

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA LINHA DE COSTA DA PRAIA DE TORRÕES (ITAREMA, CEARÁ, BRASIL) EM MÉDIO PERÍODO (1958-2004) UTILIZANDO IMAGENS QUICKBIRD E FOTOGRAFIAS AÉREAS

Ponciana Freire de Aguiar
Universidade Federal do Pará,
poncianafreire@freire.com

Maâmar El-Robrini
Professor da Universidade Federal do Pará,
robrini@pesquisador.cnpq.br

George Satander Sá Freire
Universidade Federal do Ceará
freire@ufc.br

Rodrigo Guimarães de Carvalho
Universidade Estadual do Rio Grande do Norte,
rodrigo.ufc@gmail.com

EIXO TEMÁTICO: GEOGRAFIA FÍSICA E GEOTECNOLOGIAS

Resumo

As variações na linha de costa da praia de Torrões (Itarema, Ceará, Brasil) foram analisadas ao longo de um período de 46 anos (médio - 1958-2004). Notou-se um predomínio dos processos de erosão na linha de costa da área. A metodologia consistiu: na aquisição de fotografias aéreas multitemporais (nas escalas de 1:32.500 e 1:25.000) e imagens de satélites ortorretificadas de alta resolução espectral e espacial (Quickbird); no georeferenciamento de fotografias aéreas, através de pontos de controle extraídos das imagens Quickbird; a interpretação visual das imagens do satélite Quickbird (2004) integrada a das fotografias aéreas (1958 e 1988); na geração dos mapas de progradação e retrogradação na escala 1:50.000. Os resultados mostram uma maior intensidade de processos de erosão da linha de costa: com retrogradação de $-414948,3 \text{ m}^2/46 \text{ anos}$ (1958/2004) (83,4%); e progradação de $82745,94 \text{ m}^2$ (16,6%).

Palavras chaves: morfologia, linha de costa; médio período; sensoriamento remoto

Abstract

The changes in coastal line to Torrões Beach (Itarema, Ceará, Brazil) were analysed along by 46 years period (1958-2004). Were observed major intensity of the erosion process in coastal line of area. The methodology consisted: collection multi-temporal airborne photography's (1:32.500 and 1:25.000 scales) and spectral and spatial resolution to Quickbird satellite images ortho-retificatied (2004); the airborne photography was georeferenced for control points extracted Quickbird images; integration to visual interpretation to Quickbird satellite images (2004) and airborne photography's (1958-1988); progration and retrogradation mapping, in scale 1:50000. The analyses indicated a major intensity to shoreline erosion process: retrogradation of $-414948,3 \text{ m}^2/46\text{years}$ (1958/2004) (83,4%); and progradation by $82745,94 \text{ m}^2$ (1958/2004) (16,6%).

Key words: morphology, coastal line; mid-term; remote sensing

1 Introdução

A praia de Torrões é influenciada por altas temperaturas, pluviometria média de 1172,21mm, ventos de 5,5m/s, regime de meso-marés (1,48m), e altura significativa das ondas de 0,56m (Aguiar, 2011). Essas características relacionam-se aos fatores

climáticos/meteorológicos (ventos, chuvas, pressão, evaporação), oceanográficos (ondas, marés, correntes), sedimentológicos (transporte litorâneo de sedimentos), de oscilações do nível relativo do mar, além das atividades antrópicas (ocupação humana, desmatamento, fazenda de camarões).

A praia de Torrões possui 2km de extensão e localiza-se no município de Itarema, costa oeste do estado do Ceará (Figura 1). Limita-se ao sul com o distrito de Carveiro, ao norte com o Oceano Atlântico, a sudeste com o distrito de Patos, e a oeste com a praia de Almofala, distando 185 Km de Fortaleza.

A ocorrência de anomalias climáticas podem afetar a dinâmica costeira de Torrões como: El Niño, com registros em 1982/83, 1997/98 (intensidade forte), 1977/1978, 1986/1987, 1992/1993, 1993/1994, 2002/2003, 2004/2005 (intensidade moderada a forte); e La Niña nos anos de 1975/76, 1984/85, 1988/89 e 1995/96, 1998/1999, 1999/2000, 2001/2002 (FUNCEME, 2010, CPTEC, 2008).

