

Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil

Leilanne A. RANIERI¹ & Maâmar EL-ROBRINI²

1. Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Av. Augusto Corrêa, 1, CEP 66075-110, Belém, PA, Brasil. E-mail: leilanne.ranieri@gmail.com.

2. Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros, Universidade Federal do Pará. Av. Augusto Corrêa, 1, CEP 66075-110, Belém, PA, Brasil. E-mail: robrini@ufpa.br.

Recebido em 05/2014. Aceito para publicação em 07/2015.

Versão online publicada em 11/12/2015 (www.pesquisasemgeociencias.ufpa.br)

Resumo - As taxas médias de variação de linha de costa constituem um bom índice para a determinação da tendência evolutiva de qualquer trecho do litoral. No município de Salinópolis, apesar de esta tendência ser de deposição de sedimentos na linha de costa, em locais onde a ocupação humana está se consolidando, a erosão costeira tem acarretado impactos significativos (recuo de barracas, perda parcial de moradias e abalos às vias de acesso às praias). Assim, foi realizada com o auxílio do *Digital Shoreline Analysis System*, a avaliação multitemporal (25 anos) da variação da linha de costa no trecho urbano de Salinópolis a partir da análise de imagens de satélite Landsat, limitando a área de estudo em três setores (oeste: praias da Corvina e Maçarico, central: praia do Farol Velho e leste: praia do Atalaia). De 22/07/1988 a 28/08/2013, o recuo médio linear obtido para toda área de estudo foi de -42,25 m, enquanto o avanço médio linear foi de 190,26 m, indicando uma tendência prográdacional da costa. As maiores taxas de variação ocorreram entre os anos de 1988 a 2001, com 18,24 m/ano no Setor Oeste, 0,06 m/ano no Setor Central e 5,08 m/ano no Setor Leste. As áreas em erosão são pontuais: divisas das praias da Corvina e Maçarico, e Farol Velho e Atalaia, locais mais expostos ao oceano e onde a urbanização se consolida de forma desordenada. O que ocorre é a tendência deposicional de sedimentos na linha de costa desde 1988, exclusivamente nas margens de cada praia, cujo resultado é derivado da elevada carga sedimentar trazida pelos estuários que recortam a área.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, análise multitemporal, variação de linha de costa, Salinópolis.

Abstract - EVOLUTION OF THE SALINÓPOLIS SHORELINE, NORTHEASTERN OF PARÁ, BRAZIL. The average rates of change of the shoreline are a good index for determining evolutionary trends in any stretch of the coast. In Salinópolis city, although this trend be the deposition of sediments on the shoreline, in places where human occupation is consolidating, the coastal erosion has caused significant impacts (decrease of tents, partial loss of houses and breaking the access roads to the beaches). Thus, it was performed with the *Digital Shoreline Analysis System*, the multitemporal evaluation (25 years) of shoreline change in the urban stretch of Salinópolis from the Landsat satellite images analysis, limiting the study area into three sectors (Western: Corvina and Maçarico beaches, Center: Farol Velho beach and Eastern: Atalaia beach). In the period of 07/22/1988 to 08/28/2013, the linear average retreat obtained for the entire study area was -42.25 m, while the linear average increase was 190.26 m, indicating a progradational trend of the coast. The highest rates of change occurred between the 1988-2001 period, with 18.24 m/year in the Western Sector, 0.06 m/year in the Center Sector and 5.08 m/year in the Eastern Sector. The eroding areas are isolated and occur at the edges of the Corvina and Maçarico, and Farol Velho and Atalaia beaches, more exposed locations to the ocean and where urbanization is consolidated in a disorderly manner. The depositional trend of sediment in the shoreline predominates since 1988, exclusively on the margins of each beach, derived from high sediment load brought by estuaries that cut the area.

Keywords: remote sensing, multitemporal analysis, change of shoreline, Salinópolis.

1 Introdução

A Zona Costeira (ZC) é um espaço geográfico de interação entre o oceano e o continente onde também é exercida múltiplas atividades humanas,

como lazer, transporte, habitação, indústria, produção de energia. Consequentemente, é uma das áreas sob maior estresse ambiental.

A linha que delimita o contato oceano-continente, onde há o alcance máximo das ondas e ma-

rés, é denominada de linha de costa (LC). Esta sofre contínuas alterações morfodinâmicas (Silva *et al.*, 2004) devido às trocas existentes entre os processos oceânicos (ondas, marés, correntes), continentais (movimentos neotectônicos, descarga fluvial, degelo), climáticos/meteorológicos (ventos, precipitação, tempestades) e antrópicos (destruição dos ecossistemas costeiros).

Estes processos modelam a LC ao longo do tempo, ora causando erosão, ora causando acreção costeira em diferentes trechos do litoral. Assim a LC é considerada como uma linha móvel e sua posição pode variar em todas as escalas (Boak & Turner, 2005).

A interferência no meio físico por ações de natureza antrópica, principalmente relacionadas à dinâmica dos processos sedimentares, podem causar alterações à LC e acarretar problemas no âmbito ambiental e financeiro. Do ponto de vista geológico, as principais alterações são decorrentes de erosões, assoreamentos, bem como de colapsos do substrato. Em relação ao fator econômico, destacam-se as perdas de moradias, edificações e outras estruturas construídas (calçadas, barracas e/ou quiosques, ruas) localizadas à beira-mar (Farinaccio & Tessler, 2010).

Os estudos de mapeamento das mudanças da LC demonstram o comportamento dos ambientes costeiros sob pressão natural e antrópica. Estes estudos compreendem desde ensaios experimentais correspondentes às coletas de dados *in situ* até a utilização de dados coletados por instrumentos remotos.

A técnica do sensoriamento remoto pode fornecer informação confiável sobre objetos físicos e o ambiente por meio do processo de registro, medição, e interpretação de imagens e representações digitais dos padrões de energia derivados de sistemas sensores sem contato físico (Colwell, 1997). Segundo este autor, o método científico mais útil e preciso na interpretação de imagens consiste no desenvolvimento dos seguintes tipos de análise: multiespectral, multidisciplinar, multiescala e multitemporal. Esta última refere-se à obtenção de mais de uma imagem, com determinada área de estudo, e permite o acompanhamento de fenômenos através do tempo, possibilitando entender os processos que atuam na área (Jensen, 2009).

A utilização de imagens multitemporais de satélites, de radares, fotografias aéreas e cartas, aliadas aos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) possibilita, portanto, o monitoramento de paisagens que respondem a diversas perturbações e efeitos complexos e difíceis de serem previstos, tais como as paisagens contidas nos ambientes

costeiros, que sofrem mudanças constantes em função da instabilidade das LCs.

As taxas médias de variação de LCs constituem um bom índice para a determinação das tendências evolutivas de qualquer trecho do litoral e para o diagnóstico dos impactos reais ocorrentes na costa, tais como as áreas com risco de erosão. Todavia, os valores determinados para as taxas médias de variação da LC devem ser analisados com cautela, pois correspondem à comparação de duas situações diferenciadas no tempo, não refletindo o que se verificou entre elas nem a eventual excepcionalidade de uma delas. Dependem da extensão do período analisado, da época do ano, do método, da escala, da densidade dos dados e da extensão e variabilidade do trecho costeiro estudado.

Nas últimas décadas, as técnicas de mapeamento da LC têm apresentado grande evolução relacionada ao rápido avanço tecnológico. Muitos trabalhos demonstram notáveis evoluções em questões relacionadas a erros e tratamentos de dados, métodos de análise e predição da posição da LC (Mazzer & Dillenburg, 2009). Como exemplo, o DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) (Thieler *et al.*, 2003) consta de uma aplicação gratuita de *software* que funciona dentro do SIG ArcGIS, calculando as estatísticas de taxa de mudança para uma série temporal de dados vetoriais da LC, de grande valor para o gerenciamento costeiro e os estudos sobre erosão e acreção costeira.

Pesquisas realizadas por autores como Souza Filho & Paradella (2003), França (2003), El-Robrini *et al.* (2006), Barbosa *et al.* (2007), Braga *et al.* (2007), Conti & Rodrigues (2011), Guerreiro *et al.* (2013), Ranieri & El-Robrini (2012), Ranieri (2014), mostram que os ambientes sedimentares na ZC do Pará, estão apresentando acreção principalmente em áreas de desembocadura estuarina. Contudo, estes também estão sendo afetados por processos erosivos decorrentes, principalmente, da ação das marés, que amplificam a energia das ondas.

No município de Salinópolis, outro agravante é a expansão urbana desordenada sobre os limites da costa: construções irregulares sobre os ecossistemas costeiros (dunas e manguezais), devido à intensa especulação imobiliária por hoteleira e residências de veraneio sobre a LC, como as localizadas na Ponta do Farol Velho, que se encontram ameaçadas pelo avanço gradativo das preamaras (Brito, 2004).

Nas áreas mais antropizadas, a erosão costeira tem acarretado impactos expressivos: recuo de barracas na praia do Atalaia, perda parcial das moradias nas praias do Atalaia e Farol Velho e aba-

los das vias de acesso a estas praias. Contudo, em outras áreas adjacentes aos estuários, as características progradacionais da LC são dominantes, mesmo em locais antropizados, como na “Orla do Maçarico”.

O presente artigo mostra o comportamento de tendências erosivas e progradacionais da LC no trecho urbano de Salinópolis (praia da Corvina à praia do Atalaia), a partir da análise multitemporal em longo prazo (período de 1988 a 2013).

2 Área de estudo, materiais e métodos

2.1 Fisiografia da linha de costa

O município de Salinópolis, localizado na região NE do Pará, apresenta uma parte central e urbana, onde está situada a área analisada, e outra parte de natureza ainda preservada.

A parte urbana, cujas variações na LC são mais impactantes, foi compartimentada em três setores (Fig. 1): Oeste, mais populoso, com as praias da Corvina e do Maçarico; Central, com a praia do Farol Velho e o local com urbanização mais próxima da praia; e o Leste, com a praia do Atalaia e campo de dunas com urbanização em expansão.

