

PROCESSOS EROSIVOS E BALANÇO SEDIMENTOLÓGICO NA PRAIA DE PARACURU – CEARÁ – BRASIL

SOUSA, P. H. G. O.¹

Universidade Estadual do Ceará – UECE, Av. Paranjana 1700, (85) 3101 9786, sousaph@gmail.com

PINHEIRO, L. S.²

Universidade Estadual do Ceará – UECE, Av. Paranjana 1700, (85) 3101 9786, lidriana@uece.br

MORAIS, J. O.³

Universidade Estadual do Ceará – UECE, Av. Paranjana 1700, (85) 3101 9786, jader@uece.br

CARVALHO, D. A. P.⁴

Universidade Estadual do Ceará – UECE, Av. Paranjana 1700, (85) 3101 9786, dapc@baydenet.com.br

LIMA, J. S. Q.⁵

Universidade Estadual do Ceará – UECE, Av. Paranjana 1700, (85) 3101 9786,
joaosergioqueirozdelima@yahoo.com.br

LIMA, M. F.⁶

Universidade Estadual do Ceará – UECE, Av. Paranjana 1700, (85) 3101 9786,
marcelafeliciano@hotmail.com.

RESUMO

Estudos que contemplem a dinâmica da zona costeira são fundamentais no Ceará. Isso se torna ainda mais importante tendo em vista sua extensão (aproximadamente 573 km), assim como, a diversidade de seus ecossistemas. Estes ambientes desempenham importante função ambiental e sócio-econômica de âmbito local, regional e nacional, sendo também um dos principais destinos turísticos do país. Agentes como ventos, correntes, ondas e marés são os principais atores responsáveis pelo modelado e delineamento das feições costeiras, deliberando a variabilidade dos tipos de praia, tal qual a paisagem desses ambientes. Desta premissa, parte a importância do monitoramento de praias. Conhecer bem a dinâmica costeira destes ambientes, identificando pontos de erosão e/ou sedimentação, contribui efetivamente para solução de problemas não apenas ambientais, mas também sócio-econômicos. Isto implica no gerenciamento adequado dos ambientes costeiros, que pode prevenir situações críticas e propor diretrizes de manejo compatíveis com a vulnerabilidade de cada sistema. A área de estudo é a planície litorânea do Município de Paracuru, localizada a noroeste do Estado do Ceará. Esse município ocupa uma área total de 296,6 km² e está a aproximadamente 86 km de distância em relação a Fortaleza. O clima é do tipo Tropical Quente Semi-árido Brando, a temperatura média varia de 26 a 28 °C, com concentração das chuvas nos meses de janeiro a abril. Foi realizado um trabalho de reconhecimento de campo inicial para identificar os pontos com maior susceptibilidade à erosão, a partir disto, foram selecionados 5 (cinco) pontos de monitoramento ao longo da costa de Paracuru. Os experimentos de campo foram realizados nas marés de sizígia devido à maior amplitude. Estes experimentos consistem em levantamentos morfodinâmicos, hidrodinâmicos e coleta de sedimentos. No balanço sedimentar realizado na área de estudo observou-se que os pontos 1, 3 e 4 apresentaram um balanço positivo. Nos pontos 2 e 5, ocorreu uma perda considerável de -63,02 m³.m-1 e -49,23 m³.m-1, respectivamente. A altura de ondas variou de 0,4 a 1 m, as maiores alturas foram observadas nos meses de outubro/2005 e fevereiro/2006 e as menores em agosto e dezembro de 2005. O estado morfodinâmico da praia foi calculado a partir da correlação entre o tamanho do grão, altura da quebra e período de ondas quebra de ondas. A tendência natural à erosão e a intensa dinâmica em função dos trabalhos dos agentes modeladores da costa, tornam a zona costeira de Paracuru um ambiente altamente vulnerável à ocupação.

Palavras-chave: Erosão, Morfodinâmica, Balanço Sedimentológico, Paracuru.

