SE e SSE e nas tempestades nas ondas de S a SSW. A figura 2B mostra que o mês de julho é o que apresenta ondas de maior energia, refletindo a maior frequência de entrada de ondas de tempestade, enquanto os meses de janeiro e fevereiro são os que recebem ondas de menor energia.

A formação de um cordão litorâneo por progradação lateral foi originalmente proposto por Gilbert (1885) e exige obliquidade de incidência de ondas capaz de gerar uma corrente longitudinal (*longshore current*) com velocidade suficiente para transportar os sedimentos ao longo da praia. Cordões litorâneos também se formam por elevação e migração de uma praia em consonância com uma subida do nível do mar e formação de uma laguna à retaguarda por afogamento (Hoyt 1967). O caso mais comum, entretanto, é provavelmente a formação por uma combinação de processos (Schwartz 1971, Field & Duane 1976, entre outros). No caso da Restinga da Maçambaba, a premissa, para a adoção do modelo de progradação lateral em direção a leste, é a adequação da obliquidade de incidência das ondas. Também nesse aspecto surge, numa primeira reflexão, uma certa dificuldade. As ondas construtivas, que afetam a região considerada, vêm do quadrante SE. São de ocorrência mais freqüente e induzem um transporte dos sedimentos, na zona de surfe, em direção a oeste,

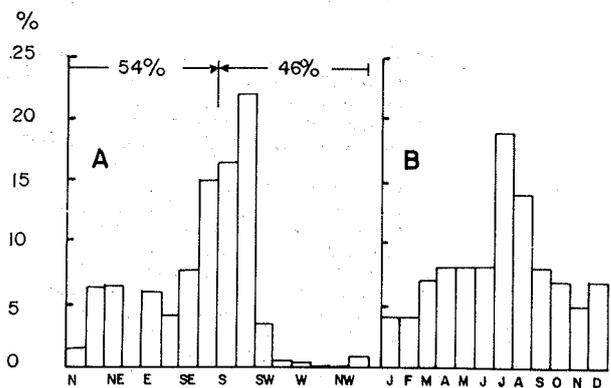


Figura 2 – Distribuição da energia das ondas na região a nordeste do Cabo Frio, por direção (A) e por mês (B), segundo dados levantados por Souza (1988) e Souza & Ribeiro (1988)

Figure 2 – Wave energy distribution northeastward from Cabo Frio according to direction (A) and month (B), based on data presented by Souza (1988) and Souza & Ribeiro (1988)

contrário portanto ao esperado para o modelo de Lamego. As ondas de tempestade vêm de S a SSW, propícias portanto à geração de uma corrente longitudinal em direção a leste. Entretanto, o caráter destrutivo dessas ondas tende, pelo menos em tese, a retirar areia da praia e transportá-la para além da zona de arrebatamento, onde se acumula em forma de bancos, para ser posteriormente devolvida à praia sob condições de tempo bom. A praia responde a essas variações de energia com variações de seu perfil transversal e longitudinal.

O objetivo do presente trabalho é o de avaliar, numa primeira aproximação, as variações do perfil de praia nas duas extremidades da Praia da Maçambaba, partindo da hipótese de que a existência de uma resultante de transporte de areia ao longo do arco praial se reflete num aumento de volume no perfil de praia a jusante da direção de transporte e por diminuição do volume a montante.

METODOLOGIA Os perfis de praia foram levantados em posições equidistantes de cada extremidade do arco praial, tendo o afastamento sido definido pela posição que, na extremidade leste, não mais sofresse proteção pela Ilha do Cabo Frio (Fig.3).

Para o nivelamento, adotou-se o método das balizas

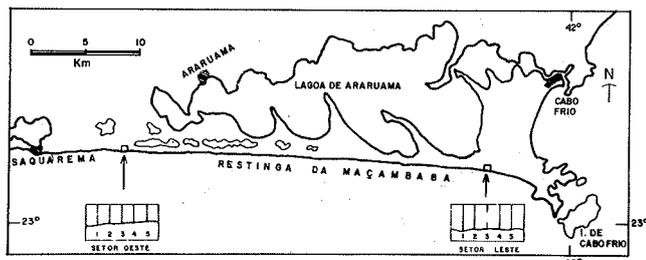


Figura 3 – Localização dos perfis de praia
Figure 3 – Location of beach profiles

(Emery 1961), realizando-se o mesmo sempre por ocasião da baixa mar. Devido à distância entre os dois locais, da ordem de 35 km, os nivelamentos foram realizados em dias alternados em cada uma das extremidades. Para cada dia de observação foram levantados cinco perfis perpendiculares à praia, distanciados entre si de 40 m e estendendo-se do pós-praia até o recuo máximo da onda na face da praia. Visava-se com isso, obter uma caracterização melhor das variações volumétricas do perfil de praia em vez da realização de apenas um perfil em cada observação.