A praia da Corvina é limitada por dunas frontais, restinga e manguezal na LC (Fig. 2A), situados à frente da “Orla do Maçarico”. A praia do Maçarico é limitada por falésia a sudeste, dunas e restinga a nordeste (Fig. 2B), que também se situam em frente da “Orla do Maçarico”. Na praia do Farol Velho há exposição de afloramentos rochosos da Formação Pirabas, assim como moradias construídas diretamente sobre a LC (Fig. 2C) e em frente ao manguezal. Já na praia do Atalaia apenas a oeste estas moradias estão presentes. Ao leste, barracas de restaurantes em forma de palafitas limitam a LC junto com as dunas móveis frontais e estáveis coberta por vegetação de restinga (Fig. 2D).

2.2 Geologia e geomorfologia

No município ocorrem as formações Pirabas e Formação Barreiras, ocupando a maior distribuição espacial de seu território, e sedimentos pós-Barreiras (Leite, 2010). Sobre os sedimentos pós-Barreiras é registrada cobertura sedimentar recente (holocênica).

Afloramentos da Formação Pirabas estão expostos nas praias do Maçarico, do Farol Velho e do Atalaia (Fig. 2C). Os sedimentos desta unidade, correspondentes ao domínio geomorfológico de

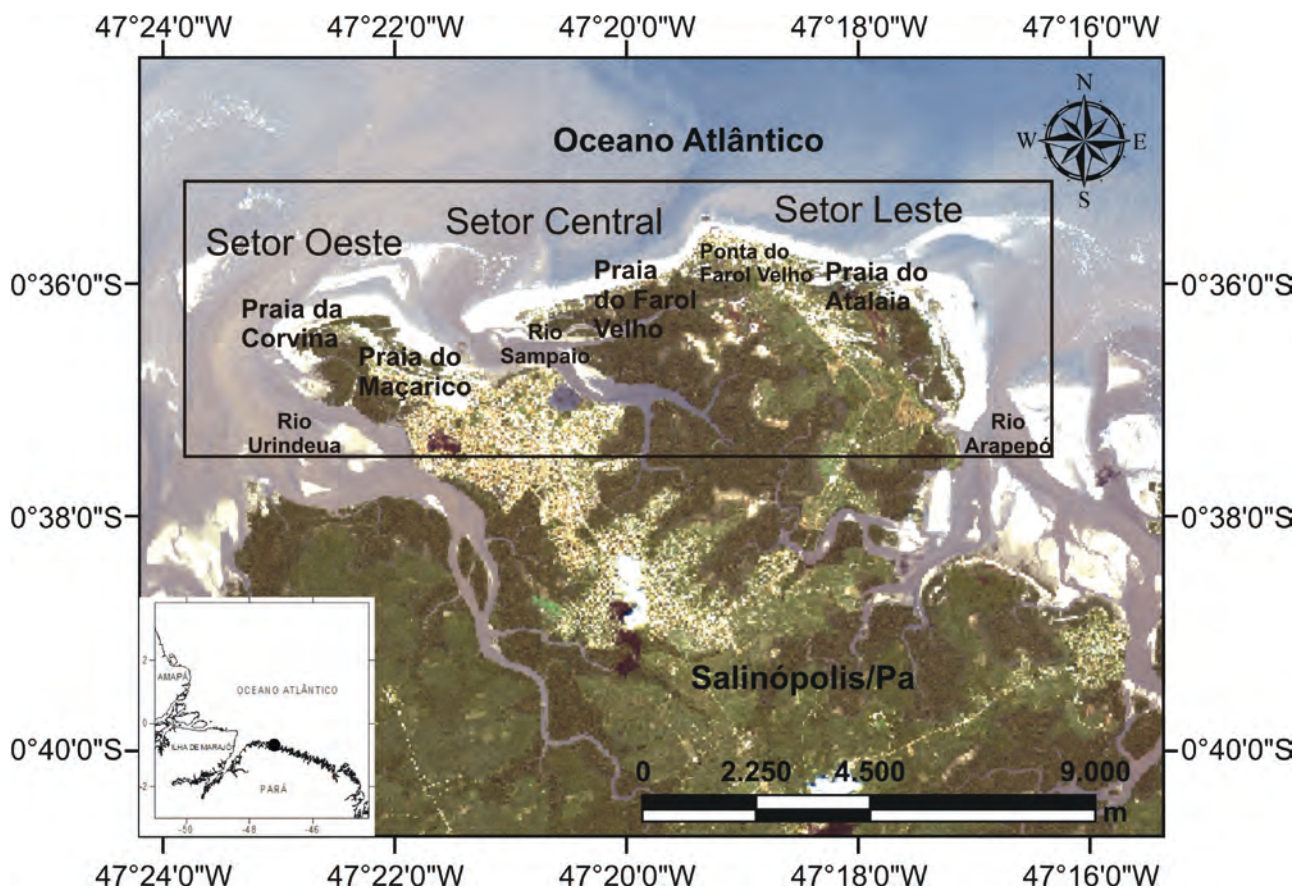


Figura 1. Mapa de localização do município de Salinópolis, destacando no quadro interno, o trecho de costa estudado.

Planalto Costeiro (Fig. 3), estão evidentes em falésias na foz do Rio Sampaio (Fig. 2B), nas reentrâncias das baías que cortam o município, na ponta do Cocal (extremo leste da Ilha do Atalaia) e na vila de Cuiarana.

No domínio geomorfológico de Planície Costeira estão presentes os sedimentos do Holoceno nas praias, campo de dunas recentes, planície arenosa com vegetação de restinga e planície lamosa (manguezais) (Fig. 3). Outras sub-unidades morfológicas compreendem paleodunas, sistema de la-

gos (Leite, 2010), além de barras arenosas e deltas de maré.

Na LC, destacam-se, principalmente, dunas frontais com e sem vegetação de restinga nos Setores Oeste (praias da Corvina e do Maçarico) e Leste (praia do Atalaia), dunas inativas, estabilizadas pela vegetação, nos Setores Central (praia do Farol Velho) e Leste novamente, sendo menos vegetadas, “semi-fixas” e de maior ocorrência neste último setor (Fig. 2D).



Figura 2. Praias do município de Salinópolis/Pa: Corvina (A), Maçarico (B), Farol Velho (C) e Atalaia (D). Fotografias registradas em 06/10/2013.

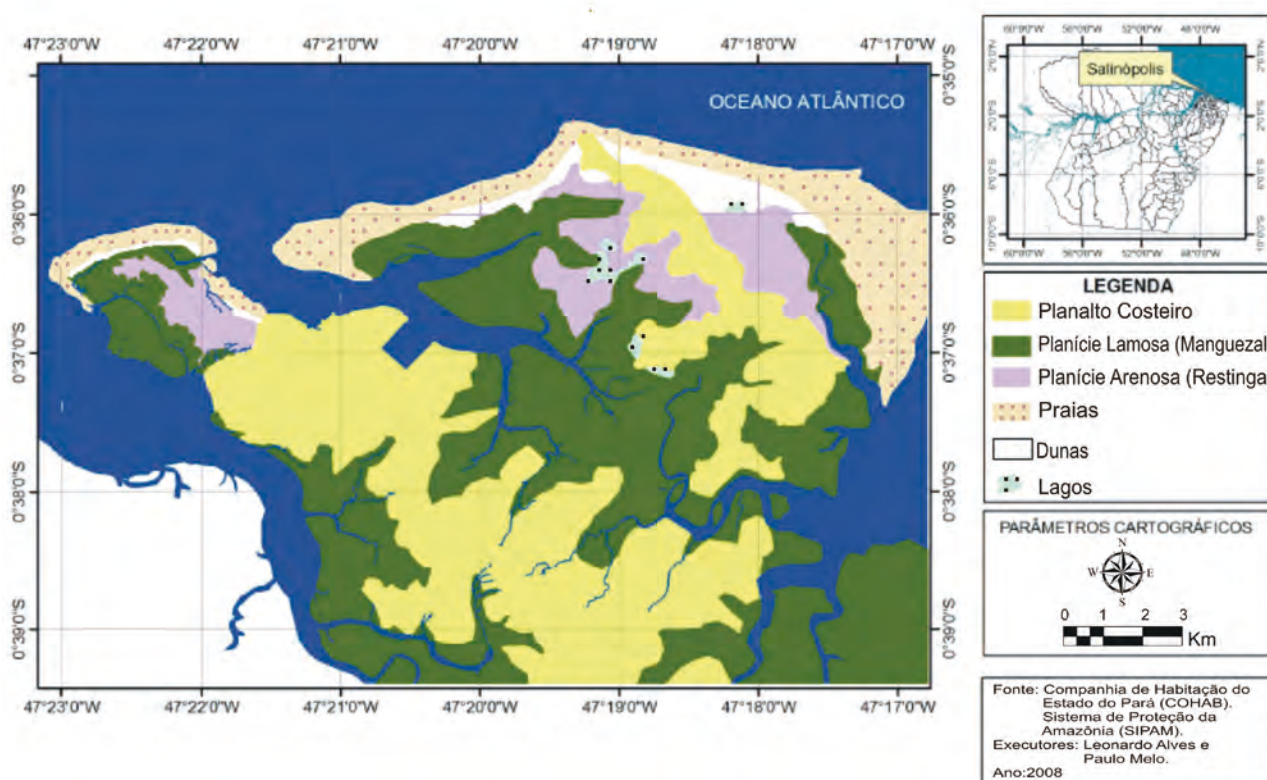


Figura 3. Mapa das principais unidades e sub-unidades geomorfológicas ocorrentes em Salinópolis (Modificado de Melo, 2008).

2.3 Climatologia e oceanografia

O clima no NE do Pará é quente e úmido (Clima Equatorial Amazônico) (Köppen, 1948), com alta taxa de umidade relativa do ar, média anual em torno de 80 % a 90 % (Martins & Luz, 2004) e temperatura média de 27 °C (CPTEC, 2014). Há um período mais chuvoso (dezembro a maio) e outro menos chuvoso (de junho a novembro). Para o trimestre março-abril-maio registram-se maiores índices pluviométricos no NE paraense. Este alto índice de precipitação está associado à posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que se desloca mais ao Hemisfério Sul neste período (Albuquerque *et al.*, 2010). Particularmente no município de Salinópolis, a precipitação anual é cerca de 2.800 mm (ANA, 2014).

