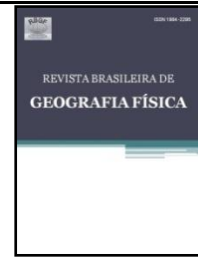




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Evolução da linha de costa da praia do Iguape, Aquiraz, Ceará, Brasil

Marisa Ribeiro Moura de Abreu¹; João Capistrano de Abreu Neto²

1 - Graduada em Geografia Bacharelado e Licenciatura e Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará, UECE e Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Ceará, UFC. marisageog@yahoo.com.br.

2 - Graduado em Geografia Bacharelado pela Universidade Estadual do Ceará, UECE; Mestre em Geologia pela Universidade Federal do Ceará, UFC e Doutorando em Geologia pela Universidade Federal do Ceará, UFC. joaoabreuneto@gmail.com.

Artigo recebido em 26/06/2013 e aceite em 07/11/2013

RESUMO

Esta pesquisa buscou por meio de métodos diretos e indiretos analisar a evolução da linha de costa da praia do Iguape, no litoral do município de Aquiraz, identificando os processos erosivos atuantes na área no período de 2004 a 2012. Localizada a aproximadamente 28 km de Fortaleza, a praia do Iguape possui diversos usos, seja para atividades turísticas, seja para atividades tradicionais como a pesca por jangadas. Contudo, devido ao aceleração da urbanização e de áreas de lazer, iniciadas na década de 1970 em ambientes de faixa praial e campo de dunas, a paisagem local passou a mudar tornando este espaço geográfico um ambiente de tensão ambiental. Estas mudanças provocaram alterações na morfodinâmica e hidrodinâmica da área, que passou a experimentar processos erosivos, atribuído ao recuo da linha de costa e a diminuição do suporte sedimentar com a ocupação de dunas. Por conseguinte, muros residenciais, barracas, restaurantes e estruturas de proteção foram destruídos pela ação das ondas na área. Diante disso, através de monitoramento da morfodinâmica e da hidrodinâmica e de estudos de geoprocessamento na análise de (re)ordenamento, caracterização física e processos de uso e ocupação do espaço, a presente pesquisa teve como objetivo caracterizar a evolução dos processos erosivos na praia do Iguape. A metodologia contemplou pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo e laboratório utilizando materiais específicos e imagens aéreas dos anos de 2004, 2009 e 2011. Verificou-se que os problemas costeiros como o avanço do mar, fortes ondas, destruição de dunas móveis e a diminuição da faixa praial provocaram a erosão pontual que ocasionou na destruição dos estabelecimentos localizados na faixa praial e pós-praia, atingindo um recuo de média de -0,76 m/ano, acarretando no recuo de 6,08 m nos últimos oito anos.

Palavras-chave: linha de costa, geoprocessamento, praia do Iguape, uso e ocupação, processos erosivos.

Evolution of the shoreline of the Iguape beach, Aquiraz, Ceará, Brazil

ABSTRACT

This research sought through direct and indirect methods to analyze the evolution of the shoreline Iguape Beach, on the coast of the municipality of Aquiraz, identifying erosion processes active in the area in the period of 2004 to 2012. Located approximately 28 km from Fortaleza, the Iguape beach has many uses, whether for tourism activities, whether for traditional activities such as fishing by jangadas. However, due to the acceleration of urbanization and recreation areas, initiated in the 1970s in environments praial track and dune field, the local landscape began to change making this geographical space an environment of environmental stress. These changes led to changes in hydrodynamics and morphodynamics of the area, which is now experiencing erosion, attributed to the retreat of the shoreline and reduced sediment support because of the occupation of dunes. Therefore, residential walls, stalls, restaurants and protective structures were destroyed by wave action in the area. In front of this, monitoring the morphodynamic and hydrodynamic studies and GIS in the analysis of (re)planning, physical characterization and processes for use and occupation of space, the present study aimed to characterize the evolution of erosion on the Iguape beach. The methodology included literature research, field work and laboratory using specific materials and aerial imagery of the years 2004, 2009 and 2011. It has been found that problems such as the advancement of sea, strong waves, mobile dunes destruction and reduction of the strip of beach caused the localized erosion which caused the destruction of outlets located in beach zone and post shore, reaching a mean decrease of -0.76 m/year, resulting in a decrease of 6.08 m in the last eight years.

Keywords: shoreline, geoprocessing, Iguape beach, use and occupation, erosion processes.

Introdução

A planície litorânea constitui um ambiente natural instável, de extrema complexidade e sensibilidade, tanto nos aspectos físicos como nos humanos que, devido um problema de caráter global, vêm passando por transformações de diversos níveis, dando destaque ao de destruição de praias conhecido como erosão costeira.