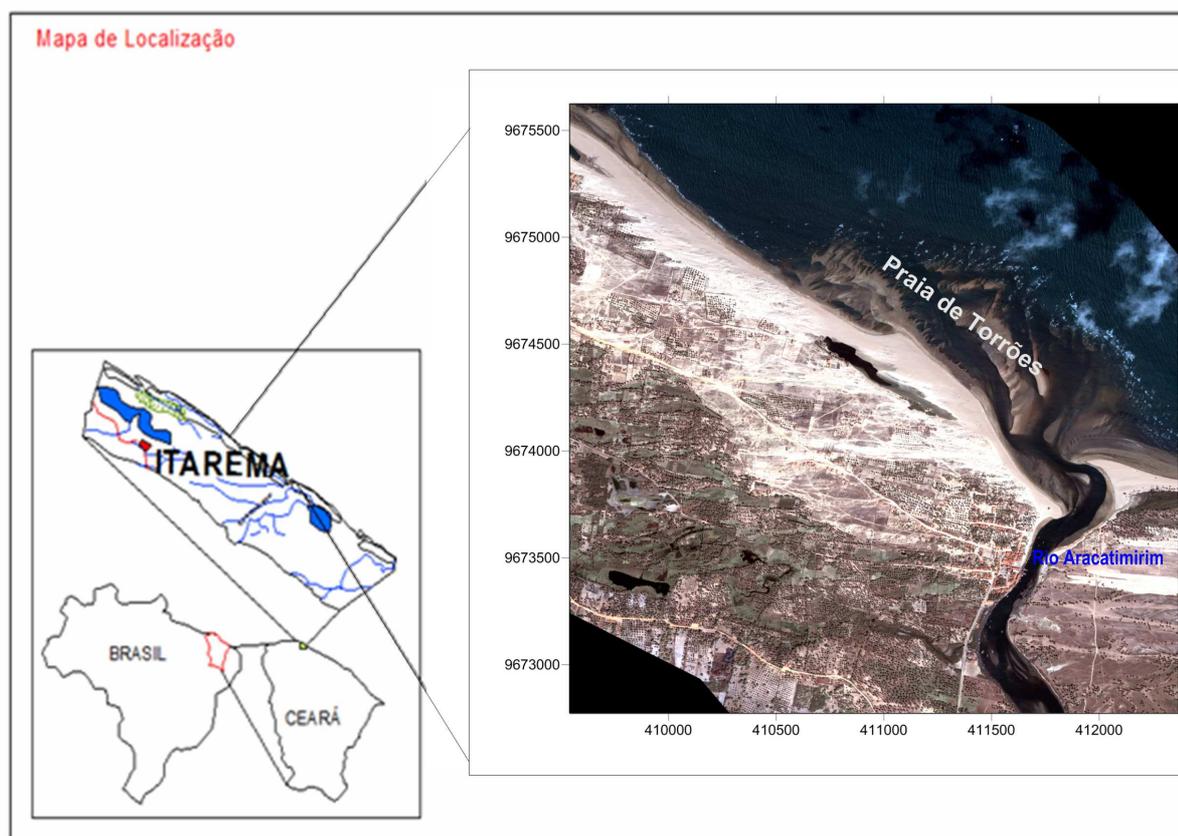


Figura 01. Mapa de localização da praia de Torrões.

Justificativa

O trabalho é relevante pela necessidade de quantificar as mudanças na linha de costa de Torrões, que ocorrem por processos como erosão e deposição. Os sistemas oceanográficos e hidrodinâmicos que condicionam a dinâmica da linha de costa podem ser afetados por eventos

extremos (El Niño e La Niña) (Souza Filho, 2000), tempestades e ressacas (Klein *et al.*, 2009), tornando a linha de costa vulnerável aos riscos ambientais (Kulmar *et al.*, 2010).

Na praia de Torrões ocorrem muitas feições instáveis e com níveis elevados de vulnerabilidade. Afloram nela duas unidades: a Formação Barreiras (Mioceno/Plioceno); e os Depósitos Quaternários (Holoceno). A área está instalada na borda da margem passiva e é recortada por uma falha inferida de sentido NE-SW (CPRM, 2003). O rio Aracatimirim deságua na praia de Torrões, com padrão drendrítico e paralelo, com nascentes nos sedimentos da Formação Barreiras e nos Depósitos Quaternários.

As unidades geomorfológicas que ocorrem na praia de Torrões (Sales, 2002): (a) o Planalto Costeiro ou tabuleiro litorâneo aplainado, de superfície pediplanada; e (b) a Planície Costeira que inclui: planícies aluviais, planícies estuarinas e planícies arenosas.

Objetivos

Este artigo tem como objetivo analisar a variabilidade da linha de costa de Torrões para o período médio (1958-2004): confeccionando mapas e variação da linha de costa; identificando e quantificando áreas em erosão (retrogradação) e em deposição (progradação).

Referencial teórico e conceitual

A praia de Torrões é uma praia arenosa condicionada por mudanças naturais, além da vegetação e presença de desembocadura do Rio Aracatimirim, refletindo uma resposta do comportamento da costa aos processos e agentes dinâmicos, e revela um significativo recuo da linha de costa (Souza Filho, 2000, Souza Filho & El-Robrini, 2000; Klein *et al.* 2009; Aguiar, 2011), agravado pela elevação do nível do mar (Coward *et al.*, 2010).

A análise de sistemas ambientais serve como meio para a elaboração de estratégias de planejamento ambiental (Carvalho, 2011). O uso do sensoriamento remoto tornou-se uma ferramenta essencial para os estudos ambientais, seja por interpretação de imagens multiespectrais ou de fotografias aéreas (Câmara, 2000; Brito & Filho, 2002; Yoshikawa *et al.*, 2010), pois permitiu analisar a evolução da praia de Torrões, através do estudo da variabilidade da posição da linha de costa em médio período.

A presente pesquisa contou com estudos de evolução da linha da costa, baseado no uso de geoindicadores: escarpas de praia e plataforma de abrasão costeira (Berger, 1996), onde foi possível analisar as mudanças costeiras naturais e antrópicas, quali-quantificadas com o uso da integração de dados e imagens de sensores remotos em Sistema de Informações Geográficas (SIG's) (Thieller *et al.*, 2005; Klein *et al.*, 2009).