O ciclo anual das chuvas na Amazônia Oriental é marcado pelo movimento migratório latitudinal da ZCIT sobre o Atlântico Equatorial. As Linhas de Instabilidade (LIS) são as que produzem intensas precipitações na região. O regime de precipitação da Amazônia é ainda determinado pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e pela Alta da Bolívia (AB) (Silva, 2010). A região é ainda afetada grandemente por anomalias climáticas naturais que ocorrem nos oceanos Pacífico e Atlântico, sendo eles, respectivamente, El Niño/La Niña e Dipolo do Atlântico.

Devido à fragilidade da ZC, os efeitos de qualquer anomalia climática são refletidos rapidamente nos ambientes costeiros, pois os mesmos são regidos por processos sedimentares dinâmicos de origem continental e marinha, ajustados por fatores climáticos/meteorológicos.

Os impactos na região norte do Brasil pelo El Niño são: diminuição da precipitação e secas, enquanto os impactos causados na mesma região pela La Niña correspondem ao aumento de precipitação e a maior vazão dos rios, mais perceptíveis nos meses de dezembro a fevereiro (Marengo & Nobre, 2009; Corrêa, 2011). Na figura 4 são identificados os anos de ocorrência de El Niño e La Niña entre 1978 a 2012.

Segundo Silva (2010), a manifestação do modo de Dipolo no Atlântico – anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) – agindo em conjunto com os padrões anômalos de pressão ao nível médio do mar (PNM) e vento superficial constituem os principais fatores dinâmicos e termodinâmicos que modulam a intensidade e o posicionamento da ZCIT no Atlântico Equatorial.

O regime de ventos dominante no NE do Pará é representado pelos alísios de NE que atuam continuamente durante o ano todo, com máximo de dezembro a março, quando se somam aos alísios de SE (Geyer *et al.*, 1996), sendo a velocidade média anual de 4,10 m/s em Salinópolis (CPTEC, 2014).

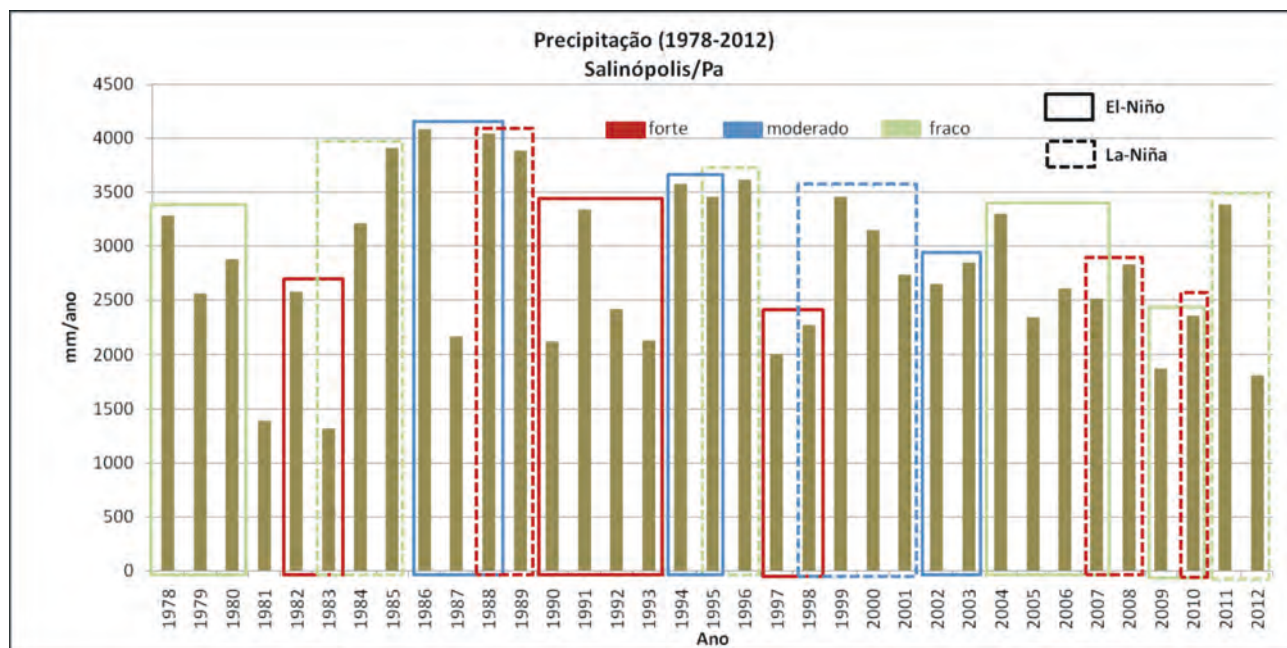


Figura 4. Precipitação em Salinópolis e registros do fenômeno El Niño e La Niña no período de 1978 a 2012 (Fonte: ANA, 2014 e INPE, 2014).

O NE do Pará recebe ondas formadas a partir dos ventos alísios, que cruzam a plataforma continental em direção a SW, gerando “trends” de ondas incidentes, e que associados à morfologia de fundo, ocasionam correntes de deriva litorânea para NW (Geyer *et al.*, 1996).

Segundo o modelo WWATCH do CPTEC/INPE (CPTEC, 2013), a altura de onda de águas profundas no município de Salinópolis varia de 0,5 a 1,5 m. Na zona de arrebentação das praias da Corvina, Farol Velho e Atalaia, ou seja, em águas rasas, estas ondas alcançam em média 0,5 a 1 m de altura (Ranieri, 2014).

No NE do Pará ocorrem meso e macromarés semidiurnas (altura > 2 m – > 4 m, respectivamente). Em março e abril ocorrem as maiores alturas de maré devido à associação de dois fatores principais: meses de maiores concentrações de chuva e a ocorrência do Equinócio de primavera, podendo a maré alcançar altura próxima a 6 m.

As correntes de marés são as principais correntes que atuam no NE do Pará, com velocidade máxima na plataforma continental interna de 2 m/s, durante a maré de sizígia (Segundo, 2007). Secundariamente, são as correntes litorâneas resultantes da chegada das ondas à costa, as quais são responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de sedimentos da plataforma continental para o litoral (Braga *et al.*, 2007).

2.4 Fatores antrópicos na ZC de Salinópolis

Salinópolis, assim como algumas cidades a

beira-rio, também apresenta uma nova dinâmica na estrutura espacial que se reflete, principalmente, no modo de vida da população local, em função do mercado turístico que se instala na região (Britto, 2004).

As primeiras ações de urbanização buscavam beneficiar empreendimentos que vêm instalando-se na região desde a década de 30.

Na década de 70, as ações implementadas pelo Estado (produção de infraestrutura e o projeto AGRISAL) podem ser apontadas como o elemento de atração da população tanto do município de Salinópolis, quanto de outros municípios próximos, devido à possibilidade de emprego. Desde então, a população urbana cresceu em ritmo acelerado, agora motivada pela possibilidade de ocupação em postos de trabalho nos setores de construção civil, turismo e veraneio (Marinho, 2009).

A principal representante do processo de incentivo à atividade turística presente na paisagem de Salinópolis é o complexo turístico “Orla do Maçarico”, construído em área que corresponde à planície costeira, onde estão presentes algumas unidades morfológicas marcadas por uma dinâmica constante e por ecossistemas frágeis: praias (Maçarico e Corvina), canais de maré, manguezais, dunas e restingas, áreas consideradas pelo governo federal como reservas ecológicas e de preservação permanente (Marinho, 2009).

Os principais fatores de impacto sobre o meio ambiente no município são: avanço da cunha salina sobre o aquífero e o aumento da erosão costeira (Fig. 5) (aspectos naturais); lixo, esgoto sem tratamento, contaminação das águas subterrâneas,

conflitos fundiários e ocupações irregulares em área de risco (aspectos antrópicos), especialmente na Ilha do Atalaia, onde os efeitos da interferência humana estão sendo cada vez mais consolidados, com construções irregulares de hotéis e residências de veraneio sobre áreas de dunas que limitam a linha de costa (dunas estáveis que foram removi-

das para loteamento).

Na ilha, a ocupação desordenada ocorre desde a década de 70, com a construção da ponte que interliga esta à sede municipal. Há o recuo periódico de barracas de restaurantes residentes na LC para o campo de dunas frontais por conta da erosão costeira acelerada.



Figura 5. Indícios de erosão nas principais praias de Salinópolis se traduzindo por: A) destruição da ponte que interliga a “Orla do Maçarico” à praia da Corvina. B) desmoronamento gradativo de muros de arrimo na foz do Rio Sampaio, praia do Maçarico (06/10/2013); C) na praia do Farol Velho; D) na praia do Atalaia. Fotografias registradas em 26/04/2013 (A) e 06/10/2013 (A, B e C).

2.5 Métodos

As imagens de satélite utilizadas foram adquiridas previamente ortorretificadas, no formato *geotiff*, projeção UTM, zona 23S e datum WGS-84, através das fontes: A) *Global Land Cover Facility* (<http://glcfapp.glcf.umd.edu>) da Universidade de Maryland – *United States Geological Survey* (USGS), para os anos de 1988 e 2001; B) *LandsatLook Viewer* (<http://landsatlook.usgs.gov>) – USGS, para o ano de 2013.

Nas imagens *Landsat 5 TM* (*Thematic Mapper*) de 1988 e *Landsat 7 ETM+* (*Enhanced Thematic Mapper*) de 2001 foi utilizada a composição colo-

rida com as bandas 3, 4 e 5, combinação 4R5G3B. Para a imagem *Landsat 8 OLI* (*Operational Land Imager*), a combinação utilizada foi com as bandas 4, 5 e 6 (5R6G4B), pois as mesmas correspondem às bandas 3, 4 e 5 dos satélites *Landsat* anteriores. Utilizou-se ainda as bandas 8 pancromáticas das imagens *Landsat 7 ETM+* e *Landsat 8 OLI* para realização de fusão com as imagens coloridas de três bandas dos anos correspondentes (2001 e 2013). A finalidade da fusão de bandas foi a comparação de imagens de melhor resolução (15 m) entre estes dois anos. Detalhes das características das imagens podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1. Características das imagens de satélite utilizadas.