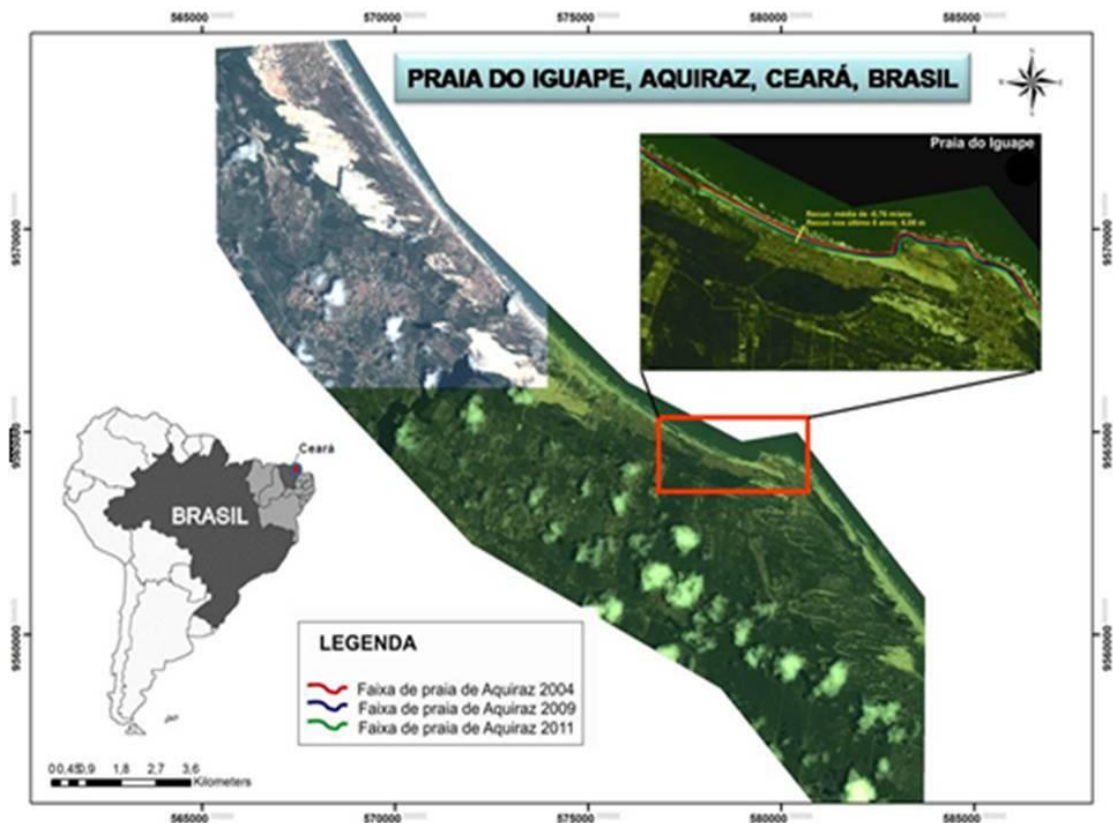
A erosão costeira é definida como a remoção, em maior quantidade que o considerado “normal” no sistema oceano-continente, dos sedimentos praias pela ação das ondas, correntes de marés, correntes da deriva litorânea ou vento. O processo é acelerado quando ocorre um déficit de fornecimento em relação à taxa de remoção de sedimentos, fato este é verificado por meio da interferência antrópica, por exemplo, quando se verifica o efeito de represamento ou por construção de espigões interceptando a deriva litorânea (SUGUIO, 1973).

Na década de 1970 houve o início da ocupação na zona de praia, pós-praia, campo de dunas e na ponta rochosa da praia do Iguape, o que desencadeou uma diferença expressiva na morfodinâmica da área.

Estas formas de ocupação, sendo a maior parte de donos estrangeiros, como parques aquáticos, condomínios de luxo, *alphaviles*, *resorts*, barracas de praia, casas de veraneio, pousadas, hotéis, *flats*, dentre outros, ocasionou a desapropriação do espaço por nativos, o que passou também a modificar a paisagem e transformá-la ainda mais para as atividades turísticas.

Tais formas de ocupação não se preocuparam com sua localização e com a dinâmica local da planície litorânea, causando assim, no período de monitoramento desta pesquisa, indícios de processos erosivos pontuais em espaços que antes não tinham problemas com relação ao aporte sedimentar.

Logo a praia em análise (Mapa 1) passou a experimentar a erosão, atribuída mais especificamente pela redução do suprimento sedimentar advindo, sobretudo da duna frontal móvel e do *by pass*, isto é, sedimentos transportados da praia do Barro Preto, que fica a jusante da praia do Iguape através do delineamento da ponta rochosa existente no local.



Mapa 1: Localização da área de estudo, praia do Iguape, Aquiraz, litoral leste do Ceará.

Dessa forma, além de estudos de campo viu-se necessário estudos sobre sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise e (re)ordenamento do solo, caracterização física, processos de uso e ocupação do espaço, utilização os recursos naturais, dentre outros temas que passaram a ser importantes ferramentas de geração de dados para a análise socioambiental.