2 Material e Método

Na metodologia foi feita uma revisão bibliográfica, coleta de dados documentais, cartográficos e de sensoriamento remoto, com a aquisição e georreferenciamento das fotografias aéreas dos anos de 1958 (1: 25.000) e 1988 (1: 32.500), e das imagens ortorretificadas do satélite Quickbird (2004), seguido de procedimentos laboratoriais com realização de mapas, análises e processamento de dados em SIG's.

Para tanto, foram realizados dois campos na praia de Torrões: (1) dias 11 e 12/05/2007 para reconhecimento de áreas, identificar feições, unidades e subunidades geomorfológicas, e geoindicadores da área; (2) dias 24 e 25/11/2007 para comprovação de dados e mapeamentos.

Sensoriamento Remoto

A linha de costa foi delimitada por análise e identificação de geoindicadores para a representação da dinâmica costeira em médio período de 46 anos (1958 à 2004): escarpas de praia e plataforma de abrasão. Identificadas por interpretação visual das fotografias aéreas e das imagens Quickbird na escala de 1: 50.000. Os aplicativos SIG's utilizados foram o PCI 8.0 - Geomática, e o ArcGIS 8.9-ESRI), onde foram feitos também os cálculos de áreas de erosão e progradação na linha de costa de Torrões. A identificação das escarpas de praia e a plataforma de abrasão permitiu fixar a posição da linha de costa em 1958, sendo paralela a LMB e visualizar as mudanças em 1988 e em 2004.

Imagens Quickbird

Os dados das imagens de satélite utilizados foram:

- Datum WGS 84; projeção coordenadas geográficas; zona -24 (42°W – 36°W); formato = 11 bits; sensor CCD; resolução bandas multi-espectrais/visível: 450-520nm, 520-600nm, 630-690nm; resolução espacial: 2,4 a 2,8 m.

- Mosaicos de imagens do satélite Quickbird, de nível orbital, com sensor remoto de alta resolução, ortorretificadas, escala 1:25.000, imageadas em 06 de janeiro, 09 de setembro e 15 de outubro de 2004.

As imagens multiespectrais Quickbird (2004) foram salvas em formato *.pix e importadas no aplicativo ArcGis 8.9, feita a interpretação visual com digitalização da linha de costa (Figura 2). Além de operações como subtração e adição de área da linha de costa, e feitos os cálculos de erosão e acresção.

Fotografias Aéreas

As fotografias aéreas passaram por pré-processamento, com inserção de um datum e de projeção cartográfica, com dados de entrada e saída condizentes com os dados de saída das imagens Quickbird, Datum SAD 69, Projeção UTM, zona -24 (42°W – 36°W) *South American*

1969, no aplicativo Global Mapper. Estas foram georreferenciadas e mosaicadas (Figura 2) com pontos de controle das imagens Quickbird no aplicativo PCI 8.0.

Foram utilizados os seguintes dados:

- Imagens de sensores remotos de nível suborbital e resolução variada, as fotografias aéreas da SUDENE, cedidas pelo INCRA.

- Fotografias aéreas de: 1958, na escala: 1: 25.000; resolução espectral: visível; resolução Espacial: 5m; data: 06/58.

- Fotografias aéreas de: 1988, na escala: 1: 32.500; resolução espectral: visível; resolução espacial: 10m; data: 10/88.