1. INTRODUÇÃO

Estudos que contemplem a dinâmica da zona costeira são fundamentais no Ceará. Isso se torna ainda mais importante tendo em vista sua extensão (aproximadamente 573 km) assim como a diversidade de seus ecossistemas. Estes ambientes desempenham importante função ambiental e sócio-econômica de âmbito local, regional e nacional, sendo também um dos principais destinos turísticos do país. Agentes como ventos, correntes, ondas e marés são os principais atores responsáveis pelo modelado e delineamento das feições costeiras, deliberando a variabilidade dos tipos de praia, tal qual a paisagem desses ambientes.

Entretanto, as atividades humanas somadas às ações da dinâmica costeira natural podem culminar na acentuação de processos erosivos e/ou de sedimentação ao longo da faixa de praia. Atividades de exploração na zona costeira podem deixar cicatrizes no ambiente, afetando diretamente a qualidade ambiental das praias. Em contrapartida, a ocupação desordenada contribui com processos erosivos à medida que reduz as áreas fonte de sedimentos para zona costeira.

Sabe-se que “o potencial das praias em termos de qualidade cênica e ambiental é um ponto importante também para o seu uso social” (BRETON *et. al.* 1996) Isso ressalta a importância de uma praia “saudável” para atividades turísticas, de pesca, dentre outras.

No esboço do Zoneamento Geoambiental do Ceará realizado por Souza (2000), a planície litorânea aparece como um ambiente instável com alta vulnerabilidade à ocupação. O litoral do Ceará passa por um intenso processo de uso e ocupação, muitas vezes realizado sem um estudo prévio, causando sérios impactos sobre o ambiente e conseqüentemente sobre pessoas que dele se utilizam. Exemplos disso são as praias do Paracuru, Icaraí, Pacheco, Iparana (litoral oeste) e Caponga, Barra Nova e Pontal de Maceió (litoral leste), quem nos últimos anos vêm sofrendo com os reflexos da erosão costeira. Em alguns casos essa tendência traduz apenas a dinâmica natural local, no entanto, a utilização indiscriminada dos recursos naturais tem se mostrado a principal causa da erosão costeira no Estado do Ceará.

A intervenção humana materializada na construção de obras de contenção à erosão representa, muitas vezes, a única alternativa para evitar a destruição de uma comunidade praiana. Um bom exemplo disso é a praia da Caponga, reabilitada a partir da construção de um sistema de gabiões, mas que, no entanto, teve sua qualidade cênica profundamente comprometida (PINHEIRO, 2000).

Desta premissa, parte a importância do monitoramento de praias. Conhecer bem a dinâmica costeira destes ambientes, identificando pontos de erosão e/ou sedimentação, contribui efetivamente para solução de problemas não apenas ambientais, mas também sócio-econômicos. Isto implica no gerenciamento adequado dos ambientes costeiros, que pode prevenir situações críticas e propor diretrizes de manejo compatíveis com a vulnerabilidade de cada sistema. Estes objetivos integram o Projeto de Monitoramento da Erosão Costeira na Costa do Ceará – Convênio 28/2002 (FUNCAP) e Estágios Morfodinâmicos e suas implicações no uso das praias do Ceará – Processo N° 996/03 (FUNCAP / CNPq).

2. ÁREA DE ESTUDO

A planície litorânea do Município de Paracuru (Figura 1), localizada a noroeste do Estado do Ceará. Esse município ocupa uma área total de 296,6 km² e está a aproximadamente 86 km de distância em relação à Fortaleza. O clima é do tipo Tropical Quente Semi-árido Brando, a temperatura média varia de 26 a 28 °C, com concentração das chuvas nos meses de janeiro a abril.

A área de estudo está situada entre duas Áreas de Proteção Ambiental (APAs), a APA das Dunas de Paracuru e a APA do Rio Curu. Segundo Cabral (2002), as APAs são espaços que permitem o uso direto dos recursos naturais e a dominialidade pode ser pública ou privada. Fundado em 1951, atualmente tem uma população de aproximadamente 28.000 habitantes, o que lhe confere uma densidade demográfica razoável (92,74Hab/km²), levando-se em conta que se trata de uma área litorânea. O maior impacto dessa concentração se verifica na área urbana, onde reside mais de 60% da população total do município. A praia de Paracuru é bastante procurada para a prática de esportes como *surf*, *kitesurf*, *windsurf*, dentre outros.