A praia do Iguape está localizada no município de Aquiraz (Mapa 1), que se localiza no estado do Ceará, mais especificamente na Região Metropolitana de Fortaleza, a aproximadamente 28 km da capital. É uma praia considerada urbana e em processo de transformação devido os equipamentos turísticos que estão sendo recolocados em áreas de ocupação nativa.

O objetivo desse trabalho foi caracterizar a evolução da linha de costa na praia do Iguape, Aquiraz, Ceará dando ênfase nas mudanças ocorridas na sua morfodinâmica e aos processos erosivos.

Material e Métodos

Para o desenvolvimento da etapa de campo, método direto, foram realizadas visitas bimestrais à área estudada entre os anos de 2007 e 2012, no período de maré de sizígia para reconhecimento das formas existentes no local e das principais atividades transformadoras e impactantes, onde foram demarcados dois pontos de monitoramento.

Nos pontos de monitoramento foram realizadas atividades com fundamentos nos métodos propostos Moraes (1996), Muehe (1996) e Emery (1961), com realização de perfis perpendiculares à linha de costa, coletas de sedimentos e análise de clima de ondas (Figura 1). Para a execução dos mesmos foram utilizados aparelhos como: Estação Total ou nível topográfico, Tripé Al-Top e Mira Topográfica. Estas atividades geraram dados estatísticos que identificam os processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos e na evolução dos aspectos sedimentológicos da área *in loco*.

O estabelecimento dos perfis de praia concentrou-se no fato de que a análise sistemática da topografia praial permite quantificar o volume transversal de sedimentos transportados, classificando se o ambiente sofreu erosão ou deposição, além da evolução da morfodinâmica praial. Maia (2002) assevera que o estudo do clima de onda de uma região é de extrema importância, visto que este é um dos processos principais que determina o equilíbrio do seu balanço sedimentar ao longo do litoral.

Após a coleta de amostras de sedimentos realizadas em campo, estas foram devidamente ensacadas e etiquetadas, e passaram por técnicas propostas por Suguio (1973), podendo ser descrita da seguinte forma: as amostras coletadas são colocadas em vasilhas de vidro e levadas à estufa de



Figura 1: Caracterização das atividades realizadas em campo. Fonte: Moura, 2012.

secagem a uma temperatura de 60°C, até que sequem. Decorrido esse tempo às amostras são retiradas da estufa e postas para esfriar a temperatura ambiente. São separadas 100 gramas para passar pela análise propriamente dita. Essas amostras contêm um teor de sal que as tornam higroscópicas, ou seja, possuem em suas pequenas cavidades e/ou ao seu redor uma camada de partículas de sais que altera o peso da amostra e o formato do grão, não permitindo o bom desenvolvimento das análises (MUEHE, 2005). As amostras, portanto, são lavadas em água corrente com o auxílio de uma peneira de malha 0,062 mm, que proporciona a retirada dos sais da amostra e separação do material siltoso que tem pouca representatividade na maioria das amostras.

Após a lavagem, as amostras retornam para a estufa para secar, novamente à 60°C. Em seguida inicia-se o processo de separação (peneiramento mecânico) das amostras que foi realizado com o auxílio de uma série de peneiras com malhas variando entre 2,830 e 0,062 mm, agitadas no “Rotap Sieve-Shaker”, onde são separadas as frações referentes à escala granulométrica e posterior a isso ocorre à pesagem das amostras em uma balança

analítica, cujos pesos são anotados em fichas de análise granulométrica (Figura 2).

Todas as amostras foram analisadas nos laboratórios de geologia e geomorfologia que ajudaram nesta pesquisa: Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) da Universidade Estadual do Ceará (UECE) e o Laboratório de Geologia Marinha Aplicada (LGMA) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

O resultado final coletado da análise textural é plotado em um programa estatístico chamado de Sistema de Análise Granulométrica (SAG), desenvolvido pelo Departamento de Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense - RJ, o qual constrói histogramas e curvas de frequência, que identifica o tipo de praia analisada.

Todos estes procedimentos forneceram valores referentes ao tamanho dos sedimentos, grau de seleção e distribuição relacionado ao ambiente de deposição e erosão. O tamanho dos grãos de areia tem influência direta na morfologia do perfil de praia, já que as praias, constituídas de sedimentos finos apresentam um gradiente



Figura 2: Esquema das análises dos sedimentos coletados em campo. Fonte: Moura, 2012.

suave, enquanto as que apresentam sedimentos grosseiros são as mais inclinadas (MORAIS, 1996).

Já os dados relacionados à altura, período e direção de ondas foram utilizados para o cálculo do transporte longitudinal dos sedimentos e para a caracterização geomorfológica da praia do Iguape.