Satélite	Sensor	Órbita/Ponto	Data de aquisição	Resolução espacial (m)	Condição da maré
Landsat 5	TM	223/060	22/07/1988	30	Alta
Landsat 7	ETM	223/060	03/08/2001	30/15	Baixa
Landsat 8	OLI	223/060	28/08/2013	30/15	Alta

Processamento digital das imagens orbitais

O Processamento Digital das Imagens (PDI) foi realizado no Laboratório de Análise de Imagens do Trópico Úmido (LAIT) da Universidade Federal do Pará (UFPA), mediante o uso do *software* PCI Geomatics 10.2. Exceto a reprojeção das mesmas para o Hemisfério Sul que foi realizada através do *software* Global Mapper12. Devido às imagens já estarem previamente ortorretificadas, foram realizadas apenas as técnicas de correções atmosférica, radiométrica e realce. A correção atmosférica pela subtração dos *pixel's* escuros através do método Chavez Jr. (1996) foi realizada utilizando-se a função *Ariconst* disponível na biblioteca de algoritmos (*Algorithm Librarian*) do *software* PCI Geomatics 10.2. Como as imagens foram adquiridas com resolução radiométrica de 16 *bits* foi realizado o reescalonamento das mesmas para 8 *bits* visando melhorar o processamento delas através da função *Scale*, também disponível na biblioteca de algoritmos. A técnica de realce por transformação linear foi realizada através da função *Edit LUT*, no qual foi manipulado o histograma de cada banda das imagens utilizadas.

As imagens utilizadas apresentaram correspondência de posicionamento, ou seja, exatidão dos pontos identificados como referência (pontes e cruzamento de ruas) em todas as imagens, dispensando esforços com o georreferenciamento entre elas.

Digitalização da linha de costa

Para interpretação e digitalização visual da LC foram traçados para cada imagem os limites externos sugeridos por França & Souza Filho (2003), limites delimitados pela linha de maré alta de sizígia, que correspondem: A) à linha de contato entre as planícies lamosas cobertas por manguezais e os cordões arenosos duna/praias; B) à linha limítrofe da planície de supramaré coberta por vegetação campestre com os cordões arenosos duna/praias; e C) à linha de falésias em contato com os cordões arenosos praias.

As opções A e B levam em consideração a Linha Limite de Vegetação (LV) sugerida por Moore (2000), que é a melhor opção utilizada, tendo em

vista que o objetivo foi de verificar mudanças de longo prazo (mais de 20 anos), cujas variações da vegetação apresentam tendências mais robustas visto que a área de estudo corresponde a uma região estuarina com muita cobertura vegetal.

A Linha de Contato Água/Solo (LCAS) e a Linha de Deixa (LD), outros procedimentos sugeridos por Moore (2000), não apresentam boa utilidade neste artigo, pois a primeira tem interpretação que depende muito da posição da maré no período do imageamento e muitas vezes pode induzir a falhas ou interpretações equivocadas em áreas muito rasas ou com grandes quantidades de material em suspensão (Conti & Rodrigues, 2011), tal como a Costa Norte do Brasil. A segunda opção possui a dificuldade do posicionamento da LC ser muitas vezes subjetivo e não ser detectável em imagens de média resolução espacial com *pixels* maiores que de 10 m (Conti & Rodrigues, 2011), como as imagens *Landsat*.

Análise quantitativa da variação da linha de costa

A partir da digitalização da LC para cada ano estudado (1988, 2001 e 2013), gerando arquivos vetoriais no *software* ARCGIS 10, foram calculadas as taxas de variação entre os vetores através da extensão *Digital Shoreline Analysis* (DSAS), proposta por Thieler *et al.* (2003).

A extensão DSAS 4.3 (*Digital Shoreline Analysis System*) é um aplicativo que melhora as funcionalidades normais do *software* ArcGIS para os estudos de variação da LC, permitindo ao utilizador calcular com maior confiabilidade as taxas de mudanças a partir de uma série de linhas representadas por *polylines* devidamente posicionadas.

A partir da geração de *transectos* ortogonais a uma linha de base determinada pelo usuário (*baseline*), calcula-se a taxa de variação horizontal da LC ao longo do tempo com base em parâmetros estatísticos quantitativos.

Conti & Rodrigues (2011) fornecem uma breve descrição dos principais parâmetros desta ferramenta. *Shoreline Change Envelope* (SCE): descreve a distância entre os extremos das LCs (reco e avanço); representa o movimento total da costa, não levando em consideração as datas; *Net Shoreline Movement* (NSM): mostra a distância entre as

LCs mais recentes e mais antigas selecionadas pelo usuário; *End Point Rate* (EPR): determina a taxa de variação da costa por simples razão de distância por tempo; *Linear Regression Rate-of-Change* (LRR): mostra uma regressão linear da taxa de variação entre a primeira e última LC; Método “*Jack-nife*” (JKR): calcula uma regressão linear entre todas as possíveis variações da LC; *Weighted Linear Regression* (WRL): calcula uma regressão entre as LCs com peso associado às imprecisões de posição.

Neste trabalho foram utilizados os métodos EPR e NSM, pois o primeiro calcula variação dividindo a distância do movimento pelo tempo decorrido entre duas linhas. Ou seja, é uma relação espaço e tempo, onde é medida a distância em metros entre as duas linhas, que em seguida é dividida pelo intervalo de tempo existente entre as duas linhas, a antiga e a nova, tendo assim um produto com unidade em m/ano (Marino & Sá Freire, 2013). O segundo método (NSM) mostra a distância linear entre as LC que tiveram as taxas calculadas.

No trecho costeiro analisado efetuou-se um total de 138 *transectos* com espaçamento de 100 m ao longo da extensão das praias distribuídos no sentido leste-oeste. O Setor Oeste corresponde aos *transectos* 1 a 37, o Setor Central aos *transectos* 38 a 77 e o Setor Leste aos *transectos* 78 a 138. A linha de base (*baseline*), que é utilizada na referência espacial de todos os anos, consistiu numa linha paralela a LC na direção *offshore*.

3 Resultados e discussão

Os resultados obtidos de variações negativas e positivas da LC correspondem, respectivamente, aos deslocamentos por retrogradação ou erosão costeira e por progradação costeira ou deposição sedimentar.

Para o período de 25 anos, a variação média linear obtida para toda área de estudo foi de 116,23 m (Tab. 2), sendo somente o recuo médio linear de -42,25 m, enquanto o avanço médio linear foi de 190,26 m, indicando uma tendência mais progradação da costa. A comparação das imagens do satélite *Landsat* entre 1988, 2001 e 2013, revelou esta característica para a área total estudada (Figs. 6 e 7).

Nota-se, contudo, que as maiores variações ocorreram nos extremos de cada faixa de praia (Setor Oeste e ilha do Atalaia, correspondente aos Setores Central e Leste), onde há maior deposição sedimentar. Batista *et al.* (2009), no Cabo Orange (Amapá); Conti & Rodrigues (2011), Rodrigues & Souza Filho (2011), ambos na Ilha dos Guarás (Pará), também detectaram eventos predomina-

tes de acreção costeira nos extremos das áreas estudadas, planície lamosa e praia, respectivamente.

Nestes extremos, a tendência deposicional é mais claramente identificável e ocorre por serem zonas próximas às margens de estuários e canais de marés com presença de deltas de maré vazante na foz. Segundo El-Robrini *et al.* (2006), os deltas de maré vazante funcionam como armadilha de sedimentos, propiciando o suprimento e a deposição dos mesmos, protegendo estas zonas dos processos de erosão.

Outra explicação para a favorável deposição sedimentar está relacionada à baixa ação antrópica. Nos extremos de cada faixa praial, exceto a Sudeste da praia do Maçarico, a preservação ambiental ainda ocorre.

Nas divisas das praias da Corvina e Maçarico (*transectos* 20 a 23) (Fig. 8 e Fig. 9B), e das praias do Farol Velho e Atalaia (*transectos* 75 a 84), bem como em toda a região central da ilha do Atalaia (*transectos* 51 a 106) (Fig. 7), a tendência erosiva é observada. São áreas mais expostas aos processos físicos que ocorrem no oceano, onde há refração de ondas originando correntes longitudinais que em seus pontos de origem causam erosão e tendem a diminuir ao final dos seguimentos praias, favorecendo a deposição dos sedimentos transportados longitudinalmente. Segundo Noda (1971), todo este processo denomina-se de célula de circulação costeira que é composta de três partes: (a) zona de erosão, onde se origina a corrente, caracterizada por apresentar maior energia; (b) zona de transporte, correspondente ao trajeto através dos quais os sedimentos são carreados ao longo da costa; e (c) zona de deposição, onde a corrente termina, representando o local com menor energia.

Para o período de 1988-2001, a taxa média de variação da LC para todos os setores foi de 7,33 m/ano, relacionada a um avanço médio de 95,57 m. Já para o período de 2001-2013, a taxa média de variação foi de 2,45 m/ano, relacionada a um avanço médio de 29,58 m (Tab. 2).

3.1 Setor Oeste

O seguimento praial do Setor Oeste (praias da Corvina e do Maçarico), que se estende por 3,22 km (Tab. 3), foi o que apresentou maior acreção costeira, principalmente na praia do Maçarico. O avanço médio linear da LC obtido para o Setor Oeste entre 1988 e 2013 foi de 279,94 m, indicando uma tendência exclusivamente progradação. A figura 8B apresenta a posição de três *transectos* representativos desta tendência ocorrente na praia do Maçarico (*transectos* 28, 29, e 30).

