EROSÃO E MODELAGEM COSTEIRA NA EXTENSÃO DA LINHA DE COSTA DO MUNICÍPIO DE ARACAJU – SE

Rafael da Cruz [1]
Hélio Mário de Araújo [2]
Gustavo de Oliveira Menezes Santos [3]
Gabriel Davi Sousa Vieira [4]

RESUMO

Aracaju, capital do estado de Sergipe, pela posição geográfica privilegiada na zona costeira do Estado, integra o Litoral Centro. Não fugindo à regra dos demais centros urbanos em expansão, ao longo do tempo vem apresentando problemas relacionados à erosão na zona costeira. Neste contexto, a pesquisa visou analisar a erosão e morfodinâmica costeira na perspectiva de contribuir para a implementação de políticas públicas que compatibilizem a natureza com a sociedade e direcione a gestão territorial local no processo de ocupação e uso do solo costeiro. Utilizou-se o método de abordagem sistêmica para entender o fenômeno erosivo de forma integrada, articulado com a análise qualiquantitativa. Os procedimentos investigatórios conduzidos em três etapas basearam-se no levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros; trabalho de campo com registro fotográfico e análise laboratorial. Considerou-se como marco temporal para avaliação dos processos erosivos costeiros e o consequente posicionamento espacial da linha de costa, o intervalo entre 1970 e 2016 (médio prazo), com atualizações até 2024 (curto prazo). Dentre os resultados obtidos, constatou-se que na zona costeira a ocupação nas proximidades da linha de costa desde o início desordenada, contribuiu para a intensificação do processo erosivo com maiores ocorrências nas desembocaduras dos rios Sergipe (Praia dos Artistas – Bairro Coroa do Meio) e Vaza-Barris (Praia do Viral – Bairro Mosqueiro), onde a destruição causada pelo movimento das ondas e dinâmica das marés caracteriza a ação do balanço sedimentar negativo. O litoral do município, portanto, em diversas escalas temporais, vem experimentando avanços e recuos da linha de costa, demonstrando tendência à progradação, à estabilidade e à erosão em graus de exposição e vulnerabilidade física bem diversificados. Situação que se confirma a partir da análise evolutiva dos últimos 50 anos (médio prazo) em que o litoral do município, no intervalo 1970/2016 e em períodos mais curtos (2003/2010; 2010/2016), apresentou comportamento diferenciado no avanço do fenômeno erosivo. Historicamente, a margem direita do rio Sergipe, nas proximidades da sua desembocadura, experimentou processos erosivos severos e deposicionais com variações na linha de costa, refletindo a dinâmica costeira local. Do ponto

[1] Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO/UFS) e Membro pesquisador do Grupo de Pesquisa Dinâmica Ambiental e Geomorfologia (DAGEO/UFS/CNPq), dacruz.rafael@yahoo.com.br;
[2] Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGEO/UFS) e Coordenador do Grupo de Pesquisa Dinâmica Ambiental e Geomorfologia (DAGEO/UFS/CNPq), heliomarioaraujo@yahoo.com.br.
[3] Graduando em Geografia pela UFS e Membro pesquisador do Grupo de Pesquisa Dinâmica Ambiental e Geomorfologia (DAGEO/UFS/CNPq), gustavodeoliveiira777@gmail.com;
[4] Graduando em Geografia pela UFS e Membro pesquisador do Grupo de Pesquisa Dinâmica Ambiental e Geomorfologia (DAGEO/UFS/CNPq), gabriel_davi07@outlook.com.

final da desembocadura até as proximidades com o Shopping Rio Mar, a linha de costa recuou continente adentro, eliminando cerca de 112 m do bairro Coroa do Meio no intervalo 1970/2016. Os sinais evidentes da agressividade erosiva no local são os sucessivos arcos com avanços significativos para o continente, onde se estabeleceram os atuais espigões. Tais eventos erosivos, com avanços sobre o continente em diferentes épocas e variações de intensidades, destruíram residências, bares, restaurantes e quiosques instalados nas suas proximidades. Na extremidade sul da linha de costa, desembocadura do rio Vaza-Barris, margem esquerda, abrangendo a praia do Viral, a dinâmica costeira na linha do tempo, embora tenha se caracterizado pelo amplo processo deposicional com registro do avanço da linha de praia máxima em aproximadamente 1.176 m no período 1970/2003, tanto quanto a extremidade norte, experimentou ciclos erosivos severos com maiores perdas no estoque sedimentar no período 2003/2010.