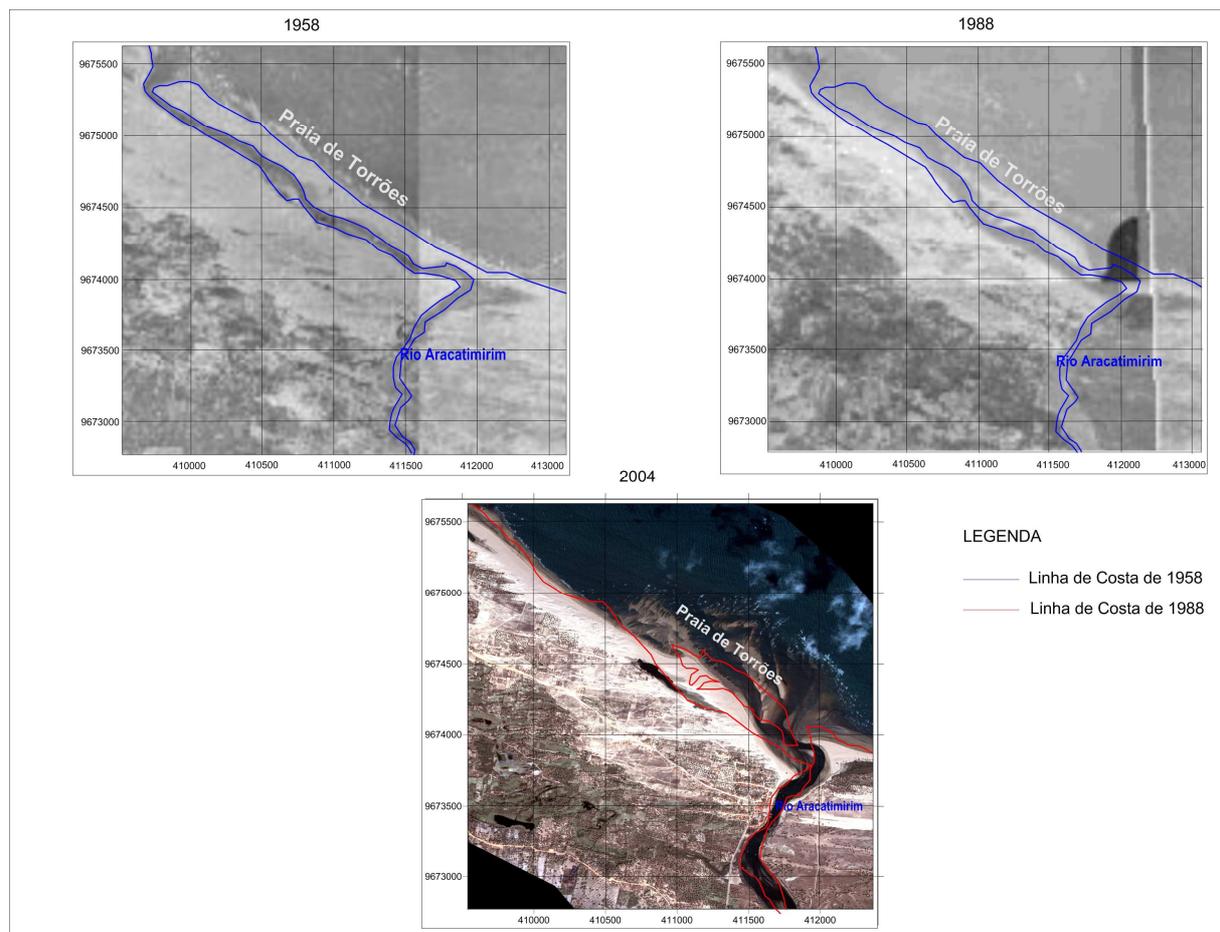


Figura 2. Mosaico de fotografias aéreas (1958) com a delimitação da barra arenosa de Torrões, e a linha de costa de 1988.

O erro cumulativo foi calculado a partir das resoluções das fotografias aéreas e da imagem Quickbird. O erro cumulativo linear de 1958/1988 foi de 11,5m, o de 1988/2004 foi de 9,3m, enquanto o erro cumulativo das áreas foi de 59,9m² para o período de 1958/1988 e 40,4m² para 1988/2004, estas, foram as menores distâncias lineares e áreas possíveis de serem mapeadas da praia de Torrões.

3 Variação morfológica da linha de costa de Torrões em médio período (1958-2004)

A delimitação da linha de costa e a integração dos dados das fotografias aéreas e das imagens orbitais através de overlays, interação e inserção de dados digitalizados nos aplicativos permitiram obter uma boa visão da evolução costeira, devido à escala de detalhes.

A linha de costa de Torrões recuou um máximo de 19m/ano com um avanço máximo de 8,5m/ano na praia de Torrões. A posição da linha de costa apresentou variações, com o maior impacto erosivo nas primeiras décadas entre 1958 e 1988.