O ganho ou a perda de areia entre dois nivelamentos consecutivos do mesmo local foi expresso pela variação do volume calculado pela soma das áreas dos perfis levantados multiplicado pela semidistância dos perfis segundo a relação:

$$V = (S_1 + 2S_2 + 2S_3 + 2S_4 + S_5) \cdot 20 \quad (1)$$

em que V é o volume expresso em metro cúbico e S_n é a área de um dado perfil. O fator 20 representa a metade da distância horizontal entre dois perfis.

Durante ou logo após cada nivelamento foram feitas medidas do ângulo de incidência e da altura das ondas na arrebentação. O ângulo de incidência foi medido por meio de bússola. Para a medição da altura da onda, foi posicionada uma mira topográfica na faixa de recuo máximo da onda na face da praia, posição correspondente, segundo Bigarella *et al.* (1961), ao nível do mar no momento da observação. A medição era feita projetando para a mira uma linha que ligasse a linha do horizonte com a altura da onda imediatamente antes de arrebentar. Nesse processo procurou-se caracterizar a onda significativa, correspondente à média de um terço das ondas mais altas e que, grosseiramente, corresponde à estimativa visual da altura representativa das ondas que um observador intuitivamente tende a apresentar (Komar 1983).

Uma avaliação do volume de areia transportada pela corrente longitudinal foi realizada empregando a equação estabelecida por Komar (1983).

$$Q_s = 3,4 (ECn)_b \text{sen} \alpha_b \text{cos} \alpha_b \quad (2)$$

em que Q_s é a taxa de transporte dada em metro cúbico por dia; E, a energia da onda; C, a celeridade da onda; n, a taxa de transferência de energia (igual a 1 em águas rasas); e α_b, o ângulo formado entre a crista da onda na arrebentação e a linha da praia. A energia é calculada pela relação:

$$E = 1/8 (\delta g H_b^2) \quad (3)$$

em que δ é a densidade da água (1.020 kg/m³); g, a aceleração da gravidade; e H_b, a altura da onda significativa na arrebentação. A celeridade em águas rasas foi calculada pela fórmula

$$C = \sqrt{g(h + H_b)} \quad (4)$$

em que h é a profundidade da água próxima à arrebentação. Como uma onda arrebenta quando a relação H/h se situa entre 0,75 e 1,2 (Komar 1983), foi adotado para h o mesmo valor de H. Os resultados obtidos, por se basearem em medidas instantâneas de altura de onda e de medições do ângulo de obliquidade de incidência das ondas por meio de bússola, sujeitas portanto a erros, devem ser vistos apenas como uma maneira de avaliação muito grosseira do volume de transporte, mas que, para efeito de um balanço entre fluxos de direções opostas, apresentam necessariamente um resultado melhor que a simples consideração da frequência de ocorrência de direção da corrente longitudinal.

A velocidade do vento foi medida por meio de um anemômetro e a direção, por meio de bússola.

A característica granulométrica da areia foi determinada por peneiramento a seco de amostras coletadas na berma ao longo do arco praiar e ao longo de perfis, perpendiculares à praia, no limite oceânico do *nearshore*, ou seja, logo após à faixa de arrebentação em direção ao mar aberto, e dali em diante nas distâncias de 0,1; 0,2; 0,3 e 0,5 milhas náuticas, até profundidades da ordem de 25 m, englobando dessa forma a zona de transição (*shoreface*) entre a antepraia e a plataforma continental interna.