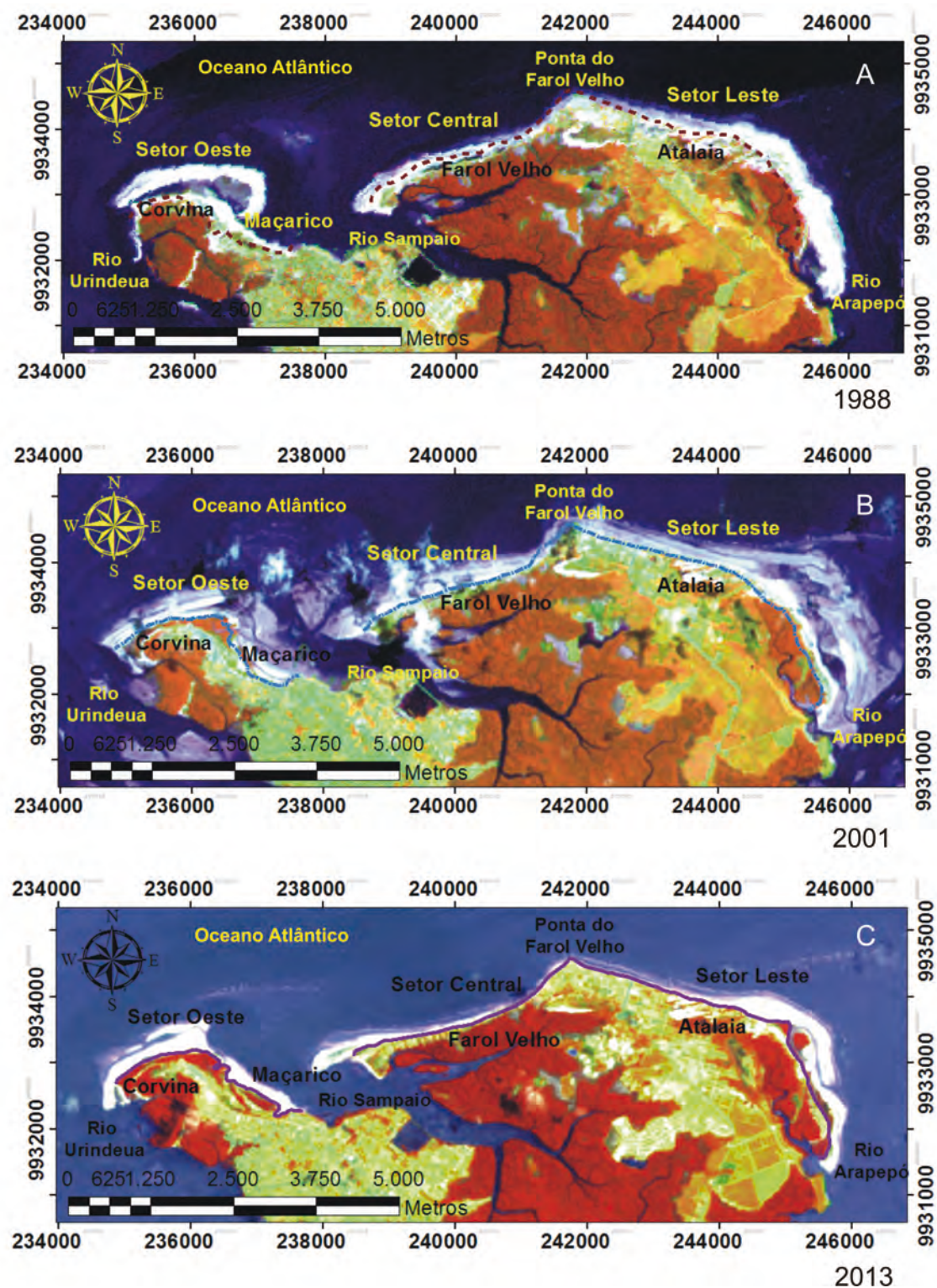


Figura 6. Imagens Landsat TM de 1988 (A), ETM+ de 2001 (B) e OLI de 2013 (C), escala 1:50.000, mostrando a variação da LC nos setores Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia).

A elevada acresção costeira no Setor Oeste está fortemente relacionada com a construção de um dos principais empreendimentos turísticos do município de Salinópolis (“Orla do Maçarico”), no ano 2000, sobre a planície costeira. Tanto que as maiores variações na LC ocorreram de 1988 a 2001, cuja taxa média foi de 18,24 m/ano, relacionada ao um avanço médio linear de 237,71 m

(Fig. 9A, Tab. 2). Já para o período de 2001-2013, a taxa média de variação foi menor, sendo de 4,61 m/ano, relacionada a um avanço médio de 55,68 m (Fig. 9B, Tab. 2). Conti & Rodrigues (2011) também observaram uma desaceleração semelhante no processo de acresção costeira de 1999 a 2011 na Ponta da Romana (Ilha dos Guarás, Pará).

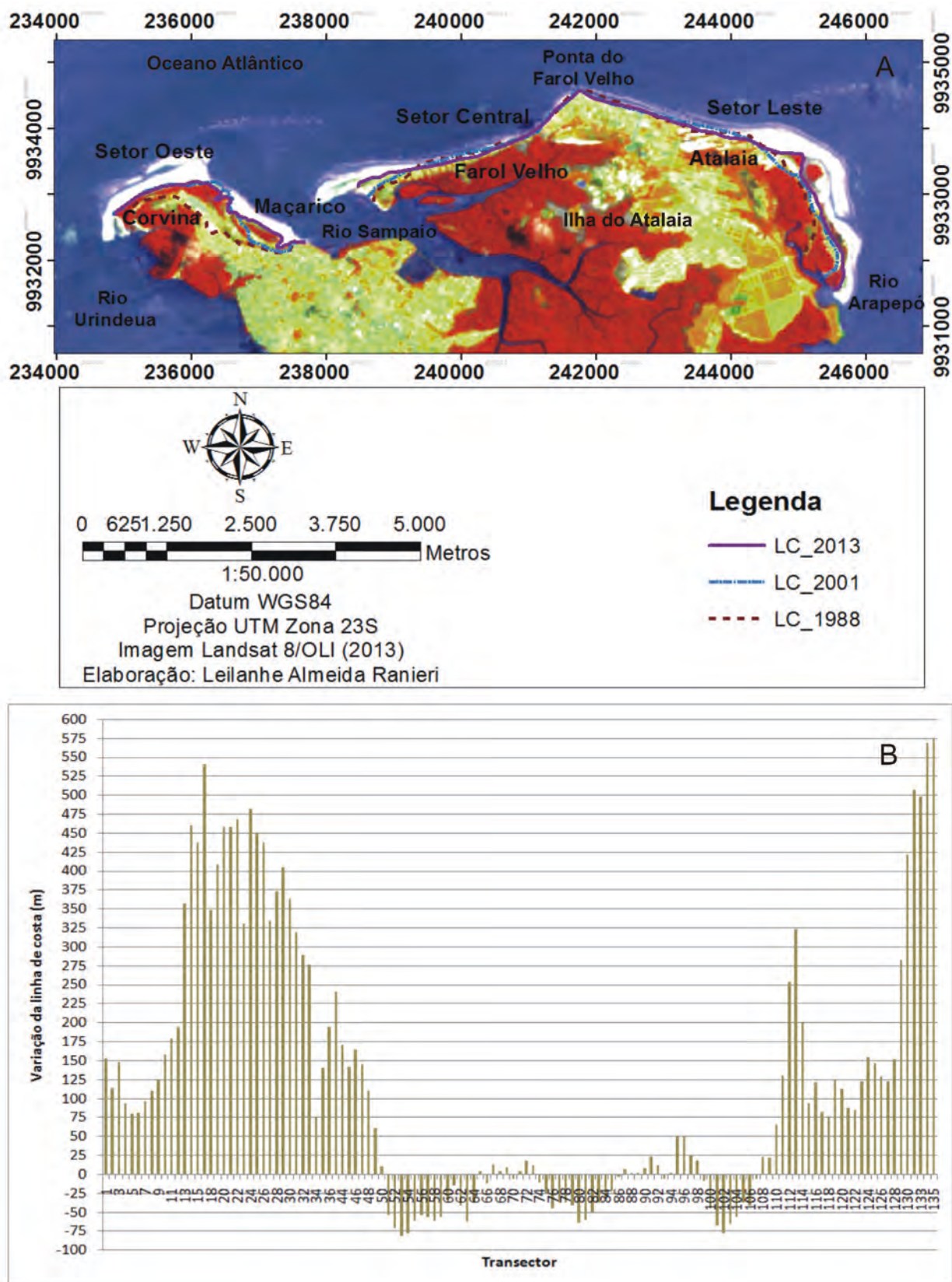


Figura 7. Mudanças temporais na posição da LC nos setores Oeste (praias da Corvina e Maçarico), Central (praia do Farol Velho) e Leste (praia do Atalaia) (A), variações lineares na posição da LC entre os anos de 1988 a 2013 (B). Valores positivos indicam acreção e negativos indicam erosão.