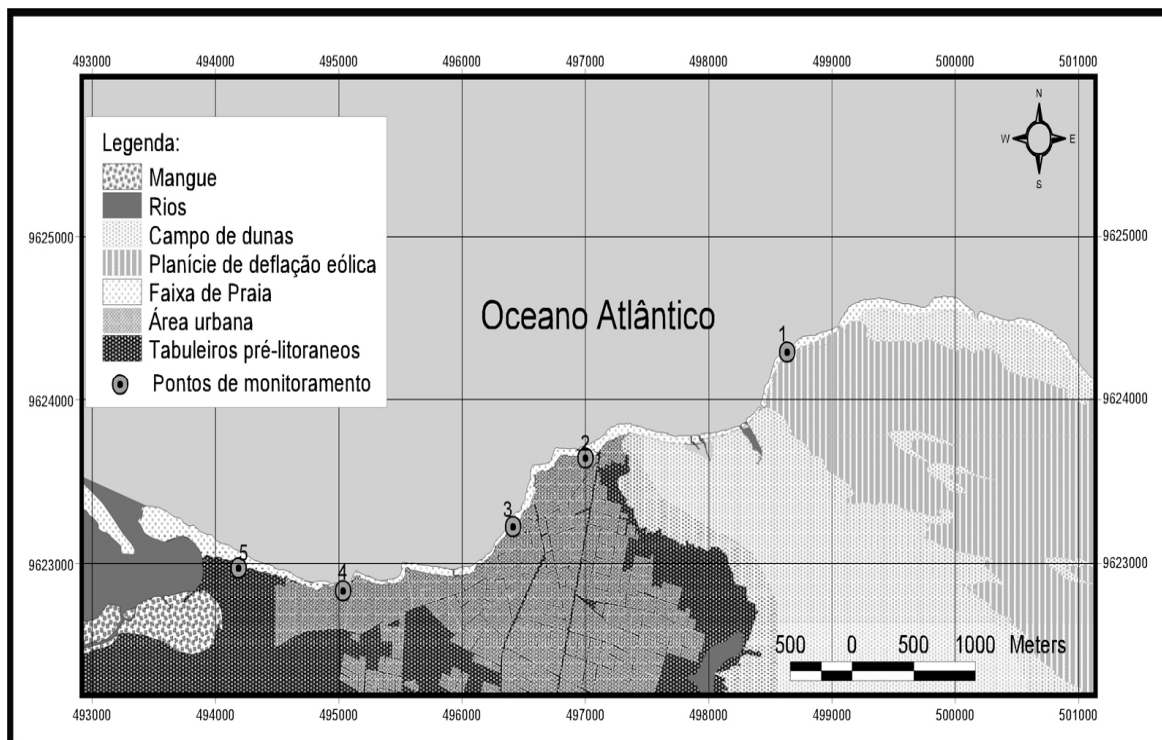


Figura 1: Mapa de Localização.

3. METODOLOGIA

Foi realizado um trabalho de reconhecimento de campo inicial para identificar os pontos com maior susceptibilidade à erosão, a partir disto, foram selecionados 5 (cinco) pontos de monitoramento ao longo da costa de Paracuru. Os experimentos de campo foram realizados nas marés de sizígia devido à maior amplitude. Estes experimentos consistem em levantamentos morfodinâmicos, hidrodinâmicos e coleta de sedimentos.

Para a realização dos perfis de praia foram utilizados um nível e uma mira topográficos observado a metodologia proposta por Emery (1961). As leituras foram feitas a cada 10 metros e/ou nos pontos com diferença significativa na morfologia da face praial. Foram mensuradas as declividades dos estirâncios superior e inferior de cada ponto ao longo dos perfis topográficos.