INTRODUÇÃO

O espaço urbano se apresenta como uma das maiores expressões de transformação do meio físico. Uma delas é o desenvolvimento da erosão acelerada com a quebra do equilíbrio ambiental pelas atividades humanas. Para todos os casos, o uso e o manejo inadequado do solo urbano e/ou rural levam a ocorrência dos processos erosivos acelerados, muitas vezes de caráter irreversível.

Nas áreas urbanas os prejuízos decorrentes dos processos erosivos são incalculáveis pelo caráter catastrófico inerente as áreas envolvidas, colocando em risco moradias e equipamentos de infraestrutura face aos insucessos das obras de controle quando são implementadas pelo poder público.

Como em várias cidades de médio porte, Aracaju vem presenciando nas últimas décadas um grande crescimento de sua malha urbana. Esse crescimento, por sua vez, gera impactos ambientais com reflexos notáveis sobre os sistemas geomorfológicos. O desrespeito às leis ambientais e o mau planejamento acabam interferindo diretamente no equilíbrio dinâmico em escala local, sobretudo na zona costeira afetada pela erosão marinha e que tem sido alvo de ocupação desenfreada pela população atraída pelo turismo e lazer.

Uma das maiores preocupações atuais da humanidade são os problemas ambientais, fato que tem provocado no meio acadêmico pesquisas e debates em diversos níveis de escalas. A análise da paisagem na concepção sistêmica onde o ambiente é visto como resultado das relações entre os componentes naturais e sociais tem fundamentado as pesquisas ambientais e subsidiado políticas para o meio ambiente, além de possibilitar a criação de medidas de controle e/ou prevenção frente a modelos econômicos despreocupados com o uso sustentável dos recursos naturais.

Neste sentido, a análise da morfodinâmica costeira e dos processos erosivos na costa de Aracaju, visa à constatação da dinâmica a que está sujeita a área contígua do município, contribuindo direta ou indiretamente para identificar e equacionar os problemas ambientais, possibilitando direcionar as ações da sociedade para possíveis soluções que cada cenário oferece.

A presente pesquisa como importante contribuição acadêmica aos estudos erosivos e morfodinâmicos desse recorte do litoral sergipano, sob o viés geomorfológico, fornece bases consistentes para a projeção das respostas do meio físico com a introdução de elementos antrópicos no sistema costeiro, possibilitando a gestão pública do município de Aracaju melhor direcionar o gerenciamento do ambiente costeiro, no que se refere ao uso e ocupação, na perspectiva de estabelecer uma relação equilibrada entre a natureza e sociedade.

METODOLOGIA

A pesquisa seguiu os princípios da abordagem sistêmica. No percurso metodológico, três etapas distintas foram fundamentais no processo de avaliação da erosão costeira e do posicionamento espacial da linha de costa no intervalo entre 1970 e 2016 (médio prazo), com atualizações da dinâmica praial em 2021/2023 (curto prazo), como seguem:

ETAPA 1 - Levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros

Nesta etapa, priorizou-se o levantamento da bibliografia especializada para subsidiar a discussão teórico-metodológica e a temática proposta de investigação dos fatos. Buscou-se na literatura geográfica, geomorfológica e afinidades, autores clássicos e atuais com estudos voltados para a teoria sistêmica, categoria paisagem e dinâmica costeira na perspectiva de melhor delinear as bases empíricas sobre a zona litorânea do município de Barra dos Coqueiros. Além da consulta ao acervo analógico e digital disponível em livros, revistas, monografias e relatórios técnicos de pesquisas, fez-se a complementação através do acesso ao Repositório Institucional e Base de Dados da Universidade Federal de Sergipe, de modo específico a página da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações local – BDTD/UFS e nacional – BDTD/IBCT, bem como da consulta ao Sistema Integrado de Bibliotecas da UFS – SIBIUFS.