A velocidade da corrente longitudinal é medida pela altura e obliquidade de incidência de ondas na zona de arrebentação (LONGUET-HIGGINS, 1970 *apud* MUEHE, 1996). Logo, o cálculo da velocidade da corrente é feito através da equação:

$$\bar{V}_1 = 1,19(gH_b)^{0,5} \text{sen} \alpha_b \text{cos} \alpha_b$$

Onde:

g = aceleração da gravidade (9,81m/s²);

H_b = altura de ondas na arrebentação;

α_b = ângulo de incidência de ondas.

Para conseguir a estimativa do volume de areia transportada por dia é necessário conhecer a energia e ondas (E) e a celeridade (C). A energia de ondas é dada pela equação:

$$E = \frac{1}{8} (pgH_b^2)$$

Onde:

p = densidade da água do mar (1032 kg/m³).

A celeridade é a velocidade de grupo das ondas (C_n), entretanto, segundo Muehe (1996), n é igual a 1 em águas rasas, dessa maneira a celeridade é estabelecida pela equação:

$$C = \sqrt{g(2H_b)}$$

Assim, o volume de sedimentos transportado (Q_s) é dado pela equação estabelecida por Komar (1983) *apud* Muehe (1996):

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

Muehe (op. cit.) ainda destaca que esta equação é utilizada não só com o objetivo de

calcular o volume transportado para efeitos de projetos de engenharia, mas para comparações relativas entre o transporte para um e outro lado da praia.

Vale ressaltar que, apesar de existir os elementos hidrodinâmicos da área, ainda existe o fator eólico que, do mesmo modo, gera ondas e transporta sedimentos entre a planície costeira e a zona submersa, além das atividades humanas que também modificam a morfologia da praia.

A presente pesquisa também utilizou o método indireto com o auxílio de imagens digitais dos satélites Landsat 7 ETM+ do ano de 2007, 2009 e 2011 e QUICKBIRD do ano de 2004 e 2009, georreferenciadas no datum horizontal SAD 69 zona 24 Sul. Utilizando o software ArcGIS 9.3 e sua extensão, o *Digital shoreline analysis system* (DSAS 4.2), as imagens foram georreferenciadas na busca de avaliar o recuo da linha de costa da área.

Na metodologia do DSAS, o operador delimita transectos ortogonais a uma linha de base determinada em um espaçamento definido por este e calcula as taxas de mudanças através de métodos estatísticos distintos utilizando o tratamento de dados através do método de regressão linear (LRR). Desse modo, foram delimitados e enumerados 20 transectos perpendiculares com comprimento de 100 m e espaçados 200 metros paralelamente a partir de uma linha de base *onshore*, para a praia do Iguape que possui aproximadamente 4,3 km de extensão.

O método LRR calcula as taxas de recuo de linha de costa através de regressão linear simples, considerando para tal os desvios existentes ao longo de cada linha de costa. Este é um método que utiliza conceitos estatísticos, onde todos os transectos são considerados para efeito de cálculo, cujos valores negativos apresentados representam as áreas onde pôde ser constatados índices de erosão, enquanto que os positivos expressam as tendências de deposição na área.

A posição da linha de base empregada para definir a posição da linha de costa coincide com a mudança de tonalidade nas areias da praia, o ambiente “molhado”, (zona de estirâncio), ou seja, coincide com o limite alcançado pela preamar de sizígia.

Resultados e discussões

De acordo com o transporte de sedimentos de forma longitudinal da praia do Iguape, os maiores volumes mensais foram transportados entre os meses de novembro e março, devido à maior capacidade de transporte da corrente longitudinal e maior contribuição dos depósitos eólicos para a alimentação da mesma, sendo o mês de março o destaque com 1.157.580 m³/mensal no ano de 2011. (Figura 3).

Com relação à hidrodinâmica pode-se verificar que a incidência de ondas ao longo da costa resultou em uma componente residual e transporte preferencial de sedimentos na direção SE. As alturas significativas das ondas variaram de 0,5-1,2 m, com maior percentual entre as alturas de 0,5-0,8 m. As maiores alturas foram observadas no segundo semestre do ano, o que acarretou numa forte modificação no perfil praiial (Figura 4).