Os levantamentos dos perfis de praia foram realizados no inverno de 1985 e verão de 1986. As coletas de amostras na praia foram realizadas no verão de 1986 e na zona submarina, no verão de 1987, em ambos os casos após longa estabilidade de tempo bom. Para a coleta de amostras na berma da praia foram cavados buracos de aproximadamente 1m de profundidade, realizando-se a amostragem por raspagem de um dos lados de cada escavação para mostrar o maior número possível de estratos sedimentares. Deve ser ressaltado que, devido à grande homogeneidade do material, o desenvolvimento de estratos sedimentares visíveis é extremamente incipiente. O material coletado era jogado numa lona, homogeneizado e quarterado até a obtenção de uma amostra para remessa ao laboratório. A amostragem dos sedimentos do fundo marinho foi realizada por meio de uma pequena draga cilíndrica de arrasto.

RESULTADOS Na figura 4 são apresentados os perfis levantados cuja quantificação, em termos de variação de volume do respectivo setor, é mostrada na tabela 1. Observa-se

Tabela 1 – Volume de sedimentos na praia e transporte na zona de surfe nos setores leste e oeste da Maçambaba
Table 1 – Sediment volumes in the beach and transport in surf zone in east and west sectors from Maçambaba.

Período	Vol. areia na praia		Ondas		Transporte para		Vento	
	oeste m ³	leste m ³	H _b	αm	oeste m ³	leste m ³	Dir.	Vel. m/s
I								
N	18.7.85	20.980	1,7	5°0	6.161	-	60°0	4,8
V	19.7.85	25.560	1,6	1°0	1.064	-	50°0	3,6
E	22.7.85	20.660	0,9	5°0	1.256	-	220°0	6,4
R	23.7.85	28.060	0,6	1°0	91	-	265°0	3,4
N	25.7.85	20.900	2,4	10°0	28.738	-	70°0	3,7
O	26.7.85	29.020	1,7	16°0	18.802	-	105°0	6,3
Balanco Amplit. Var.	+ 3.460	-80			Soma 56.112	-		
	3.460	320						
	7.2.86	20.000	0,9	8°0	1.994	-	71°0	4,3
	8.2.86	39.120	1,1	1°0	417	-	80°0	2,7
	9.2.86	19.680	0,8	5°0	936	-	45°0	5,5
V	10.2.86	40.640	1,6	0°0	-	-	120°0	3,7
E	11.2.86	19.760	1,2	5°0	2.579	-	148°0	2,6
R	12.2.86	40.160	1,5	1°0	905	-	220°0	3,9
Ã	13.2.86	20.250	2,4	5°0	14.591	-	167°0	4,0
O	14.2.86	39.680	2,3	16°0	40.033	-	140°0	3,4
	15.2.86	18.920	1,7	10°0	12.135	-	55°0	7,1
	16.2.86	40.420	1,3	28°0	15.042	-	50°0	2,2
	17.2.86	19.460	1,6	7°0	7.376	-	160°0	2,0
Balanco Amplit. Var.	+ 1.300	-540			Soma 96.008	-		
	1.520	1.330						