Em órgãos governamentais da administração pública, fez-se o levantamento da cartografia disponível em bases digital e analógica sobre diferentes épocas e escalas (mapas, cartas), além das fotografias aéreas e imagens de satélite disponíveis para subsidiar na análise multitemporal da dinâmica costeira, dos elementos físico-naturais, do cadastramento das ocorrências de ravinas e voçorocas, e bem assim avaliar o comportamento espacial em médio

prazo da linha de costa, utilizando como indicador para o mapeamento em laboratório e em trabalho de campo a linha de preamar máxima, identificada nas fotografias aéreas e imagens de satélite como limite entre a areia seca e areia molhada. Destaca-se, entre os principais órgãos, a Secretaria de Estado Geral de Governo – SEEG, através da Superintendência Especial de Planejamento, Monitoramento e Captação de recursos – SUPERPLAN/Observatório de Sergipe, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMARH/SE, Empresa Municipal de Obras e Urbanização - EMURB/SE, Capitania dos Portos de Sergipe, Prefeitura municipal de Aracaju, entre outros.

ETAPA 2 - Trabalho de campo, com registro fotográfico

No comportamento da morfodinâmica costeira, fez-se nas quatro campanhas de campo, o monitoramento do sistema praial nas estações outono/inverno e primavera/verão. Os dias selecionados basearam-se nas Tábuas de Marés disponíveis no site da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN da Marinha Brasileira, com dados da estação maregráfica da Capitania dos Portos de Sergipe. Na execução dessa atividade, considerou-se os horários com os níveis mais baixos das marés de sizígias para obtenção da exposição máxima da faixa de praia.

No levantamento topográfico para elaboração dos perfis de praia, considerou-se os horários de baixa-mar das marés de sizígia, através da aplicação do *método das balizas de Emery (1961)*, que consiste no uso de duas balizas de 1,5 m graduadas em centímetros do topo à base, alinhadas no sentido transversal à praia em direção ao mar. Com uma trena, fez-se a medição da distância entre as balizas a cada 20 metros. Os dados da declividade topográfica da face praial aferidos com a bússola geológica e das distâncias em metros equivalentes a cada um deles, foram lançados em uma planilha de campo para facilitar a elaboração dos perfis.

Na aplicação desse método e do seu monitoramento, foram escolhidos 6 (seis) pontos de coordenadas UTM com auxílio do GPS de navegação na extensão da linha costa do município de Aracaju entre as desembocaduras dos rios Sergipe e Vaza-Barris, abrangendo as praias dos Artistas, Havaizinho, Aruana, Robalo, Mosqueiro e Viral. Após registro dos perfis topográficos, coletou-se nos subambientes pós-praia, face praial e antepraia, 72 (setenta e duas) amostras de sedimentos arenosos no total das quatro estações, acondicionadas em saco plástico apropriado com o mínimo de 100 g para cada uma. Essas amostras foram catalogadas por data e local e levadas ao laboratório de Ecossistemas Costeiros no Departamento de Biologia da UFS para realização da análise granulométrica.

ETAPA 3 - Trabalho de gabinete, com análise laboratorial

Nesta etapa, utilizou-se o geoprocessamento para tratamento e processamento dos dados obtidos a partir da coleta de campo. Elaborou-se os perfis de praia e gráficos com a distribuição granulométrica dos sedimentos como documentos cartográficos importantes no processo de comunicação gráfica.

As amostras dos sedimentos coletados em campo para análise granulométrica em laboratório, foram lavadas com água destilada para a retirada dos sais solúveis e, em seguida, utilizou-se o salinômetro para o teste de salinidade. Na sequência, as amostras foram preparadas em placas de petri (recipiente plástico) e levadas até a estufa para secagem a uma temperatura de 60 °C. Após secagem, os sedimentos foram pesados na balança de precisão e, posteriormente, submetidos a técnica do peneiramento com o agitador eletromagnético, onde utilizou-se peneiras com diferentes aberturas de suas malhas seguindo as normas da ABNT.