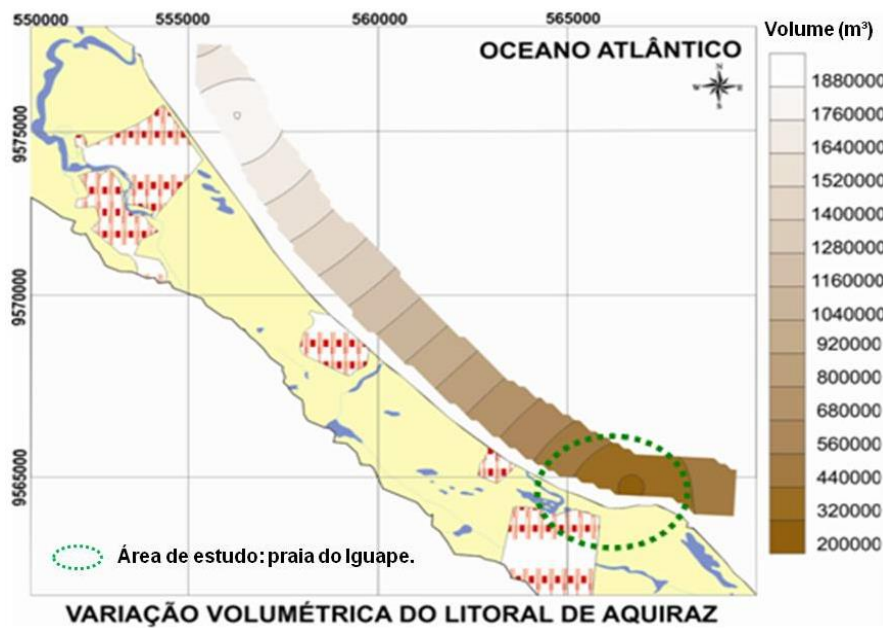


Figura 3: Variação do volume de sedimentos transportados anualmente na praia do Iguape. Fonte: Moura, 2012.