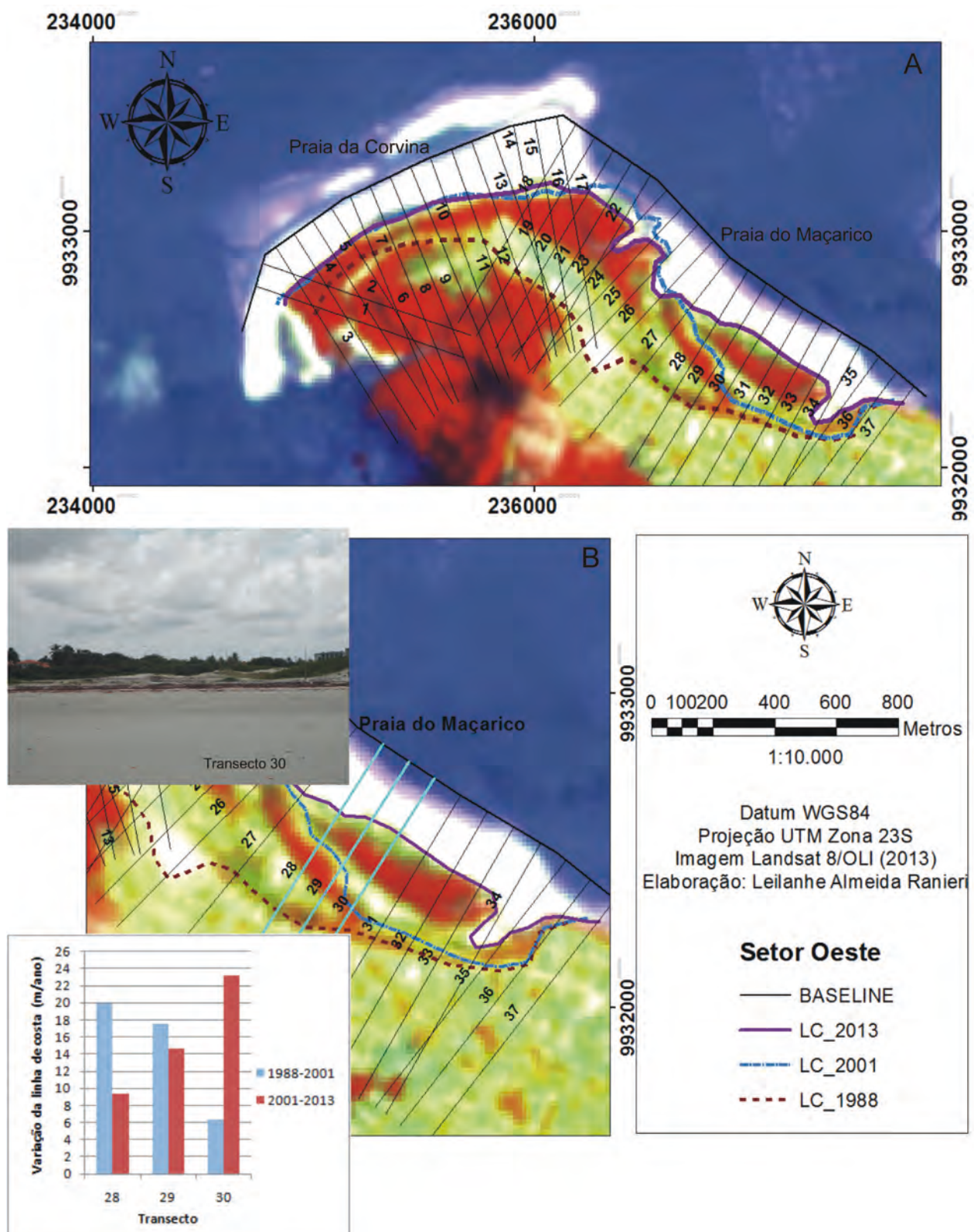


Tabela 2. Dados gerais da evolução da LC expressos em taxas anuais e em recuo/avanço linear ao longo dos *transectos* (μ - valores médios; *Min.*- valores mínimos e *Max.*- valores máximos; valores positivos indicam deposição e negativos erosão).

Setor	Nº de <i>transectos</i>	Taxa de variação (m/ano)						Recuo (-) e Avanço (+) da linha de costa (m)		
		1988-2001			2001-2013			1988-2001	2001-2013	1988-2013
		μ	Mín.	Máx.	μ	Mín.	Máx.	μ	μ	μ
Oeste	37	18,24	1,28	42,28	4,61	-15,63	19,87	237,71	55,68	269,99
Central	40	0,06	-3,37	6,37	-1,62	-6,84	15,05	0,79	-19,49	-24,86
Leste	61	5,08	-7,24	37,01	4,10	-6,55	27,26	66,22	49,52	115,31
Total/ Média Geral	138	7,33	-	-	2,45	-	-	95,57	29,58	116,23

Tabela 3. Características da LC nos setores Oeste, Central e Leste. Critérios adotados para o grau de exposição às ondas: Alta para costa exposta ao oceano aberto, Média e Baixa para as semi-abrigadas e abrigadas, respectivamente, por desembocaduras estuarinas com deltas de maré associados. Critérios para o grau de ocupação humana: Nula para costas com natureza preservada, Média para as que apresentam infraestrutura por residências e edificações até dois andares, e Alta para as maiores do que dois andares.

Setor	Extensão (km)	Orientação	Exposição	Sistemas associados	Ocupação humana
OESTE Praia da Corvina Praia do Maçarico	1,62 1,6	NE-SW SE-NW	Alta Média	Manguezal, estuário, canal e delta de maré, campo de dunas frontais, restinga e falésia	Média a Nula Alta
CENTRAL Praia do Farol Velho	3,6	NE-SW	Alta	Dunas inativas, manguezal e estuário	Média
LESTE Praia do Atalaia	5,7	SE-NW	Alta	Campo de dunas inativas e ativas (frontais), restinga, estuário e canal de maré	Alta a Nula

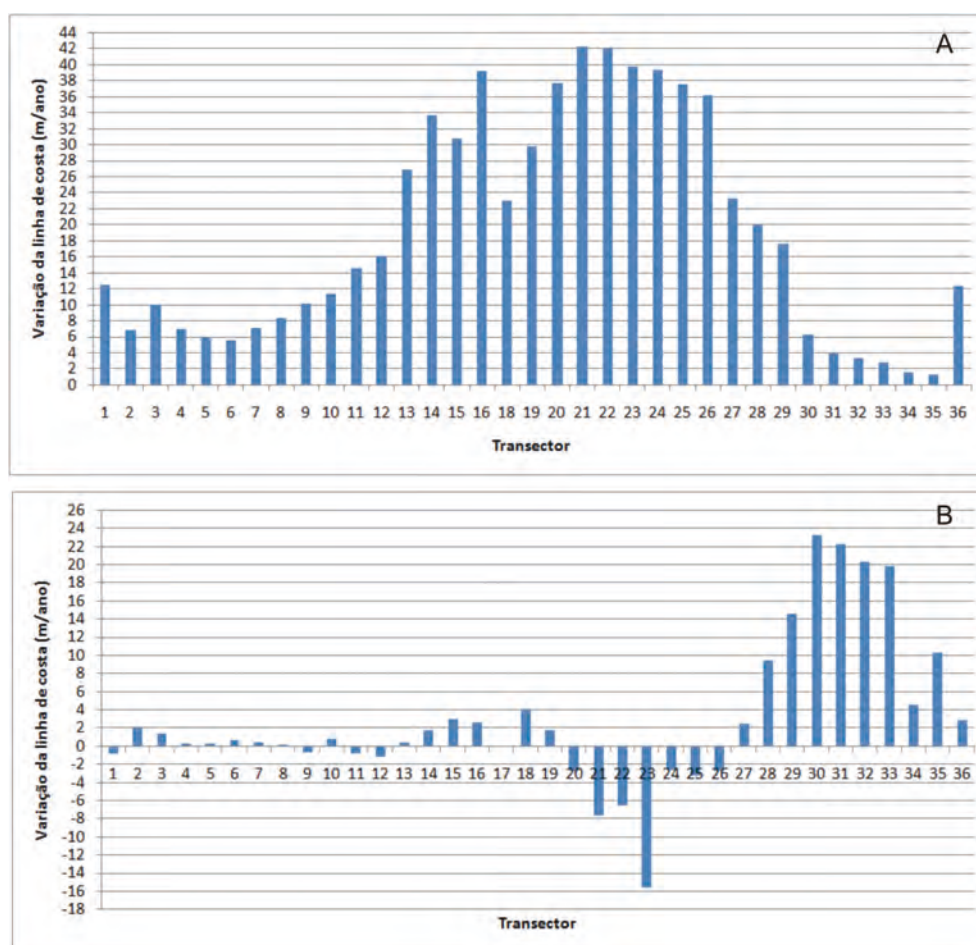


Figura 9. Taxa de variação da LC entre os anos de 1988 a 2001 (A) e 2001 a 2013 (B) para o Setor Oeste.

A progradação da LC se deu muito em função da construção da Orla à beira-mar, como analisado na comparação desta no período de 1988 e 2001 (Figs. 6 e 7A). A partir daí, a dinâmica praial foi ajustada ao novo ambiente através do desenvolvimento de novas feições costeiras, como dunas frontais com vegetação de restinga e crescimento atual do manguezal na margem leste da praia da Corvina.

Crowell et al. (1993) e Mazzer & Dillenburg (2009) que estudaram as taxas de variação na LC em Maryland e praias da Lagoinha do Leste (SC), respectivamente, destacam que os locais com grande influência antrópica nem sempre apresentam as maiores taxas médias de recuo, tal qual observado no Setor Oeste da área de estudo.

Além disso, no NE do Pará, as praias são recortadas por estuários e privilegiadas pelo aporte sedimentar quando a desembocadura deles orienta-se para as praias, como é o caso das praias do Setor Oeste. A Sudeste da praia do Maçarico encontra-se a desembocadura do estuário do Rio Sampaio com orientação SE-NW.

Ranieri (2014) ao estudar o trânsito costeiro de sedimentos nas praias oceânicas de Salinópolis, concluiu que os sedimentos despejados na foz do Rio Sampaio direcionam-se para as praias do Setor Oeste e desempenham um importante papel na dinâmica sedimentar local. Além disso, as ondas vindas da direção NE transportam sedimentos oriundos da plataforma continental e as correntes longitudinais vindas do Setor Central (Ilha do Atalaia) também suprem de sedimentos o Setor Oeste.

Estes fatos agregados mitigaram maiores efeitos negativos com a construção da "Orla do Maçarico" sobre a planície costeira de Salinópolis.

3.2 Setor Central

O seguimento deste setor (praia do Farol Velho) estende-se por 3,6 km, em orientação NE-SW (Fig. 10). Longitudinalmente, o Setor Central foi o que mais sofreu erosão, essencialmente na direção leste do seguimento praial. O avanço médio linear da LC entre 1988 e 2013 foi de 17,87 m, enquanto o recuo médio linear foi de -43,18 m. Para o período de 1988-2001, obteve-se ainda um balanço positivo na estabilidade da LC, pois a taxa média de variação foi de 0,06 m/ano, relacionada a um avanço médio linear de 0,79 m (Fig. 11A, Tab. 2). Contudo, para o período de 2001-2013, a taxa média de variação foi de -1,62 m/ano, relacionada ao recuo médio de -19,49 m (Fig. 11B, Tab. 2).

A figura 10B apresenta a posição de três *transectos* representativos da tendência erosiva (*tran-*

sectos 52, 53, e 54) observada no Setor Central.

Na LC do Setor Central, o grau de exposição às ondas é alto e o nível de ocupação é médio (Tab. 3), constituindo os principais fatores que proporcionam as condições erosivas no setor, que é o mais impactante em relação aos aspectos ambientais. A ocupação humana neste setor ocorreu sem nenhum critério de ordenamento, com implantação de residências sobre áreas que antes eram de dunas. A maior parte destas dunas foi devastada, restando apenas um pequeno núcleo de dunas inativas.

A ocupação ocorre inclusive diretamente sobre a LC. Os danos que antes eram apenas ambientais, atualmente são mais socioeconômicos, devido às constantes medidas periódicas que são tomadas para conter a erosão costeira, como a construção de muros de arrimo, colocação de pedras e sacas de areia a frente das residências.