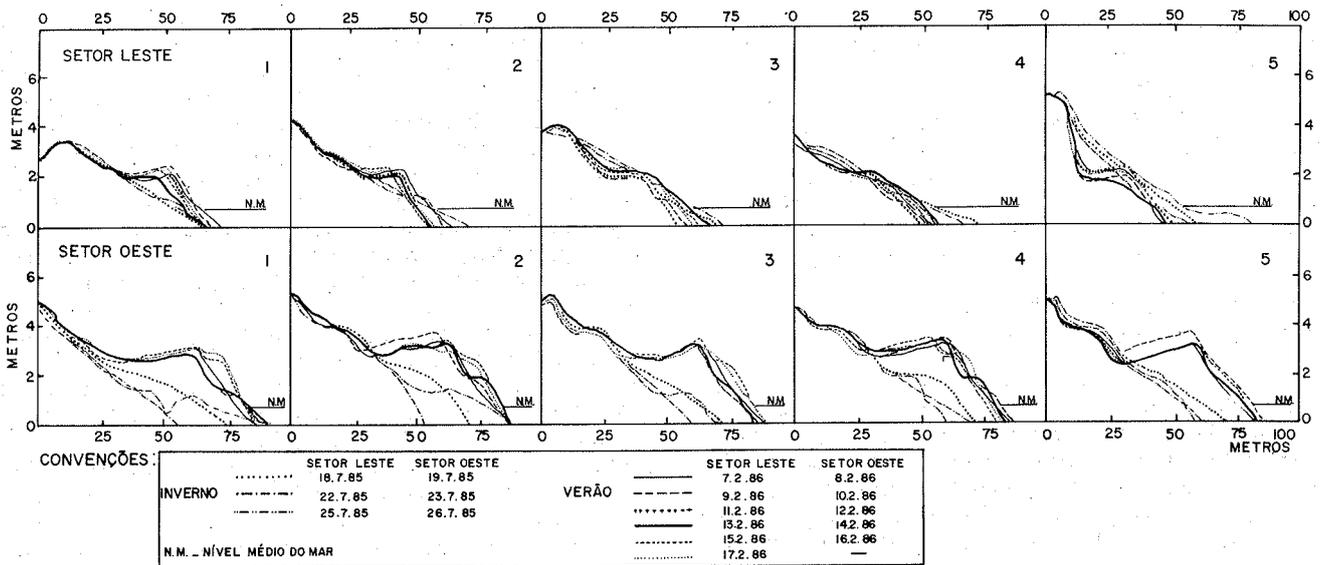


Figura 4 – Superposição dos perfis de praia evidenciando a maior variabilidade dos mesmos no setor oeste
 Figure 4 – Comparison between beach profiles indicates the greater variability of the western sector

de imediato que o setor leste apresentou perda de areia nas duas estações do ano enquanto o setor oeste apresentou ganhos em ambas as estações.

A simples inspeção visual da figura 4 mostra, e a comparação estatística pelo teste-t de Student (Ayres & Ayres Jr. 1987) confirma, ao nível de probabilidade de 99%, que entre os dois setores a variabilidade da forma, e conseqüentemente do volume, dos perfis de praia se diferencia significativamente e, em cada setor, os perfis de verão se distinguem dos de inverno.

A análise conjunta da figura 4 e da tabela 1 mostra que as observações realizadas, tanto no inverno quanto no verão, registraram sempre condições de transporte em direção a oeste, o que em parte explica o ganho de areia do setor oeste e a perda no leste, sugerindo uma relação de causa e efeito como a registrada por Bittencourt *et al.* (1987) na Praia da Armação, em Salvador, Bahia. Entretanto, essa relação, num arco praias com mais de 47 km de comprimento, não parece ser tão direta, pois, no verão, apesar do dobro do transporte de areia em direção a oeste, quando comparado com o inverno, não se registrou uma acumulação significativa de sedimentos na praia, que praticamente se manteve estável.

O diâmetro médio da areia da berma, em ambos os setores, corresponde à classe textural da areia média, sendo porém mais fino no setor leste (tabela 2). A existência de um gradiente de decréscimo granulométrico em direção a leste (figura 5) poderia levar à interpretação de predomínio de transporte na mesma direção, como feito por Turcq *et al.* (1986) para o litoral de Maricá. A mesma figura 5, porém, mostra que os sedimentos da plataforma continental interna, mais próxima do litoral, seguem o mesmo padrão. Assim, pelo menos no caso de Maçambaba, os sedimentos da praia são aparentemente muito mais um reflexo da granulometria dos

Tabela 2 – Parâmetros granulométricos das amostras da berma dos setores leste e oeste.

Table 2 - Grain size parameters from berm samples from east and west sectors

SETOR	Md Φ	Md _{mm}	Mz Φ	Mz _{mm}	σ_1	SK _I
Leste	1,91	0,27	1,90	0,27	0,22	-0,16
Oeste	1,16	0,45	1,19	0,44	0,28	0,14

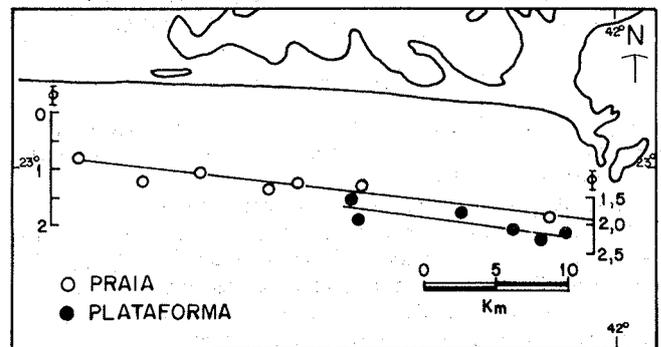


Figura 5 – Comparação entre o diâmetro médio dos sedimentos da praia e da plataforma continental interna indicando o mesmo gradiente granulométrico

Figure 5 – Comparison between the mean grain size of the beach and inner shelf sediments indicating similar grain size gradients

sedimentos da plataforma do que de processos de transporte associados à corrente longitudinal.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS Os resultados obtidos, como a tendência de perda de areia no setor leste contra um ganho no setor oeste e o predomínio de direção da corrente longitudinal em direção a oeste, não estão de acordo com o modelo de crescimento dos cordões litorâneos em direção a leste. Mas, sem uma interpretação mais cuidadosa, considerando o reduzido número de observações, também não é possível afirmar que o crescimento se tenha dado em sentido contrário.