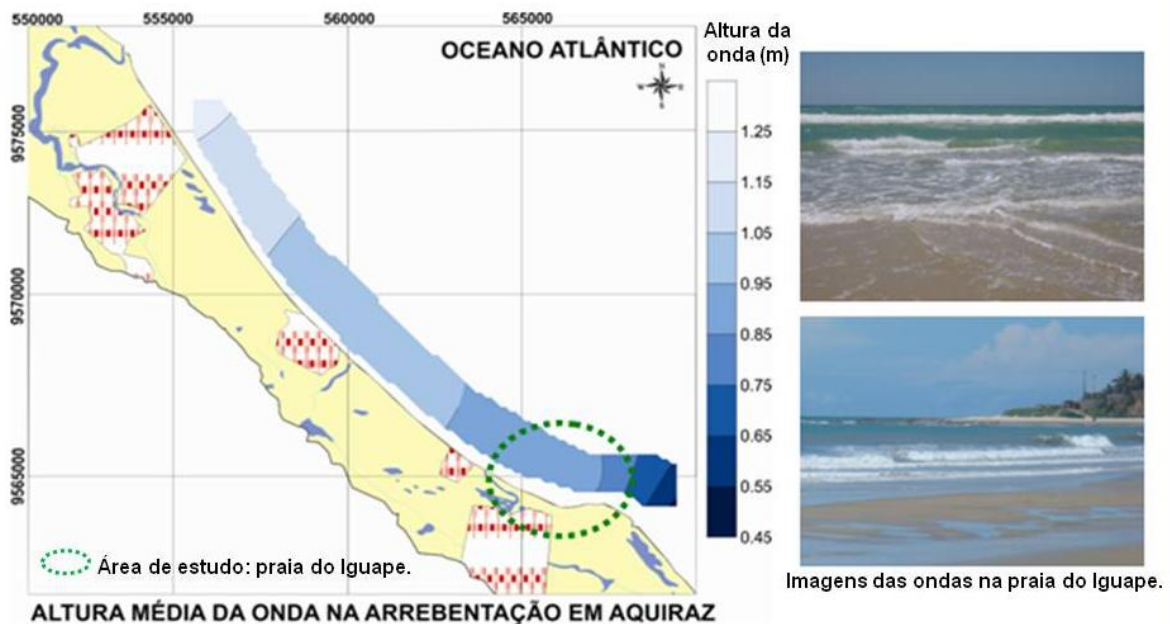


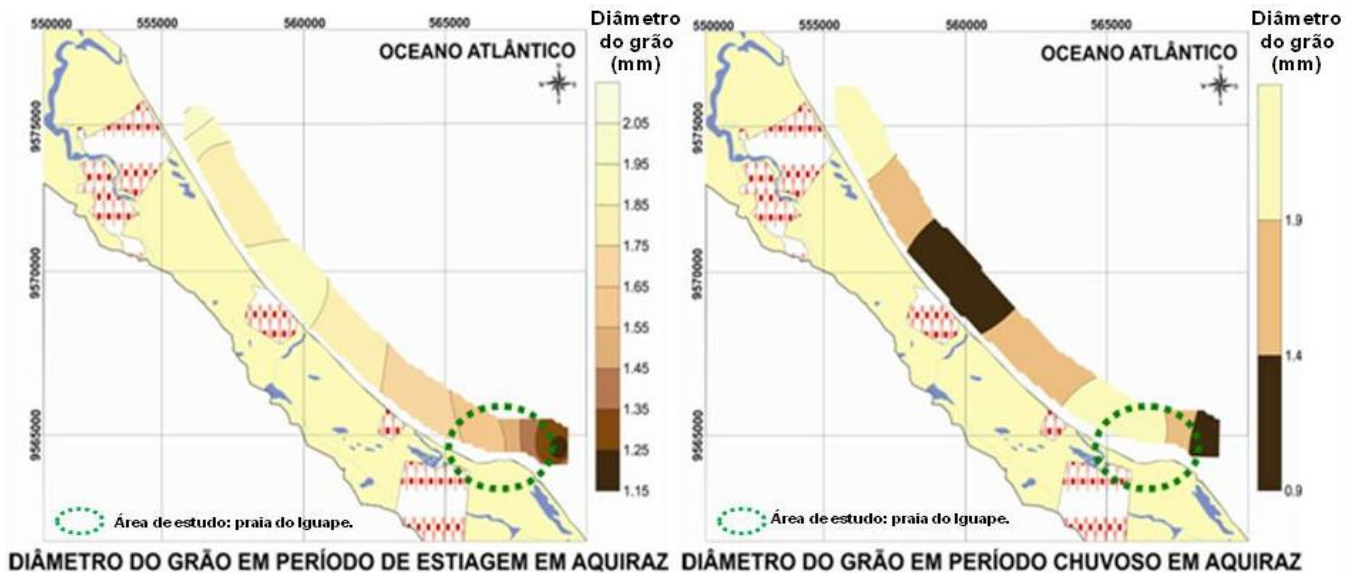
Figura 4: Variação da altura média da onda na arrebentação. Fonte: Moura, 2012.

O tamanho do grão que circula na praia do Iguape foi analisado e identificado de acordo com sua movimentação e, conforme a classificação de Folk, como sendo sedimentos de areias médias de diâmetro de 0,500 mm a finas de diâmetro de 0,177 mm, sendo que, a berma teve predominância de areia média, no estirâncio variou entre fina e média e na antepraia variaram entre areias finas a médias e moderadamente selecionadas nos dois semestres do ano (Figuras 5 e 6).

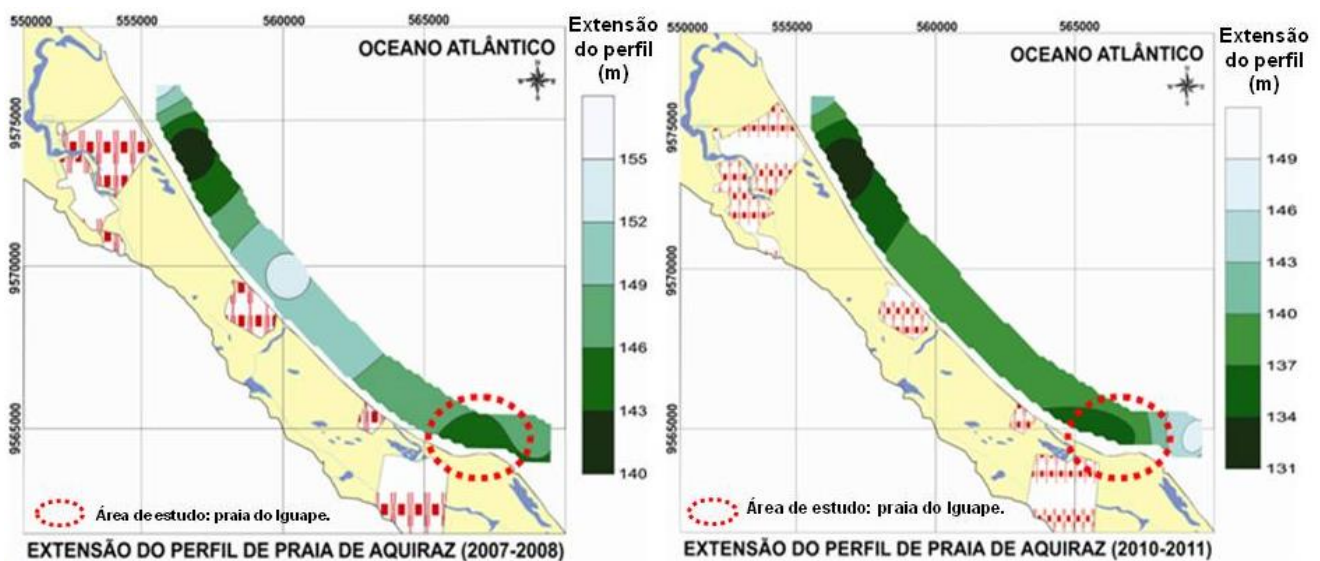
A praia do Iguape possuía um perfil de 145 m de extensão entre 2007-2008 e passou a ter o mesmo perfil com 136 m entre 2010-2011, com uma inclinação média de 6°, ficando inclinado, quando o acúmulo de

sedimentos na feição de berma se torna maior, acarretando numa escarpa de quase 1 m, onde o perfil vai se aplainando até a zona de antepraia (Figuras 7 e 8).