Nas aberturas mais grossas, objetivou-se a identificação de fragmentos de conchas e/ou pedaços de rochas, e nas aberturas menores, a identificação do maior peso predominante na fração areia (muito grossa, grossa, média, fina ou muito fina). Depois de colocados nas peneiras, os sedimentos foram agitados permitindo a passagem ou retenção nas aberturas das malhas. Os sedimentos de cada peneira foram retirados, separados de acordo com a fração granulométrica e pesados.

Após a anotação dos pesos retidos em cada peneira, analisou-se os resultados através do software *Gradistat* adequado para calcular estatísticas de tamanho de partículas para dados granulométricos de peneira ou laser.

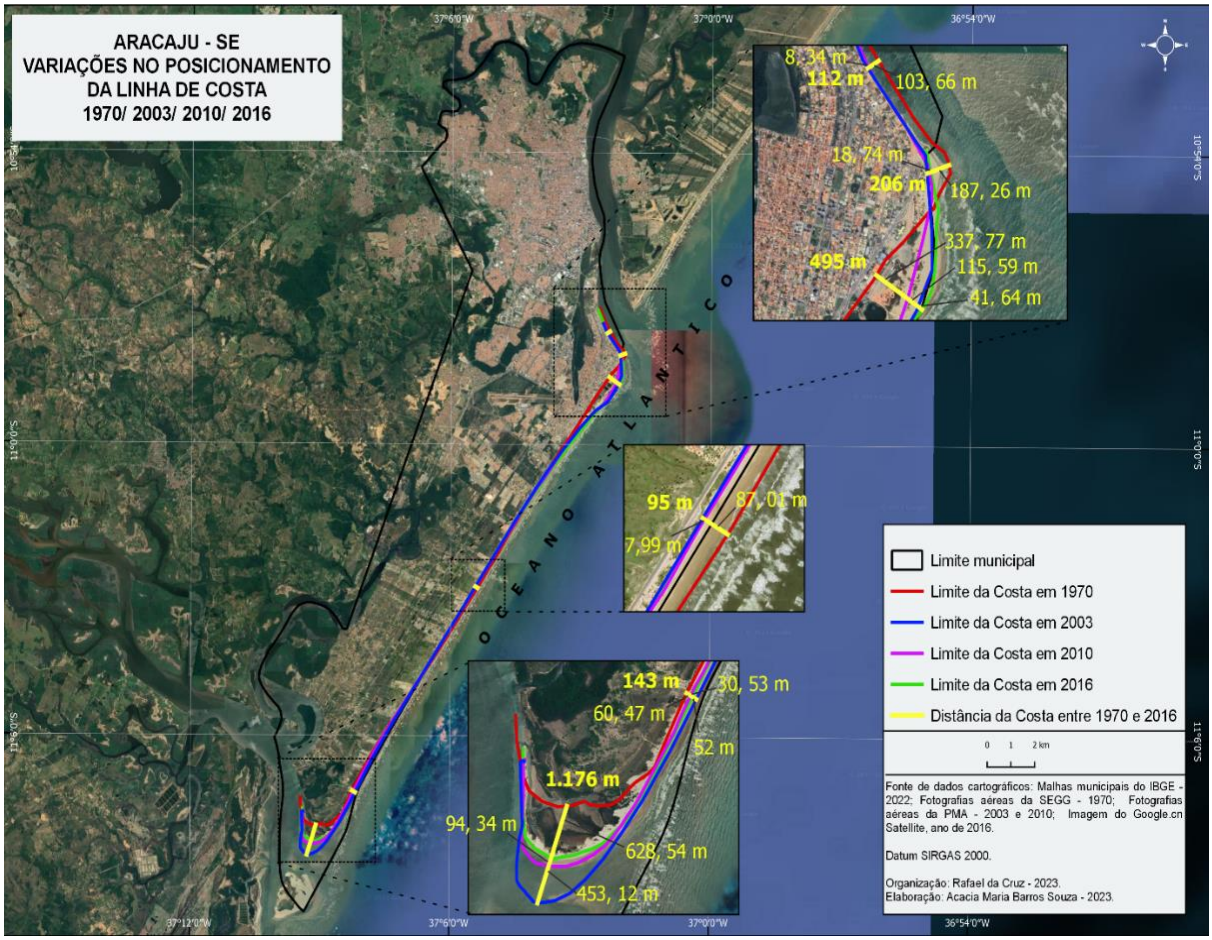
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O litoral de Aracaju diversas escalas temporais vêm experimentando avanços e recuos da linha de costa demostrando tendência à progradação, à estabilidade e à erosão em graus de exposição e vulnerabilidade física bem diversificados em segmentos setorizados, principalmente nas proximidades das desembocaduras fluviais dos rios Sergipe e Vaza-Barris. Situação que se confirma a partir da análise evolutiva dos últimos 50 anos, médio prazo, em que o Litoral do município no intervalo 1970/2016, e em períodos mais curtos (2003/2010; 2010/2016), apresentou comportamento diferenciado no avanço do fenômeno erosivo (fig. 1).