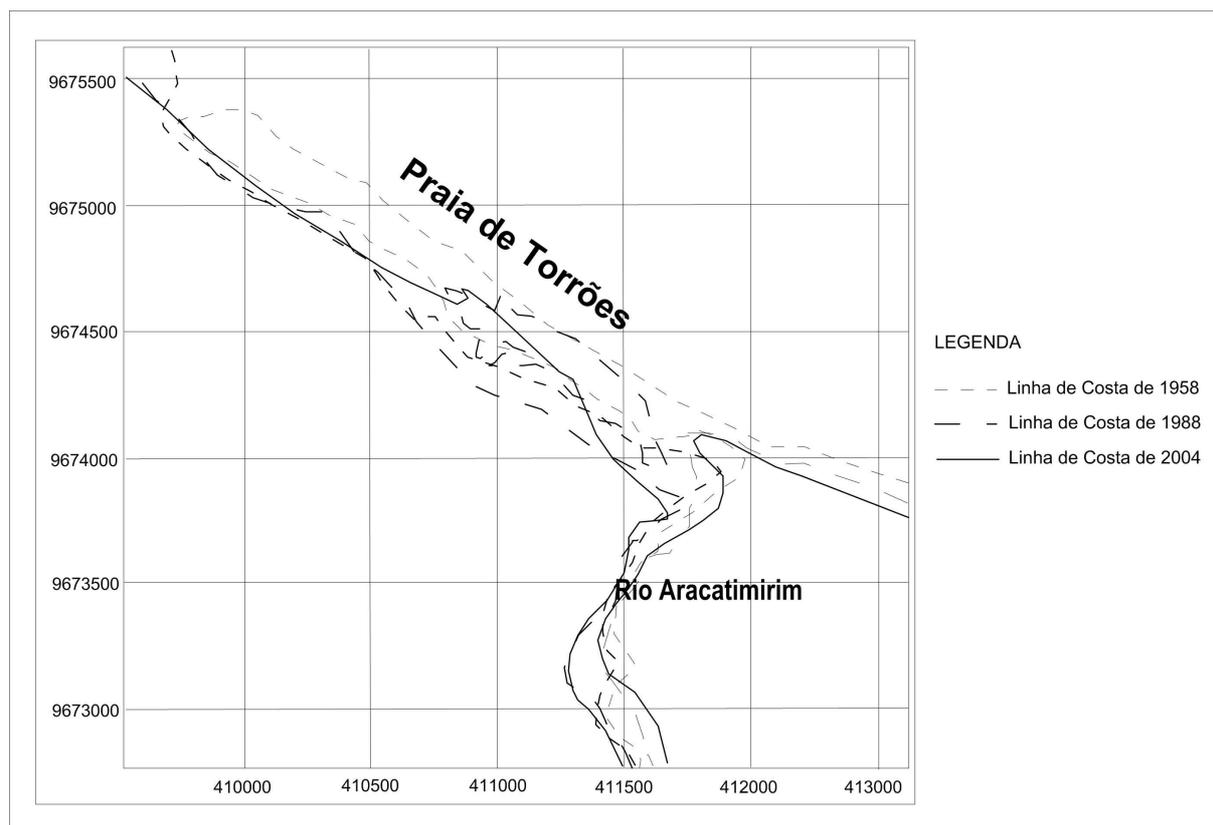


Figura 3. Mapa de variação da linha de costa da praia de Torrões (1958 - 2004).

Uma maior intensidade de processos de erosão da linha de costa de Torrões foram observados: retrogradação apresentando valores de $-414948,3\text{m}^2/46$ anos (1958/2004) (83,4%); e progradação da linha de costa de $82745,94\text{m}^2/46$ anos (16,6%).

A praia teve uma perda da linha de costa de $-356656,1\text{m}^2/30$ anos (1958/1988), e um recuo linear máximo de 410m, na barra arenosa (Figura 2), e engorda de $19805,59\text{m}^2$, com avanço linear de 71m (Figura 4a). A linha de costa progradou $62940,35\text{m}^2/16$ anos (1988/2004), com um avanço de 250m, e uma retrogradação de $-58292,2\text{m}^2$, recuando 200m (48,1%) (Figura 4b).

O erro cumulativo linear de 1958/1988 foi de 11,5m, de 1988/2004 foi 9,3m, enquanto o erro cumulativo de área foi de $59,9\text{m}^2$ para o período de 1958/1988, e $40,4\text{m}^2$ para o período de 1988/2004, sendo as menores distâncias lineares e áreas possíveis de serem mapeadas, valores

menores que estes, foram desconsiderados ou tratados como fora do limite de detecção dos sensores, interpretando-se como trechos estáveis ou sem mudanças aparentes na delimitação da linha de costa de Torrões.

As Imagens Quickbird por serem ortorretificadas e de alta resolução (2,8m), apresentaram um boa acurácia, na identificação de geoindicadores como escarpas de praia e plataforma de abrasão, neste artigo, que por sua vez foram úteis na delimitação e quantificação das variações da linha de costa.

Os geoindicadores tiveram uma boa acurácia nas fotografias aéreas (1958 e 1988), levando-se em conta sua escala, sendo úteis na análise multitemporal, mesmo apresentando um pouco mais de dificuldade, na realização da delimitação dos geoindicadores. Os dados da interpretação visual das imagens e fotografias aéreas tiveram uma variância de 36,74%.

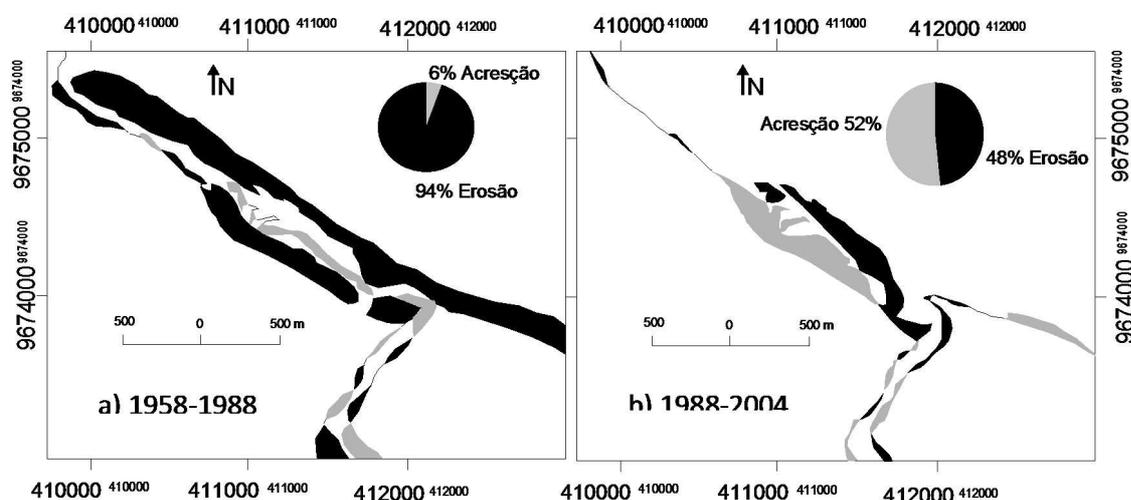


Figura 4. Mapa de retrogradação e progradação da linha de costa da praia de Torrões: de 1958 à 1988 (a); e de 1988 à 2004 (b).

4 Impactos variações da linha de costa da praia de Torrões

A linha de costa do cordão arenoso que iniciava na Praia de Torrões e recobria parte da sua linha de costa barrava a foz do rio Aracatimirim, no sentido SE-NW, se estendendo por toda a praia, e apresentou-se modificado em 1988, com um recuo das suas barras arenosas. Praias da parte norte de Puri, central de Kendrapara, e sul de Bhadrak, na Índia (Kumar *et al.*, 2010) com regime de meso-marés, e valores de recuo da linha de costa menores que -10m/ano possuem alta vulnerabilidade aos riscos ambientais (erosão da linha de costa).