Em relação aos aspectos físicos naturais, o Setor Central, representado pela praia do Farol Velho, faz divisa com a praia do Atalaia (Setor Leste) na parte mais exposta ao oceano na costa de Salinópolis (Ponta do Farol Velho). Logo, são intensos os efeitos de ondas, marés e correntes neste local de divisa e área de entorno.

Brito (2004) enfatiza que devido a destruição dos campos de dunas por atividades antrópicas na ilha do Atalaia (Setores Central e Leste), os efeitos das ondas e correntes litorâneas têm-se tornado mais intensos em determinados locais mais vulneráveis a erosão. Tais exemplos são visíveis frequentemente em locais de segundas residenciais, construídas à beira-mar, como na Ponta do Farol Velho, ameaçada pelo avanço gradativo das preamaras.

Desta forma, a soma dos fatores naturais e antrópicos propiciam para a maior parte do seguimento praial do Setor Central, uma tendência cada vez mais erosiva, cujas taxas de variação na LC não são mais expressivas devido às obras de contenção da erosão.

3.3 Setor Leste

O seguimento praial deste setor (Atalaia) estende-se por 5,7 km (Tab. 3), em orientação SE-NW (Fig. 12). O avanço médio linear da LC obtido para o Setor Leste entre 1988 e 2013 foi de 175,89 m, enquanto o recuo médio linear foi de -36,18 m, indicando uma tendência deposicional de sedimentos.

Para o período de 1988-2001, a taxa média de variação foi de 5,08 m/ano, relacionada a um avanço médio de 66,22 m (Fig. 13a, Tab. 2). Já para o período de 2001-2013, a taxa média de variação

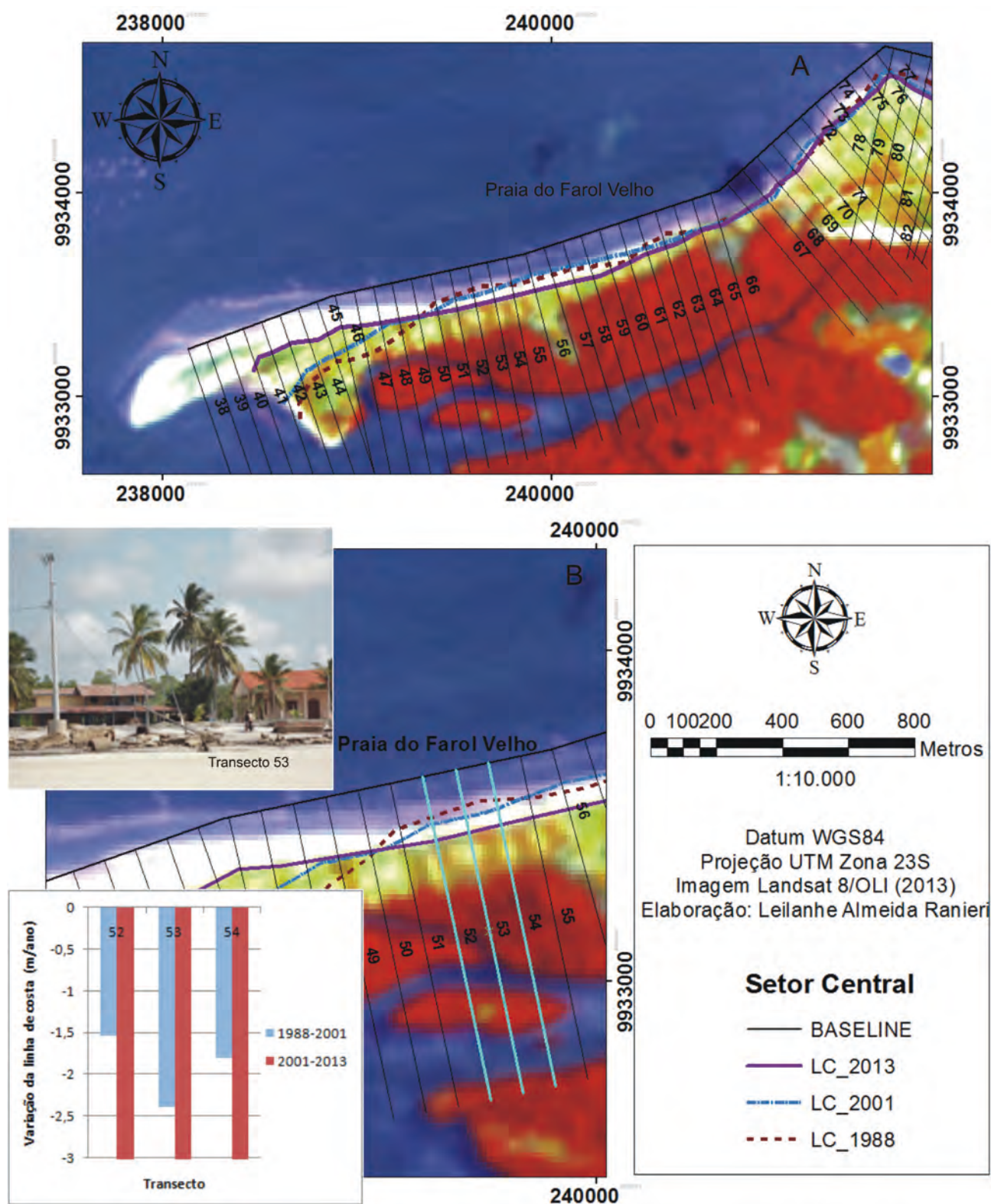


Figura 10. Variações temporais na posição da LC entre os anos de 1988 a 2013, com identificação dos transectos gerados para o Setor Central (A), com destaque para três deles que mostram a erosão ocorrente na LC da praia do Farol Velho (B). Fotografia registrada em 05/10/2013.

foi de 4,10 m/ano, relacionada a um avanço médio de 49,52 m (Fig. 13b, Tab. 2).

Longitudinalmente, o seguimento praial apresentou deposição sedimentar a Leste e Sudeste, e comportamento erosivo a Oeste. Na direção Oeste, o comportamento erosivo justifica-se pelos mesmos motivos observados para o Setor Central,

a soma de fatores naturais e antrópicos. A Oeste encontra-se a parte mais exposta ao oceano e, por conseguinte, a mais afetada pelos processos físicos marítimos. Além disso, casas, empreendimentos turísticos e barracas de restaurantes residem sobre a LC.

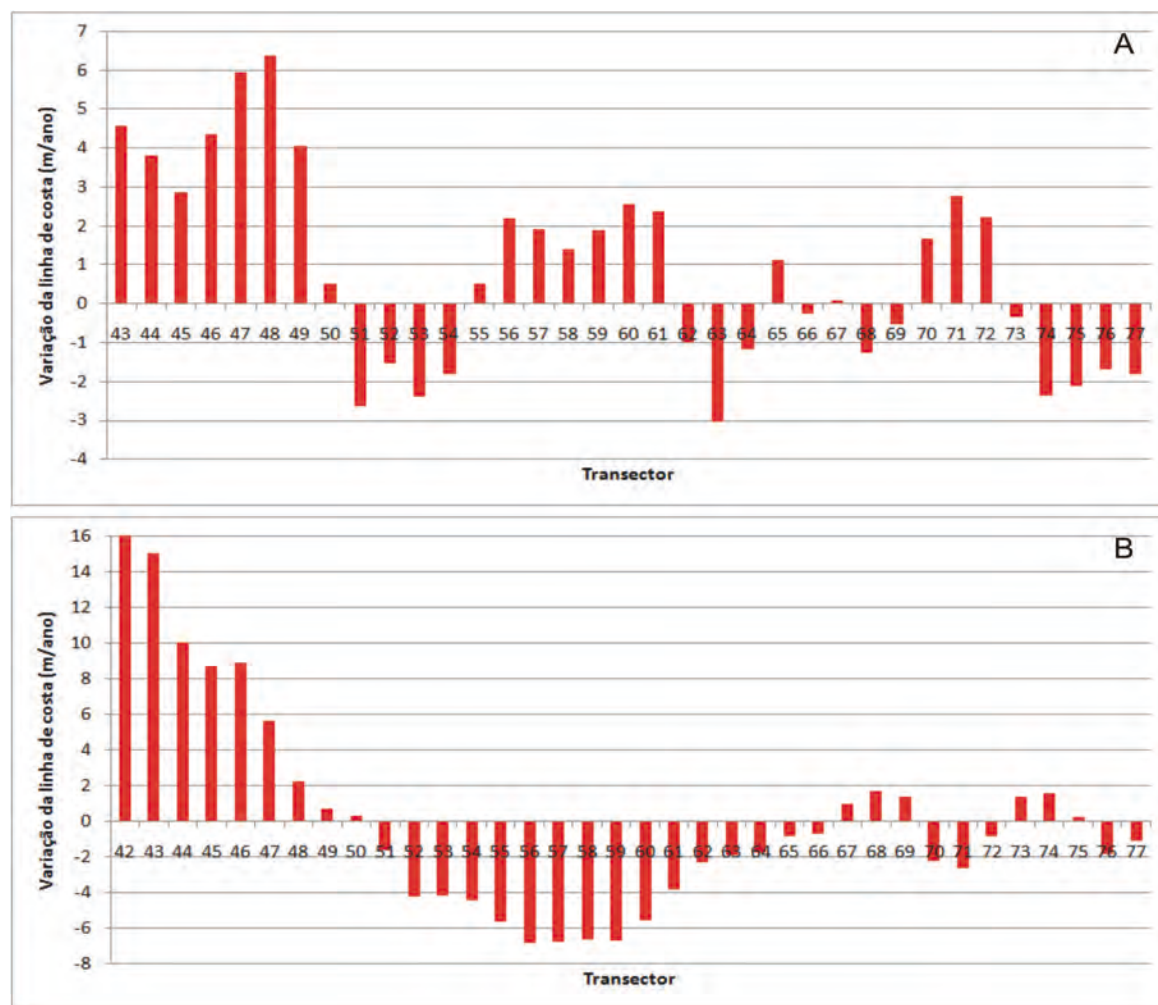


Figura 11. Taxa de variação da LC entre os anos de 1988 a 2001 (A) e 2001 a 2013 (B) para o Setor Central.