Historicamente a margem direita do rio Sergipe nas proximidades de sua desembocadura experimentou processos erosivos severos e deposicionais com variações na linha de costa refletindo a dinâmica costeira local. Dados oficializados pela EMURB (1985), confirmam que no processo inicial de ocupação do bairro Coroa do Meio em 1970, a erosão costeira já representava uma ameaça no trecho mais próximo da desembocadura fluvial, cuja

situação foi cada vez mais se agravando com a destruição dos canais de maré que serviam de proteção natural da costa e agiam como uma espécie de *quebra mar* natural reduzindo a velocidade das correntes de maré (Araújo, 2020).

Fig. 1: Aracaju - Variação do posicionamento da linha de costa – 1970/2016.



Organização: os autores, 2023,

Do ponto final de desembocadura até as proximidades com o Shopping Rio Mar, a linha de costa recuou continente adentro eliminando cerca de 112 m do bairro Coroa do Meio no intervalo 1970/2016, caracterizando nessa margem estuarina balanço sedimentar negativo pela retirada erosiva que impôs bruscas alterações na configuração e posicionamento geográfico da linha de costa, principalmente no raio de curvatura da margem onde a retirada de sedimentos foi ampliada para 206 m devido a interferência mais direta dos agentes oceanográficos. Os sinais evidentes da agressividade erosiva no local são os sucessivos arcos com avanços significativos para o continente onde se estabeleceu os atuais espigões. Abrangendo períodos intermediários de ciclos mais curtos de aproximadamente 7 anos (2003/2010/2016) evidencia

na escala do tempo tendência atual de estabilização do processo erosivo severo nesse trecho do rio e ambiente praial.

Tais eventos erosivos, com avanços sobre o continente em diferentes épocas e variações de intensidades, destruiu residências, bares, restaurantes e quiosques instalados em suas proximidades, requerendo, inicialmente, do setor público entre os anos de 1976/1977, pela situação de risco à ocupação do solo, a adoção de medidas alternativas com a construção de um muro de contenção ao fenômeno erosivo que acabou sendo destruído pela ação marinha. Ao longo de décadas, outras alternativas foram implementadas para preservação da área aterrada, todas sem sucesso. A construção do molhe no decênio 1990/2000 na margem esquerda do rio Sergipe na Atalaia Nova – Barra dos Coqueiros, com a finalidade de conter o fenômeno erosivo que também atingia essa margem, mostrou ainda mais a necessidade de controle da margem direita em Aracaju, uma vez que, na porção oceânica, a refração das ondas pelo impacto da estrutura do molhe intensificou a situação de perigo promovendo a erosão com acentuado aumento do déficit sedimentar na praia dos Artistas diretamente atingida pela sua posição geográfica. No lado da Atalaia Nova, a construção do molhe desencadeou no trecho a barlamar, uma progradação artificial da linha de costa em 596,81 m aproximados.