A praia de Torrões retrogradou -414948,3 m²/46 anos, com processos de erosão dominantes. O avanço médio da linha de costa de Torrões foi de 7,5 m/ano, e progradação de 82745,94 m²/46 anos, influenciada pelas anomalias La niña. O recuo da linha de costa foi de 23m/ano (1958/1988) na praia de Torrões, e de 13m/ano (1988/2004), apresentando áreas de vulnerabilidade alta.

Assim, observou-se que em 1988 na praia de Torrões a barra havia sido rompida, mudando o fluxo do rio, e o canal passou a seguir o curso direto para o mar. No período de 1958 à 1988, foi observado um maior recuo da linha de costa com retrogradação da barra, e da foz rio Aracatimirim.

A retrogradação da praia de Torrões entre 1958 a 1988, pode ter ocorrido por um prolongado e forte evento La niña de (1984/1985) e (1985/1986) (Figura 5), que influenciou no aumento das chuvas com 2800 mm em 1985, e mais de 1800mm em 1986 (Figura 6), aliada a um grande volume de chuvas em 1988 (Figura 6). Essas altas precipitações podem ter influenciado na forte vazão do rio Aracatimirim, e aumentado os processos de erosão na sua foz, no primeiro período (1958/1988).

É possível observar nos resultados da presente pesquisa dois picos de maior precipitação no município de Itarema (Figura 7) em abril de 1985 e março de 1986 que ultrapassaram 700 mm (em cada mês), coincidindo com anomalia TSM (temperaturas abaixo -1°C) no evento prolongado La niña (Figura 5). Os valores de precipitação são elevados se comparados aos valores históricos, a média total de 1172,21 mm (1977-2004) (Figura 6), mínima de 350 mm, e máxima de 2886 mm.

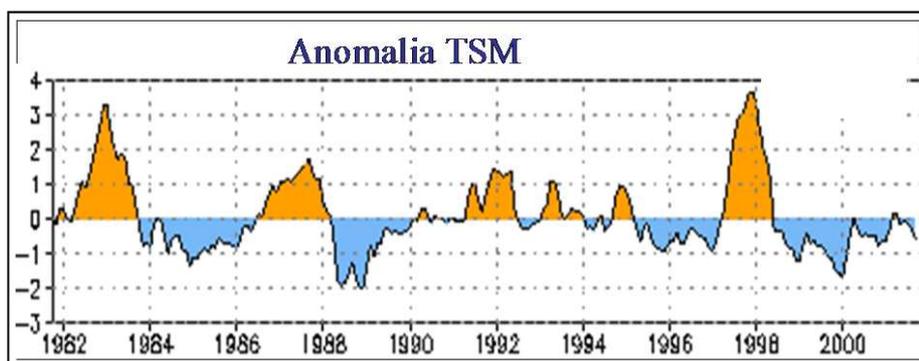


Figura 5. Anomalia TSM (1982 à 2000), no Pacífico Tropical (Fonte: CPTEC, 2008).

Nesse sentido, a praia de Torrões está formando “hotspots” ou áreas de erosão acentuadas, como a praia do Balneário Piçarras (Klein *et al.*, 2009) que apresenta “hotspots” relacionados a eventos extremos (as tempestades sazonais do meio do Atlântico e ciclones Extratropicais), responsáveis por erosões severas.

As marés de sizígia, contribuem com o aumento da altura das ondas, quando há o alinhamento do sol, da lua e da Terra, coincidindo com o evento La niña, as altas precipitações desse período praia de Torrões, e os altos valores de retrogradação (Figuras 5, 6).