De acordo com Oliveira (2009), em sua pesquisa esta praia no segundo semestre do ano mostrou um perfil bem mais plano, com apenas 4,2° também na berma inferior, tão bem representados nos perfis. Neste caso, ocorreu diferente do perfil típico de tempestade e verão, ao observar uma inversão no processo de deposição e retirada, o que nos demais pontos a morfologia dos perfis comportou-se com as características típicas de cada período.



Figuras 5 e 6: Diâmetro dos sedimentos no litoral de Aquiraz. Fonte: Moura, 2012.



Figuras 7 e 8: Variação da extensão dos perfis de praia do Iguape. Fonte: Moura, 2012.

O estado modal desta praia foi do tipo Reflexivo e, em seguida, o estado Barra Transversal. Esse estado morfodinâmico presente na praia do Iguape condiz com as características do perfil, da declividade do terreno e o tipo de grão, gerando ondas expressivas causando erosão neste ponto (Figuras 9A-F).

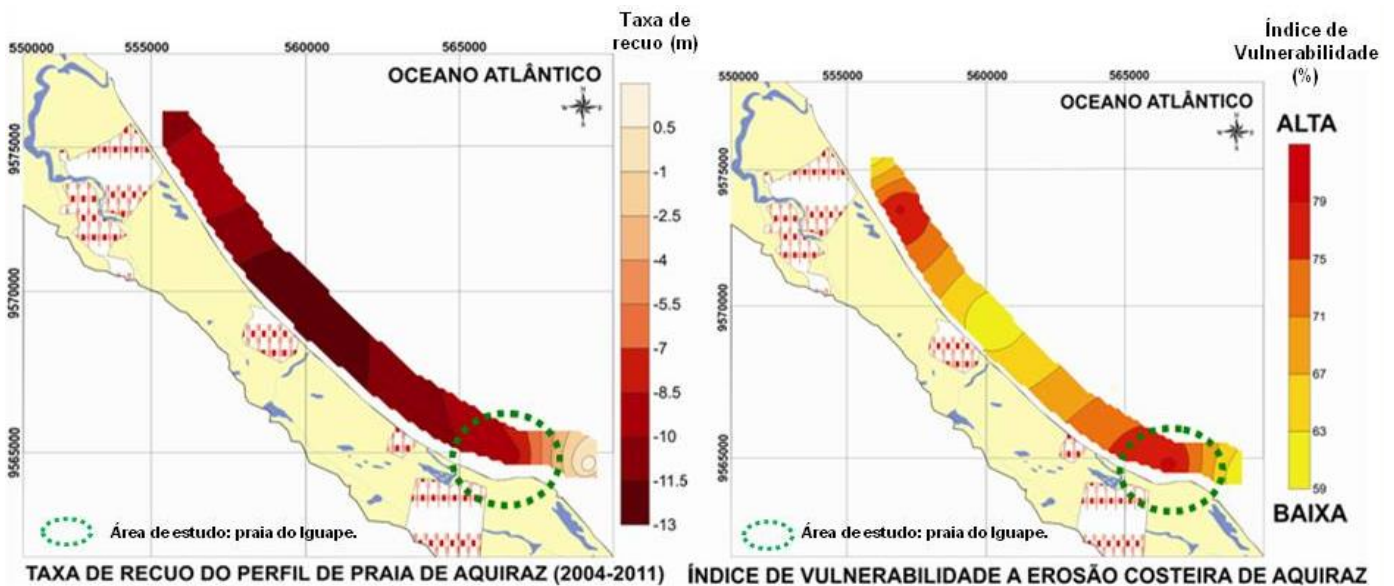
Com base no programa DSAS 4.2 constatou-se que o recuo de linha de costa da praia do Iguape é alto, atingindo uma média de $-0,76$ m/ano, acarretando no recuo de $6,08$ m nos últimos oito anos e ocasionando, conseqüentemente destruição dos estabelecimentos localizados na faixa de praia e pós-praia do litoral (Figura 10). Por meio do



Figuras 9A-F: Mosaico de fotografias das mudanças na praia do Iguape de 2007-2012, onde A: Perfil aplainado com acúmulo de sedimentos; B: Perfil inclinado com formação de escarpa na feição do berma e cúspides na zona de estirâncio; C: Perfil pouco inclinado com formação de escarpa na feição do berma rebaixamento da linha de costa pela retirada dos sedimentos; D: Perfil inclinado com acúmulo de sedimentos mostrando a sazonalidade do perfil de inverno e verão da praia; E: Presença de escarpa na zona de pós-praia identificando a retirada de sedimentos, assim como a escavação das barracas pela força das ondas; F: Marca d'água na preamar, com ressaca, ocasionando recuo da linha de costa, deixando a praia com sedimentos grossos. Fonte: Moura, 2010; 2011 e 2012, Oliveira, 2009; Reportagem, 2012.

uso dos métodos diretos e indiretos foi gerada a Figura 11, onde se indicou o índice de vulnerabilidade a erosão costeira devido a

fatores como o processo de ocupação, que vem se intensificando, sem levar em consideração as zonas de *by pass* no litoral.