Os levantamentos hidrodinâmicos consistiram na obtenção de dados de ondas mensurados no local, como altura, direção e período. A altura de quebra das ondas foi mensurada com uma mira colocada na zona de arrebenção. A direção de ondas foi observada com o auxílio de uma bússola de geólogo colocada na face da praia, com a obtenção da direção de dez ondas. O período de ondas consistiu no tempo, em segundos, em que onze cristas de ondas levaram para passar por um ponto fixo. A partir da integração dos dados de hidrodinâmica, sedimentologia e perfis de praia, os setores praias foram

enquadrados nos estágios de morfodinâmica praial propostos por Wright & Short (1984) utilizando o parâmetro de Dean (1973). A equação para a obtenção deste parâmetro é descrita como:

$$\Omega = H_b / W_s \cdot T$$

Onde: Ω é o parâmetro adimensional da queda do grão; H_b é a altura da quebra de ondas; W_s é velocidade de queda; T é o período de ondas. O desconhecimento dessa mobilidade natural das praias ocasionou uma série de impactos diretos na faixa de praia de Paracuru, e o input foi o recuo da praia e o ataque direto das ondas nas estruturas instaladas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Planície litorânea de Paracuru é constituída predominantemente por sedimentos Tércio - Quaternários evidenciados pelas praias, dunas móveis e fixas. Acrescenta-se a esses sistemas os tabuleiros pré-litorâneos. A linha de costa do Estado do Ceará, bem como a área em questão é marcada por uma seqüência de enseadas abertas, formadas pelos processos naturais de refração e difração de ondas nos promontórios rochosos. Estes promontórios são representados pelas escarpas formadas na parte basal da Formação Barreiras (figura 2 a) e pelos *beach rocks* (Figura 2 b).

Segundo Morais (1968), os *beach rocks* são areias cimentadas próximas ao nível do lençol freático, onde as condições de temperatura são altas, o que possibilitaria a precipitação de CaCO_3 (Carbonato de Cálcio) como cimento. Os *beach rocks* são formações que ocorrem paralelamente à linha de costa e funcionam como obstáculo natural de proteção da praia contra os processos erosivos.

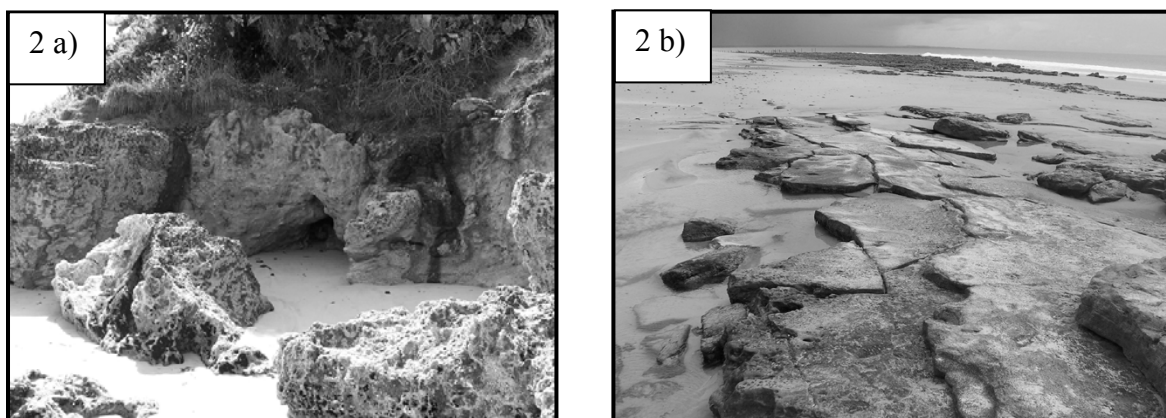


Figura 2: a) Falésias marinhas em processo de solapamento. b) *Beach Rocks* paralelos à linha de costa.

No ponto 1 onde há presença de arenitos a granulometria variou entre areia muito grossa à areia fina. Enquanto que nos pontos com ausência de arenitos, a granulometria variou de areia fina à areia média. No balanço sedimentar realizado na área de estudo (Tabela 1) observou-se que os pontos 1, 3 e 4 apresentaram um balanço positivo. Nos pontos 2 e 5, ocorreu uma perda considerável de $-63,02 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$ e $-49,23 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$, respectivamente.