Avaliações de altura e obliquidade de incidência das ondas haviam sido realizadas por Muehe, em dias sucessivos, no centro do arco praias de diversas praias entre Niterói e Cabo Frio. Como todas as praias consideradas apresentam aproximadamente a mesma orientação da Praia da Maçambaba, supõe-se que possam servir de comparação. Os resultados, apresentados na tabela 3, mostram que a resultante geral de transporte foi em direção a oeste, confirmando assim os resultados descritos acima. Entretanto, o valor da resultante re-

apresenta apenas algo em torno de 13% do volume de sedimentos deslocados para cada um dos lados, ou apenas 6% do transporte total. É, pois, um resultado que aponta mais para uma situação de equilíbrio, em que a maior frequência de ondas de SE, de menor energia, é compensada pela maior energia das ondas de tempestade. De fato, apesar do resultante global apontar em direção a oeste, a análise do que ocorreu em cada uma das praias isoladamente mostra uma situação variável para cada período observado. Por exemplo, a resultante de verão aponta para oeste mas no verão de 1972 o predomínio de transporte, na Praia da Maçambaba, foi para leste enquanto no verão de 1973, na Praia de Guaratiba, foi predominantemente para oeste. No inverno, a resultante de transporte aponta para leste, mas, na Praia de Jaconé, no inverno de 1972, houve um ligeiro predomínio de transporte em direção a oeste.

Tabela 3 – Balanço do transporte de sedimentos pela corrente longitudinal em diversas praias do litoral entre Niterói e Cabo Frio

Table 3 – Transport balance of sediments by longitudinal current in several beaches between Niterói and Cabo Frio.

Período	Praia	Transportado oeste	(m ³) para: leste
2.2 a 10.2.72	Maçambaba	23.000	38.000
4.2 a 19.2.73	Guaratiba	92.500	16.500
Total verão		115.550	54.500
Média diária		7.000	7.000
Resultante		61.000	
12.7 a 30.7.72	Jaconé	90.000	83.000
22.7 a 4.8.73	Itaipuaçu	49.000	84.000
Total Inverno		139.000	167.000
Média diária		8.000	14.000
Resultante		28.000	
Result. global		33.000	

Se em termos de fluxos de transporte parece haver um certo equilíbrio, é necessário verificar ainda se os fluxos direcionados para leste, em geral associados a ondas de tempestade, se refletem nas praias de forma construtiva ou se, nas tempestades mais fortes, há uma tendência de perda de sedimentos por transporte em direção ao oceano. Apesar da não ocorrência de tempestades durante os períodos de observação, a substancial perda de sedimentos, durante o inverno, do setor oeste e a não acumulação de sedimentos no setor leste, apontam nessa direção. Correlações estatísticas entre variáveis oceanográficas e topográficas, estabelecidas por Muehe (1975) ao estudar as praias entre Niterói e Cabo Frio, evidenciaram a relação positiva entre a altura e a esbeltez das ondas e a relação negativa entre essas variáveis e o volume de areia na praia. Em outro estudo, sobre a variação topográfica da Praia de Ipanema e do fundo marinho próximo à praia, foi constatado que as subunidades geomorfológicas que mais respondem ao efeito da energia, ou seja, da altura das ondas, são a praia e a zona imediatamente além da arrebentação, tendendo a primeira a perder e a segunda a ganhar material com o aumento da energia (Muehe & Dobreiner 1977). Também Bittencourt *et al.* (1987) enfatizam a importância do transporte de sedimentos da praia para a antepraia durante as tempestades.