TAXA DE RECUO DO PERFIL DE PRAIA DE AQUIRAZ (2004-2011) ÍNDICE DE VULNERABILIDADE A EROÇÃO COSTEIRA DE AQUIRAZ

Figuras 10 e 11: Recuo da linha de costa na praia do Iguape entre o período de 2004 a 2012 e vulnerabilidade a erosão costeira da praia do Iguape, respectivamente. Fonte: Moura, 2012.

Conclusões

De uma maneira geral a praia do Iguape apresentou-se quase que em sua totalidade ocupada por equipamentos de urbanização e para o turismo, tendo em alguns pontos específicos, menor intensidade de uso.

A dinâmica costeira a qual é submetida à praia vem sofrendo as fortes pressões das diversas atividades humanas, tendo em destaque o turismo e a urbanização.

As formas de ocupação alteram de forma significativa a circulação dos elementos do sistema, aumentando a tendência de recuo da linha de costa, devido o uso inadequado da planície litorânea, bem como a ocupação da faixa de praia, da pós-praia e do campo de dunas, que alteram o suporte sedimentar do local.

Verificou-se que os problemas costeiros como o avanço do mar, fortes ondas, destruição de dunas móveis e a diminuição da faixa praial provocaram a erosão pontual que ocasionou na destruição dos estabelecimentos localizados na faixa praial e pós-praia, atingindo um recuo de média de -0,76 m/ano, acarretando no recuo de 6,08 m nos últimos oito anos.

Agradecimentos:

Ao LGCO da UECE e ao LMGGA da UFC pelo apoio logístico e a FUNCAP pelo pela bolsa de estudo.

Referências

- Câmara, G.; Medeiros, J. S. (1998). "Princípios Básicos em Geoprocessamento in: ASSAD. E. D. Sistema de Informações Geográficas". Edson Eyji Sano – 2ª ed., rev. e ampl. – Brasília: EMBRAPA – SPI/EMBRAPA – CPAC.
- Emery, K. O. (1961). A Simple Method of Measuring Beach Profiles. *Limnology and Oceanography*. 6 (1): 90-93.
- Maia, L. P. (2002). Geomorfologia Aplicada: Teoria e Prática. Resenha do livro *Applied Geomorphology: theory and practice*, editado por Robert J. Allison. *Mercator – Revista da UFC*, ano 1, nº 02.
- Morais, J. O. de. (1996). Processos e Impactos Ambientais em Zonas Costeiras. *Revista de Geologia da UFC*, Fortaleza-CE, v.9, p 191-242.

Morais, J. O. de; Pinheiro, L. S.; Portela, J. P. (2003). Potencialidade e Vulnerabilidade Ambiental da Praia de Lagoinha-CE. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternários, 2003, Recife: ABEQUA, v. 1. p. 4-9.

Moura, M. R.; Oliveira, G. G. de; Moraes, J. O. de. (2007). Tendências de erosão da linha de costa do município de Caucaia-Ceará, associada às mudanças na morfodinâmica praial. IV Seminário do Dia do Geógrafo, UECE/MAG, Fortaleza-CE, 9p.

Moura, M. R. (2009). Processos costeiros e evolução da ocupação nas praias do litoral oeste de Aquiraz, Ceará entre 1970-2008. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza.

Moura, M. R.; Moraes, J. O. de. (2011). Análise do balanço sedimentar da faixa de praia do litoral oeste de Aquiraz, Ceará. Revista de Geologia (Fortaleza), v. 24, p. 187-198.

Moura, M. R. (2012). Dinâmica costeira e Vulnerabilidade à erosão do litoral dos municípios de Caucaia e Aquiraz, Ceará. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

Muehe, D. (1996). Geomorfologia Costeira. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Org). Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. 2a edição, 191-238, Edit. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro (RJ).

Muehe, D. (2005). Aspectos Gerais da Erosão Costeira no Brasil. Revista Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 04, número 07, 97 - 110p.

Nordman, M. E.; Wood, L.; Michalek, J. L.; Christy, J. J. (1990). Water depth extraction from Landsat- 5 imagery. "Proceedings of the Twenty-third International Symposium on Remote Sensing of Environment".

Novo, E. M. L. M. (1995). "Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações". Editora Edgard Blucher LTDA. 2 edição. 2 reimpressão.

Oliveira, G. G. de. (2009). Análise integrada da linha de costa situada ente o riacho barro preto e rio Catu, Aquiraz, CE. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará.

Suguio, K. (1973). Introdução à sedimentologia. Ed. Edgard Blucher Ltda. 317 p., São Paulo-SP.