Tabela 1: Balanço sedimentar de Paracuru.

Tabela do Balanço de Sedimentos ($\text{m}^3.\text{m}^{-1}$)					
	P1	P2	P3	P4	P5
Ago - Set/05	294,45	-269,82	-62,13	136,68	-162
Set - Out/05	-573,49	-201,6	1204,6	-2,29	114,42
Out - Nov/05	582,69	-82,49	58,14	59,06	-220,39
Nov - Dez/05	-358,57	316,03	-837,08	63,51	151,33
Dez/05 - Jan/06	-113,59	-259,36	343,55	-87,05	-505,35
Jan - Fev/06	117,31	166,18	-315,75	62,77	30,28
Fev - Mar/06	112,4	-250,38	-78,75	-118,25	118,39
Mar - Abr/06	-4,65	77,23	-130,19	-36,3	79,43
Balanço	7,06	-63,02	22,80	9,76	-49,23

No balanço do ponto 3, ocorreu um acréscimo no volume de sedimentos da ordem de $22,80 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$, em nove meses de monitoramento morfodinâmico. Este ponto não apresentou uma variação sazonal homogênea, ganhando um maior envelope de sedimentos entre os meses de setembro e novembro de 2005. Em seguida apresentando a maior perda de sedimentos de todo o período monitorado no entre os meses de novembro e dezembro ($-837,08 \text{ m}^3.\text{m}^{-1}$) do mesmo ano.