Um aspecto ainda não esclarecido é se a areia erodida da praia, durante as tempestades, acaba sendo posteriormente

acumulada em outro ponto da praia por ação das ondas de tempo bom. Uma oportunidade excepcional surgiu por ocasião da entrada de uma tempestade extremamente forte, que atuou nos dias 10 a 13 de agosto de 1988, e provocou intensa erosão em todas as praias da região. Foi feito então um perfil de praia, em cada um dos dois setores, 13 dias após a passagem da frente fria causadora da tempestade (Fig. 6). O resultado mostra que o perfil do setor oeste acusou uma perda substancial de areia, mas a formação de uma nova berma já estava bem adiantada por meio de migração de bancos em direção à praia. Esse fato não se refletiu no perfil levantado mas foi constatado visualmente. No setor leste, a praia também apresentou um perfil de erosão, não se registrando acumulação de areia como seria de esperar caso o transporte fosse para leste, o que não favorece a hipótese de predomínio de transporte paralelo à praia. Isso, por sua vez, induz à conclusão de que o transporte dos sedimentos, durante as tempestades, é predominantemente no sentido perpendicular e não paralelo à praia, devendo processar-se segundo uma circulação celular mais localizada, evidenciada pela freqüente segmentação da linha de praia em pequenos arcos aparentemente individualizados.

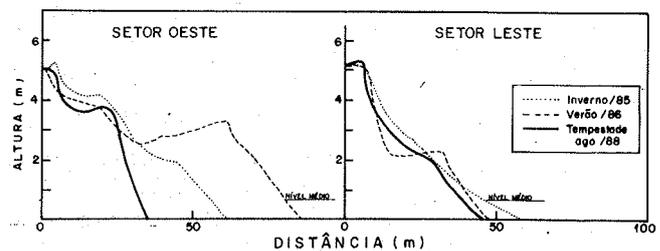


Figura 6 – Comparação do efeito erosivo de uma tempestade excepcional sobre o perfil de praia dos setores leste e oeste

Figure 6 – Comparison between the beach profile response of the western and eastern sectors to an exceptionally severe storm

CONCLUSÃO Os resultados obtidos indicam que a resultante do transporte de sedimentos na zona de surfe tende a uma situação de equilíbrio entre os fluxos dirigidos para leste e os para oeste. Esse equilíbrio, entretanto, não se refletiu na acumulação de sedimentos na praia, que, no setor leste, apresentou menor acumulação que no oeste. Este fato é interpretado como decorrente do predomínio de transporte perpendicular à praia, em direção ao oceano, durante as tempestades, associado a uma circulação celular em detrimento do transporte longitudinal, o que explicaria a menor acumulação de sedimentos no setor leste.

Em vista dos resultados obtidos fica reforçada a suposição sobre a inadequação do modelo de formação da Restinga da Maçambaba por um processo de progradação lateral, em direção a leste, conforme idealizou Lamego. Apesar dos dados até agora levantados não serem suficientes para identificar o processo predominante na formação da restinga, as observações favorecem a suposição de uma evolução mista, no sentido apontado por Field & Duane (1976) para algumas áreas da costa leste dos Estados Unidos. Esse processo se caracteriza pela combinação de migração de ilhas-barreiras em direção ao continente em adaptação à subida do nível do mar, conforme o modelo de Hoyt (1967) e também apontado por Coe Neto (1984) para a Restinga da Maçambaba, e alongamento, para ambas as direções, por progradação lateral.

Agradecimentos O presente trabalho faz parte de um projeto de levantamento geomorfológico da região costeira entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, aprovado pelo Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM). Os recursos finan-

ceiros foram concedidos pela Secretaria da Comissão Intermunicipal para os Recursos do Mar (SECIRM, Subprojeto 9262) e pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ-CEPG SAG N° 310506).

Pela participação nos trabalhos de campo, os autores expressam seus agradecimentos ao Geógrafo Gil Cavalcanti de Albuquerque, cujo auxílio durante a campanha de inverno, foi