A retirada sedimentar erosiva do bairro Coroa do Meio rebateu positivamente no balanço sedimentar das praias do Havaizinho e Atalaia. A barlamar dos atuais espigões de contenção a erosão abrangendo a margem direita do rio Sergipe se estabeleceu uma área de progradação configurando novos posicionamentos da linha de costa em intervalos mais longos de aproximadamente 46 anos (1970/2016) e mais curtos de 13 anos (2003/2010/2016). No intervalo 1970/2003, correspondente a 33 anos, o aumento no estoque sedimentar girou em torno de 490 m, com sensível recuo da linha praial pela retomada erosiva em pouco mais de 100 m no período de 2003/2010, valendo ressaltar que em 2008 a praia dos Artistas experimentou evento erosivo no trecho mais próximo da desembocadura com supressão parcial da faixa arenosa e destruição de bares construídos no ambiente praial, além da destruição parcial da praça de eventos da Orla de Atalaia.

No curto período de 6 anos entre 2010/2016 houve ganho positivo no balanço sedimentar contabilizando 495 m progradados no intervalo 1970/2016 que se mantem até 2022 sem evidências significativas de alterações no estoque de sedimentos desse segmento de praia. Essa situação de equilíbrio na hidrodinâmica marinha é uma resposta da ação interativa dos agentes oceanográficos, ainda que transitoriamente, considerando os diversos ciclos erosivos e deposicionais ocorridos em intervalos mais curtos ao longo da escala temporal.

No prolongamento da praia de Atalaia, sentido sul, o recuo da linha de costa até as imediações da praia do Refúgio no intervalo 1970/2016 ocorreu em ritmos moderados, sem registros perceptíveis de alteração no posicionamento da linha praial pela retirada ou deposição sedimentar nos períodos intermediários de ciclos mais curtos entre 2003 e 2010, demonstrando tendência a estabilidade erosiva neste segmento da costa. No intervalo de maior abrangência temporal, o trecho correspondente à praia do Robalo experimentou maior retirada de sedimentos do seu estoque em aproximadamente 95 m.

Na praia dos Náufragos, o balanço sedimentar manteve-se mais equilibrado nas escalas temporais, embora na praia do Mosqueiro, pela influência mais direta do ambiente estuarino do rio Vaza-Barris, a acresção sedimentar tenha somado positivamente para o balanço 143 m no período 1970/2003. Neste curto segmento litorâneo, houve a quebra do equilíbrio ecológico do sistema praial com a pavimentação nos anos de 1990 da Rodovia José Sarney, atual Inácio Barbosa, pela interrupção da troca natural de sedimentos provenientes das dunas e da praia. Destroços de obras contensivas atualmente expostos na face praial evidenciam agressividade erosiva em épocas pretéritas com o avanço da linha de praia em direção ao continente, onde a ação das ondas também destruiu cerca de 800 m da rodovia a mais de duas décadas.

Na extremidade sul da linha de costa, desembocadura do rio Vaza-Barris, margem esquerda abrangendo a praia do Viral, a dinâmica costeira na linha do tempo embora tenha se caracterizado pelo amplo processo deposicional com registro do avanço da linha de praia máxima em aproximadamente 1.176 m no período 1970/2003, tanto quanto a extremidade norte, experimentou ciclos erosivos severos com maiores perdas no estoque sedimentar no período 2003/2010, com sensíveis reduções entre 2010/2016. Salienta Oliveira (2015), que no período 1965/1978 a progradação nessa margem avançou em aproximadamente 800 m. Assim, mesmo com a tendência erosiva gradativa nas últimas décadas, a linha de costa atual, 2023, ainda se encontra progradada em relação a 1965, período de registro mais longo de variação da linha de costa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse estudo mostram que as alterações sazonais verificadas na morfologia do ambiente subaéreo das praias oceânicas de Aracaju têm uma relação direta com a proximidade das desembocaduras fluviais dos rios Sergipe e Vaza-Barris, e bem assim, com o estágio morfodinâmico dissipativo predominante, composição sedimentar, constituição

geológica e variações meteorológicas do clima no período estacional correspondente as estações do ano outono/inverno e primavera e verão.