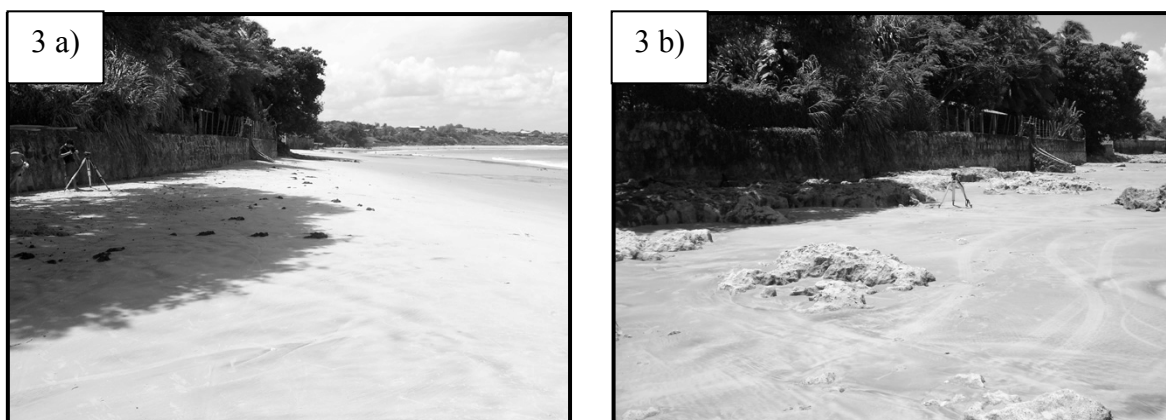


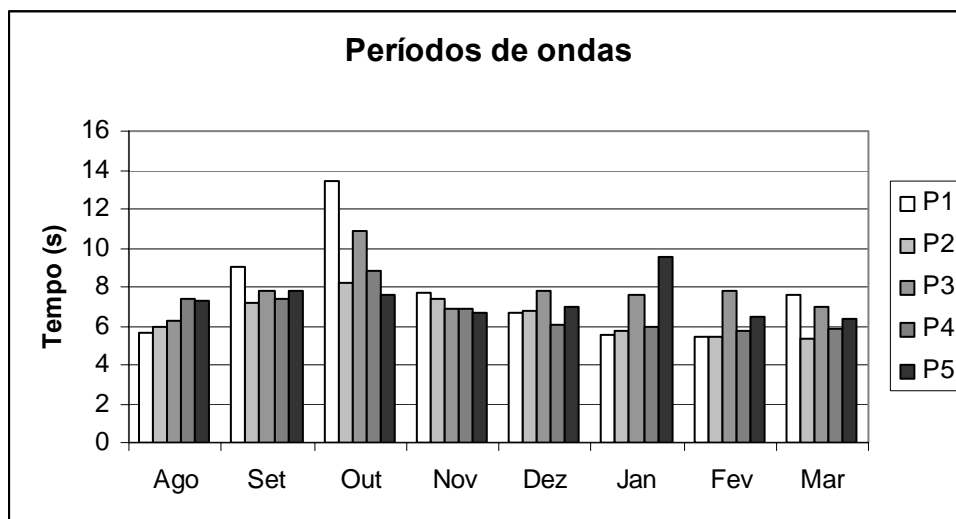
Figura 3: Variação do balanço de sedimentos no ponto 3. a) Balanço positivo entre os meses de Set – Nov / 05. b) Balanço negativo entre os meses de Nov – Dez / 05

Os resultados mostraram que os processos erosivos e de sedimentação (na maioria dos pontos) não obedeceram à maior erosividade no período de chuva e sedimentação no período de estiagem. É importante ressaltar que *beach rocks*, *sea walls* para proteção de residências, obras de contenção de dunas, interferem diretamente na dinâmica natural de sedimentos. Os promontórios existentes nas proximidades do ponto 4 ocasionam o processo de difração de ondas, que propicia a retirada de material ao longo dos anos, culminando na formação de pequenas enseadas a oeste deste.

As ondas são um dos processos costeiros fundamentais na configuração de regiões costeiras, pois estas são eficazes “no selecionamento e redistribuição dos sedimentos depositados nas regiões costeiras e plataforma continental interna” (SILVA *et al.* 2004). A ação do solapamento na base das falésias próximo ao ponto 4 forma uma superfície de abrasão com aproximadamente 150 m de comprimento em maré baixa.

As características das ondas na área de estudo obedecem ao padrão verificado na costa do Estado do Ceará e nos registros do Porto do Pecém. As ondas são predominantes do quadrante E ou SE. A entrada de ondas do tipo *swell* na costa de Paracuru se deu no final de outubro de 2005 até primórdios de fevereiro de 2006. O período de ondas foi maior no mês de fevereiro decresceu nos meses subsequentes e voltou a aumentar em janeiro Figura (4).

Figura



4:

Gráfico do período de ondas.

A altura de ondas variou de 0,4 a 1 m, as maiores alturas foram observadas nos meses de outubro/2005 e fevereiro/2006 e as menores em agosto e dezembro de 2005.

O estado morfodinâmico da praia (Ω) foi calculado a partir da correlação entre o tamanho do grão, altura da quebra e período de ondas quebra de ondas. A plotagem dos valores de Ômega (Ω) está disposta na figura 5.