decisivo para a realização do levantamento; e aos geógrafos André Simões Eisenlohr e Liz Abad Maximiano, assim como a Ingrid Engelke Muehe, pela participação nos levantamentos na campanha de verão. Ao Geólogo Dr. Gilberto Tavares de Macedo Dias e ao estudante de Geologia Ivan de Macedo Dias, os autores expressam seus agradecimentos pela ajuda na amostragem dos sedimentos do fundo marinho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, M. & AYRES, M. Jr. 1987. *Aplicações estatísticas em basic*. São Paulo, McGraw-Hill. 310 p.
- BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R.; MARQUES, P.L. 1961. Método para avaliação do nível oceânico à época da formação dos terraços de construção marinha. *Bol. Paran. Geogr.* 4/5.
- BITTENCOURT, A.C. da S.P.; FARIAS, F. de F.; ZANINI JÚNIOR, A. 1987. Reflexo das variações morfodinâmicas praias nas características texturais dos sedimentos da praia da Armação, Salvador, Bahia. *Rev. Bras. Geoc.*, 17(3):276-282.
- COE NETO, R. 1984. Algumas considerações sobre a origem do sistema lagunar de Araruama. In: SIMP. RESTINGAS BRASILEIRAS, Niterói. 1984. *Anais...* p. 61-63.
- EMERY, K.O. 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnol. Oceanog.*, 6:90-93.
- FIELD & DUANE. 1976. Post Pleistocene history of the United States inner continental shelf: significance to origin of barrier islands. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87:691-702.
- GILBERT, G.K. 1885. The topographic features of lake shores. *U.S. Geol. Surv.* 5th Ann. Rep. p. 69-123.
- HOYT, J.H. 1967. Barrier islands formation. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 78:1125-1135.
- KOMAR, P.D. 1983. Beach processes and erosion - an introduction. In: KOMAR, P.D. ed. *Handbook of coastal processes and erosion*. Florida, CRC Press. p. 1-20.
- LAMEGO, A.R. 1940. *Restingas na costa do Brasil*. Rio de Janeiro. B. Div. Geologia Mineralogia. 66 p. (Bol. 96).
- LAMEGO, A.R. 1945. *Ciclo evolutivo das lagunas fluminenses*. Rio de Janeiro. DNPM. (Bol. 118)
- MAIA, M. do C. de A.C.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, E.G. de A. 1984. Evolução holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ). In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v. 1, p. 105-118.
- MUEHE, D. 1975. *Análise ambiental no sistema costeiro sul-oriental do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 141 p. (Tese de Mestrado, Dep. Geogr., UFRJ)
- MUEHE, D. 1982. Evidence of landward translation of beach barriers east of Guanabara bay. In: LATIN AMERICAN REGIONAL CONFERENCE. Rio de Janeiro. 1982. *Abstracts*. International Geographical Union. p. 91-92.
- MUEHE, D. 1984. Evidências de recuo dos cordões litorâneos em direção ao continente no litoral do Rio de Janeiro. In: SIMP. RESTINGAS BRASILEIRAS, Niterói, 1984, *Anais...* p. 75-80.
- MUEHE, D. & DOBEREINER, C. 1977. Dinâmica do fundo marinho ao longo do pier de Ipanema. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 49(2):281-286.
- PERRIN, P. 1984. Evolução da costa fluminense entre as Pontas de Itacoatiara e Negra. Preenchimentos e restingas. In: SIMP. RESTINGAS BRASILEIRAS, Niterói, 1984, *Anais...* p. 65-73.
- PONÇANO, W.L.; FÚLFARO, V.J.; GIMÉNEZ, A. F. 1979. Sobre a origem da Baía de Sepetiba e da Restinga da Marambaia, RJ. SIMP. REG. GEOL., 2, Rio Claro, 1979. *Atas*. v. 1, p. 291-304.
- SILVESTER, R. 1968. Sediment transport, long-term net movement. In: FAIRBRIDGE, R.W. ed. *Encyclopedia of Geomorphology*. London, Reinhold. p. 985-988.
- SOUZA, M.H.S. de. 1988. *Clima de ondas ao norte do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 1981. (Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ)
- SOUZA, M.H.S. de & RIBEIRO, C.E.P. 1988. Wave climate off Rio de Janeiro. International Conference on Coastal Engineering. *Proceedings*. (Em publicação).

MANUSCRITO 583

Recebido em 13 de dezembro de 1988

Revisão do autor em 3 de julho de 1989

Revisão aceita em 6 de julho de 1989

Os verdadeiros cientistas o são e criam, em torno de si, o ambiente de compreensão. Os cientistas ainda meio curados apenas, ou meio cozidos, ou os cientistas que não são propriamente cientistas, mas técnicos da ciência, é que mantêm dentro de si a ilusão de que tudo sabem, tudo explicam e tudo podem.

José Reis