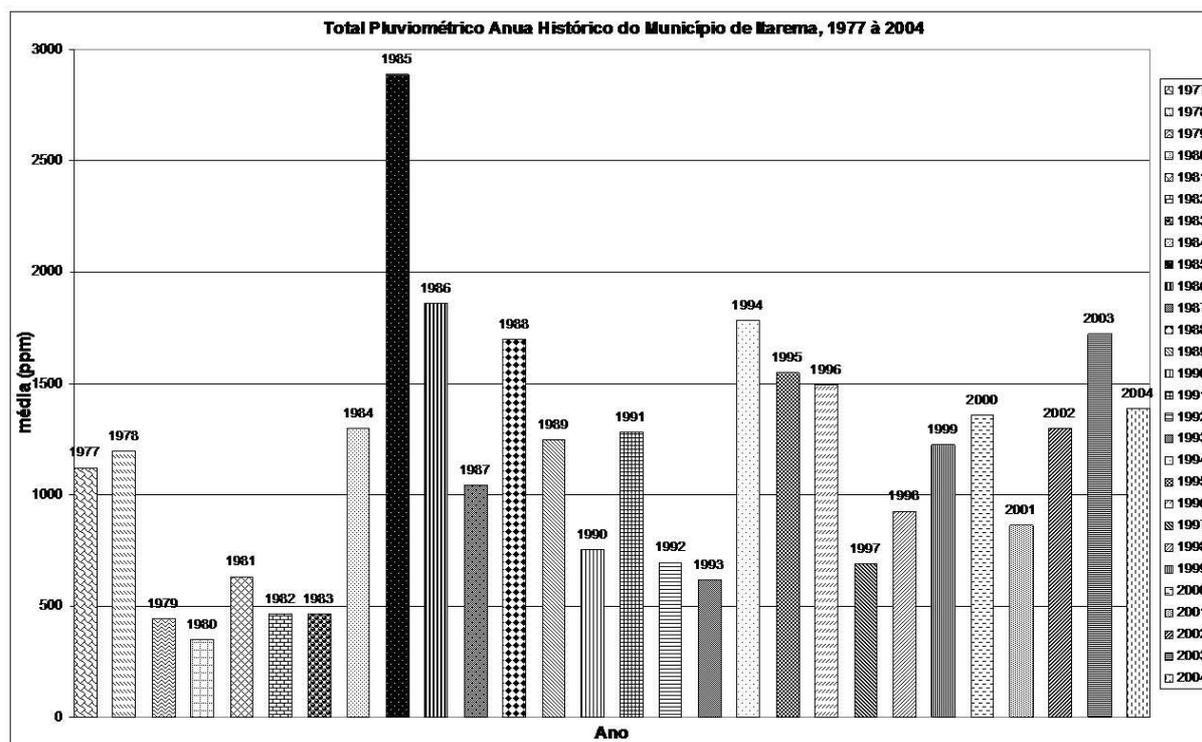


Figura 6. Totais pluviométricos históricos no município de Itarema, no período de 1977 à 2004 (Fonte: FUNCEME, 2010).

No estado do Ceará as tempestades do Atlântico Norte causam ressacas marinhas com erosões e impactos (destruição das construções), com altas ondas > 3 m de altura (FUNCEME 2010).

5 Discussões

O aumento dos processos de erosão, com recuo da linha de costa formam “hot spots” ou zonas de erosão acentuadas, como na praia do Balneário de Piçarras com taxas de erosão maiores que 5m/ano (Klein *et al.*, 2009). Foi observada uma intensificação dos processos costeiros e aceleração das mudanças da linha de costa nas últimas décadas em diversas praias do mundo (Souza Filho, 2000; Klein *et al.*, 2003; Sales, 2002; França, 2003; Pinheiro *et al.*, 2006; Cowart *et al.*, 2010; Farias & Maia, 2010).

Os resultados mostram uma maior intensidade de processos de erosão da linha de costa: com retrogradação de -414948,3 m²/46 anos (1958/2004) (83,4%); e progradação de 82745,94m² (16,6%).

Erosão na linha de costa foi observada em 88% na Ilha de Cedar, norte de Carolina entre 1958 e 1988 (Cowart *et al.*, 2010). Estudos recentes da evolução da linha de costa na praia do Farol em Itarema (Farias & Maia, 2010) constataram caráter erosivo na praia, com valor médio de 3,4m/ano, e máximos de 8,8m/ano, 6,1m/ano e 10,9m/ano, sendo uma das áreas mais críticas com retrogradação da costa cearense. A praia Mansa no porto do Mucuripe apresenta um avanço da

linha de costa de 0,8284 km²/31 anos (1972/2003), com predomínio dos processos de progradação (Pinheiro & Moraes, 2007).

A linha de costa na praia de Torrões apresenta zonas de erosão acentuada (hot spots), com valores médios de recuo da linha de costa de 400 m, máximos de 800 m, e uma taxa de erosão de 14 m/ano, que as definem como de alta vulnerabilidade aos riscos ambientais.

A praia de Torrões é caracterizada pela existência de eolianitos, em forma de escarpas de praias, que já encontravam-se em solapeamento na década de 80 (Freire, 1989). A leste do rio Aracatimirim, a foz foi barrada por cordões litorâneos em 1958, voltada para oeste. Atualmente, sua foz encontra-se em contato direto com o oceano, e as escarpas de praia continuam sofrendo solapeamento. Assim, as altas taxas de retrogradação da linha de costa (<-10m) definem a praia de Torrões como de alta vulnerabilidade aos riscos ambientais (por erosão).

Os impactos gerados pela dinâmica natural na praia de Torrões em 46 anos apresentaram-se através da progradação e retrogradação, com afogamento e soterramento de manguezais, destruição de casas e barracas na praia de Torrões, além de migração de canais de maré e fluxo de rio, sendo que, o maior recuo da linha de costa, que ocorreu principalmente no primeiro período/30anos (1958/1988), e avanço no segundo período/16anos (1988/2004).

6 Conclusões

A linha de costa da praia de Torrões apresentou maior quantidade de processos erosivos, com conseqüente retrogradação, com maior intensidade no primeiro período/30anos (1958/1988), enquanto os processos acrecionais, com maior intensidade dos processos de progradação no segundo período/16anos (1988/2004).

Na praia de Torrões as escarpas de praia e a plataforma de abrasão foram excelentes geoindicadores na delimitação e quantificação das variações da linha de costa, nas fotografias aéreas com bom nível de detalhes, e principalmente nas imagens Quickbird, resultando em alto nível de detalhes.