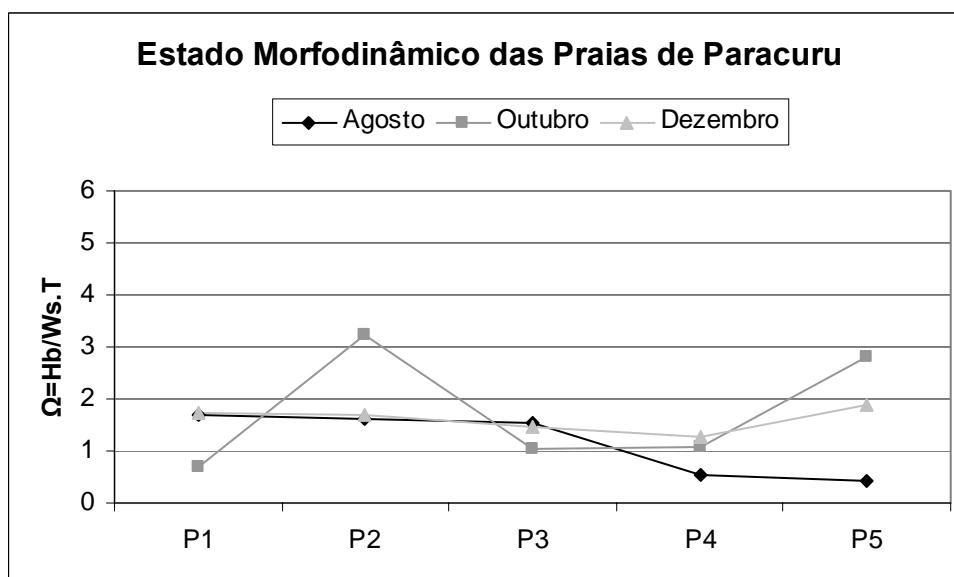


Figura 5: Gráfico do estado morfodinâmico das praias de Paracuru.

A faixa de praia em questão apresentou pouca variação nos meses estudados, restringindo-se à intermediária (Terraços de Baixa-mar, Bancos Transversais e Banco e Calhas Longitudinais) e refletiva na maior parte dos pontos. Não foram verificadas praias dissipativas, assim, as ondas predominantemente foram grandes, com grande granulometria.

5. CONCLUSÕES

O promontório de Paracuru propicia a difração de ondas favorecendo erosão natural à leste e à formação de enseadas. De fato, a tendência à erosão e a intensa dinâmica em função dos trabalhos dos agentes modeladores da costa, tornam a zona costeira de Paracuru altamente vulnerável à ocupação. Nesse sentido, o monitoramento morfodinâmico torna-se instrumento essencial para a identificação e compreensão dos processos erosivos. No que concerne ao balanço sedimentar, observou-se que os pontos 1, 3 e 4 apresentaram um balanço positivo. Nos pontos 2 e 5, ocorreu uma perda considerável de $-63,02 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$ e $-49,23 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$, respectivamente. A faixa de praia em questão apresentou pouca variação nos meses estudados, restringindo-se à intermediária (Terraços de Baixa-mar, Bancos Transversais e Banco e Calhas Longitudinais) e refletiva na maior parte dos pontos.

Os resultados mostraram que os processos erosivos e de sedimentação (na maioria dos pontos) não obedeceram à maior erosividade no período de chuva e sedimentação no período de estiagem.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Breton, F. et al. The recreational use of beaches and consequences for the development of new trends in management: the case of the beaches of the Metropolitan Region of Barcelona (Catalonia, Spain). **Ocean and Coastal Management**, Vol. 32, No. 3, pp 153 – 180, 1996.
- Souza, M. J. N. de; Lima. L. C.; Morais, J. O. de. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. 1. ed. Fortaleza: FUNECE, 2000.
- Pinheiro, L. S. **Compatibilização dos Processos Morfodinâmicos e Hidrodinâmicos com o uso e ocupação da praia da Caponga-Cascavel-CE**. 2000. 164 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia)-Universidade Estadual do Ceará, Ceará.
- Cabral, N. R. A. J.; Souza, M. P. de. 2002. **Área de Proteção Ambiental: Planejamento e Gestão de Paisagens Protegidas**. 1. ed. Fortaleza: Rima, 2002
- MORAIS, J. O. - **Contribuição ao estudo das Beach-Rocks do Nordeste do Brasil**. Trabs. Oceanog. Univ. Fed. Pe., Recife, v. 9, n.11, p. 79-94 1968.
- Silva, C. G.; Patchineelam, S. M.; Neto, J. A. B.; Ponzi, V., R., A.; (2004) Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de Costa - **Introdução á geologia marinha**. 1. ed. Interciência 2004.
- Emery, K.O., **A simple method of measuring beach profiles**. Liminology and Oceanography, v.6, n.1, p. 90-93, 1961.
- WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D., 1984. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: a Synthesis. **Marine Geology**. Amsterdam, v.56, 93-118.
- Dean, R.G.1973, Heuristic Models of Sand Transport in the Surf Zone. **Proceedings of First Australian Coastal Engineering Conference, Sydney**. Institute Engineers Australia, 208-214.