O litoral do município em diversas escalas temporais vem experimentando avanços e recuos da linha de costa demonstrando tendência à progradação, à estabilidade e à erosão em graus de exposição e vulnerabilidade física bem diversificados, sendo perceptível a manifestação do fenômeno erosivo severo e em grau moderado nas desembocaduras fluviais e em alguns pontos específicos gerando déficits no balanço sedimentar.

Os agentes oceanográficos numa ação conjunta respondem pela morfodinâmica do litoral centro de Sergipe, tendo as correntes de deriva litorânea, as ondas e marés participação efetiva na modelagem costeira com a participação dos ventos gerando processos de erosão, transporte e deposição.

Assim, no comportamento morfodinâmico do sistema praial, verificou-se uma correlação entre as características sedimentológica e variações na energia de ondas. Em todas as praias o estágio morfodinâmico dissipativo foi frequente, tendo a face praial mantido uma regularidade no baixo declive apresentado, com o seu consequente encurtamento. De acordo com esse estágio dominante no ambiente praial, houve predomínio de sedimentos de granulometria muito fina e fina, reservando-se os sedimentos arenosos de granulometria mediana para os segmentos com tendência erosiva.

O nível de ocupação humana nos ambientes monitorados, embora ocorra em graus diversificados (alto, médio e inexistente), já se mostra preocupante em algumas praias, uma vez que esses ambientes são preferenciais como atração turística e de lazer pela população, onde nessa busca, acaba exercendo uma pressão sobre a zona costeira podendo contribuir para a intensificação dos processos erosivos. Nas praias dos Artistas e Havaizinho, o nível de ocupação por restaurantes e barracas é elevado, principalmente na faixa da pós-praia.

Em curto prazo, constatou-se ainda que nos pontos estabelecidos para o levantamento topográfico dos perfis praiais, acham-se presentes geoindicadores que sugerem variações na linha de costa evidenciando tendência erosiva, estabilidade e progradação, ainda que, em ciclos temporais de horas, meses e anos associados as condições de ondas e marés e variações climáticas sazonais. Na praia dos Artistas, notou-se ausência de dunas frontais, com frequência de sobrelavagem – *overwash*, desenvolvimento recente de vegetação, formação recente de feições deposicionais (bermas e terraços de praia) e vegetação desenvolvida ao longo da linha de costa e pós-praia, além de fragmentos de plantas expostos no limite superior da face praial, estando, atualmente, em equilíbrio. Nas praias de Aruana e Robalo, registra-se a presença de

berma, desenvolvimento recente de vegetação, inclusive ao longo da face praial superior, estando atualmente em equilíbrio.

Na praia do Mosqueiro, registrou-se o desenvolvimento recente de vegetação, feições deposicionais recentes e dunas frontais de pequeno porte com desenvolvimento de vegetação, estando, atualmente, em equilíbrio.

Palavras-Chave: Erosão costeira, Morfodinâmica praial, Linha de costa, Perfil de praia, Aracaju.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. M. de. Morfodinâmica de desembocaduras fluvial-estuarinas e riscos ambientais associados no litoral de Sergipe. **Relatório de pesquisa** (Pós-doutorado em Geografia Física). Centro de Ciências – PPGGEO, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

EMERY, K. O. A simple method of mesuring beach profiles. **Limnology and Oceanographic**, v. 6, p. 90-93, 1961.

EMURB. **Relatório sobre a ação erosiva do mar na Coroa do Meio**. 1985.

OLIVEIRA, L. S. Vulnerabilidade física a erosão costeira de Aracaju/SE. **Monografia** (Bacharelado em Geografia), Departamento de Geografia/UFS, São Cristóvão, 2015.