7 Referências bibliográfica

- Aguiar, P. F. 2011. **Morfologia e dinâmica de médio (1958-2011) e curto (2007) períodos da planície costeira de Almofala, Itarema, Ceará, Brasil.** Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará, 179p.
- Berger, A. R. 1996. **The geoinicator concept and its application: an introduction.** In: R.B. Antony & J.I William J. Iams (ed.). *Geoindicators: assessing rapid environmental changes en earth systems.* Rotterdam, A. A. Balkema. p. 1-14.
- Brito, J. L. N. S., and Filho, L. C. T. C. 2002. **Fotogrametria Digital.** Instituto Militar de Engenharia.

- Carvalho, R. G. de. **Análise de sistemas ambientais aplicada ao planejamento: estudo em macro e mesoescala na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, RN – Brasil.** Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará. 2011. 203p.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. 2003. **Atlas de geologia e Recursos minerais do Ceará: Sistemas de Informações Geográficas - SIG.** Mapas na escala 1:500.000. Brasil: CPRM, Fortaleza: CNPQ, ICD-Rom.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS - CPTEC. 2008. **El niño e La niña.** http://www.cptec.inpe.br/enos/Oque_el-nino.shtml. Acesso em: 08 de janeiro de 2008.
- Cowart, L.; Wals, J. P.; Corbett, D. R. 2010. **Analyzing Estuarine Shoreline Change: A Case Study of Cedar Island, North Carolina.** Journal of Coastal Research. 26: 817-830.
- Farias, E. G. G.; and Maia, L. P. 2010. **Uso de Técnicas de Geoprocessamento para a Análise da Evolução da Linha de Costa em Ambientes Litorâneos do Estado do Ceará, Brasil.** UNIVALE. Journal of Integrated Coastal Zone Management. 1: 1-23.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS - FUNCEME. 2010. **El Niño e La Nina; Boletins Meteorológicos.** In: Meteorologia e Oceanografia. Fortaleza: FUNCEME. <http://www.funceme.br/DEMET/index.htm>. Acesso em: 04 de dezembro de 2010.
- França, C. F. 2003. **Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó (PA).** Tese de Doutorado. Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém: UFPA. 144p.
- Freire, G.S.S. 1989. **Edute hydrologique et sedimentologique de l'estuarie du rio Pacoti (Fortaleza, Ceará, Brasil).** Nantes: Université de Nantes Faculte des Sciences et des Techniques. (These du Doctorat). 300p.
- Klein, A. H. F.; Benedet Filho, L.; Hsu, J. R. C. 2003. **Stability of headland bay beaches in Santa Catarina: a case study.** In: Klein, A. H. F.; Finkl, C. W.; Rörig, L. R.; Santana, G. G.; Diehl, F. L.; and Calliari, L. J. (eds), Journal of Coastal Research, Special Issue, Proceedings of the Brazilian Symposium on Sandy Beaches: Morphodynamics, Ecology, Uses, Hazards and Management, 35: 151-166.
- Klein, A. H. F.; Araujo, R. S.; Polette, M.; Sperb, R. M.; Freitas, D.; Camargo, J. M.; Sprovieri, F.C.; Pinto, F.T. 2009. **Ameliorative Strategies at Balneário Piçarras Beach – Brazil.** In: Williams, A.T.; and Micallef, A. (ed). Beach Management Guidelines: Principles and Practice. Earthscan Publisher, London, UK. 241-255.
- Kumar, T. S.; Mahendra, R.S.; Nayak, S.; Radhakrishnan, K.; Sahu, K.C. 2010. **Coastal Vulnerability Assessment for Orissa State, East Coast of Índia.** Journal of Coastal Research, West Palm Beach, Florida. 26 (3): 523–534. DOI: 10.2112/09-1186.1

- Pinheiro, L. de S.; Gomes, M. L.; Falcão, T. O.; Morais, J. O. 2006. **A Influência dos Processos Estuarinos na Morfodinâmica e Vulnerabilidade a Erosão da Prainha de Aquiraz-(Ce).** Goiânia: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology.
- Pinheiro, L. S.; and Morais, J. O. 2007. **Shoreline Change of the Mucuripe Harbour Zones (Fortaleza-Ceará, Northeast of Brazil) 1972 – 2003.** Australia: *Journal of Coastal Research*. Special Issue 50 (50): 1163 – 1167.
- Sales, V. C. C. 2002. **Évolution Géomorphologique de la Zone Côtière le L'état du Ceará, Nord-Est Du Brésil: du Long Terme au Court Terme.** Tese de Doutorado. Paris: Université Paris-Sourbonne. 513 p.
- Souza Filho, P. W. M. 2000. **Mangrove as Geological Indicator of Coastal Changes in Bragança, Pará, Northern Brazil.** Mangrove Conference, Recife, Full Papers, CDROM.
- Souza Filho, P. W. M.; and El-Robrini M. 2000. **Coastal Zone Geomorphology of the Bragança Area, Northeast of Amazon Region, Brazil.** *Revista Brasileira de Geociências*, 30: 518-522.
- Thieller, E. R.; Martin, D.; Ergul, A. 2005. **The Digital Shoreline Analysis System, version 2.3.** Shoreline change measurement software extension ArcMap 9.0. USGS Open-File. Disponível em <http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/dsas/>
- Yoshikawa, S.; and Nemoto K. 2010. **Seasonal variations of sediment transport to a canyon and coastal erosion along the Shimizu coast, Suruga Bay, Japan.** *Marine Geology*, 271: 165-176. doi:10.1016/j.margeo.2010.02.010