As dunas desempenham um importante papel de proteção costeira no Setor Leste, além de funcionar como depósito de sedimentos. Em direção Leste do seguimento praial, as dunas inativas ainda são preservadas e as dunas frontais estão se desenvolvendo formando extensos depósitos sedimentares, principalmente durante o período menos chuvoso (verão amazônico).

Os fortes ventos alísios que sopram continuamente adentro seriam os responsáveis, durante o período menos chuvoso, pela migração e acumulação de sedimentos nas dunas frontais. Sob condições normais, algumas plantas podem colonizar estas dunas dentro de pouco tempo. Seu contínuo crescimento estabiliza as dunas, protegendo o litoral contra a erosão e, por conseguinte, propiciando uma acreção da LC (El-Robrini *et al.*, 2006). A figura 12B apresenta a posição de quatro *transectos* representativos do desenvolvimento de campo de dunas frontais no Setor Leste (*transectos* 110, 111, 112 e 113).

A Sudeste do seguimento praial, o suprimento sedimentar é ainda acrescido pelo canal de maré e pela desembocadura do estuário de Arapepó

que margeia a Ilha do Atalaia na parte ocidental. Rodrigues & Souza Filho (2011) também identificaram elevada deposição sedimentar em áreas com ambientes semelhantes limitando as ilhas do município de Curuçá/PA, e destacaram que essas áreas de avanço máximo da linha de costa estão relacionadas à posição próximas à desembocadura de grandes canais de maré, que são trechos da costa trazendo grande quantidade de sedimentos, transportados pelas correntes.

4 Conclusões

As maiores taxas de variação na LC das praias oceânicas de Salinópolis ocorreram entre os anos de 1988 a 2001. Em 1988, registrou-se o segundo maior índice pluviométrico desde 1978 para o município, sendo o mesmo de 4.000 mm/ano. Neste ano ocorreu o fenômeno La Niña de intensidade forte, acarretando efeitos expressivos na precipitação e, por consequência, na intensidade da vazão dos rios. A quantidade de água ao entorno da ZC, especialmente as ZCs estuarinas, fica mais elevada assim como o efeito das marés

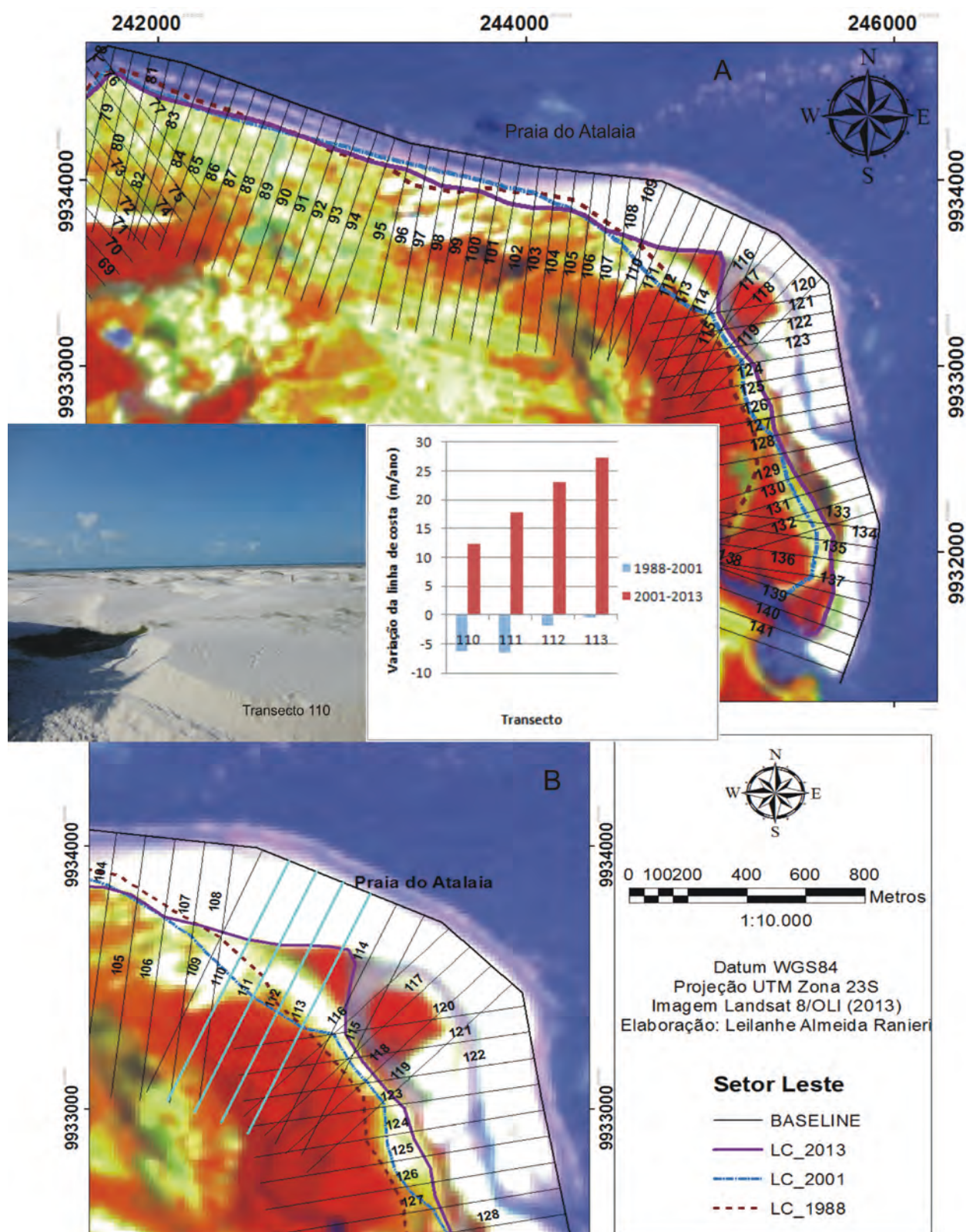


Figura 12 . Variações temporais na posição da LC entre os anos de 1988 a 2013, com identificação dos *transectos* gerados para o Setor Leste (A), com destaque para quatro deles que mostram a elevada deposição sedimentar pelos campos de dunas em desenvolvimento na LC a leste da praia do Atalaia (B). Fotografia registrada em 06/10/2013.

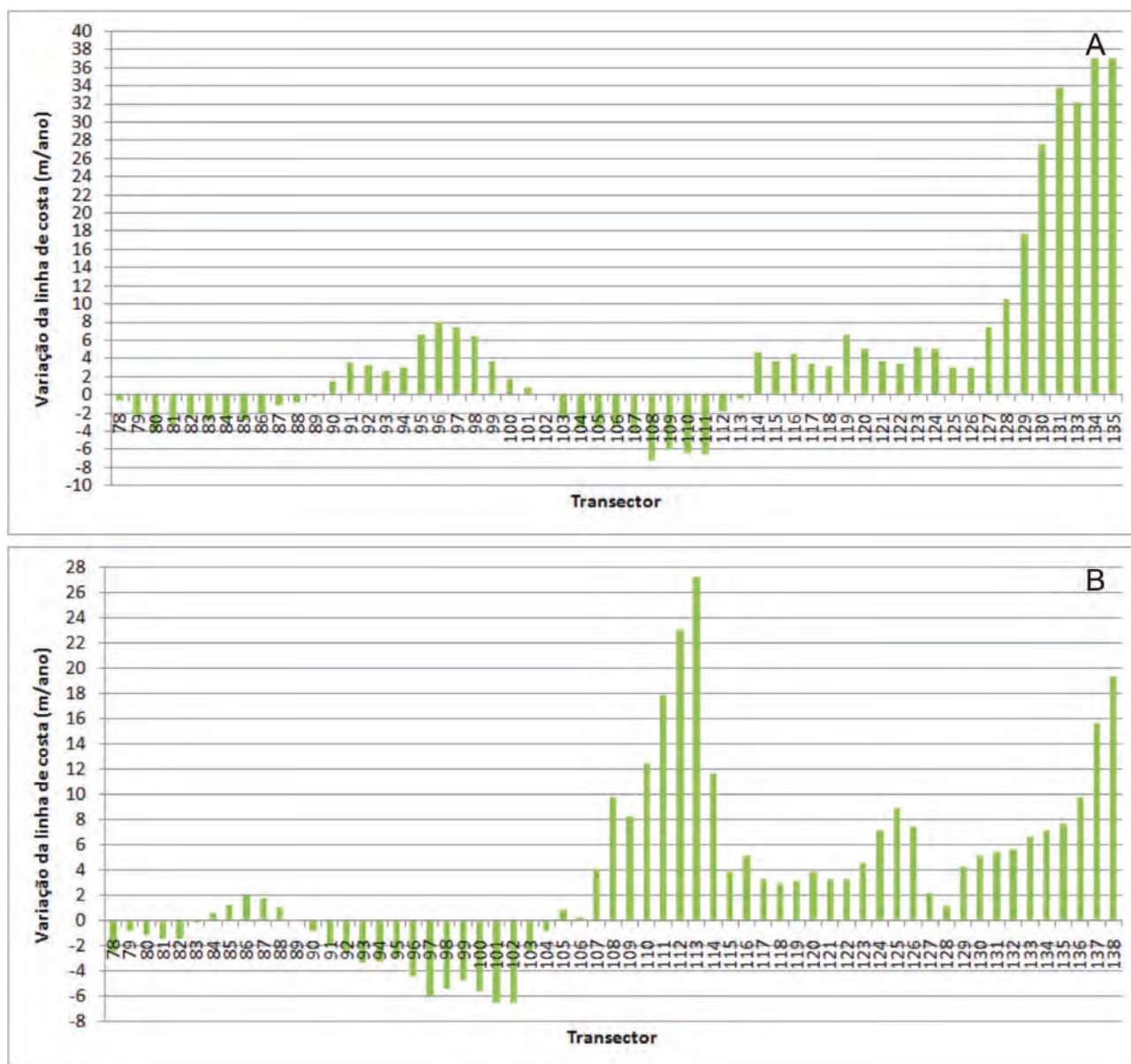


Figura 13. Taxa de variação da LC entre os anos de 1988 a 2001 (A) e 2001 a 2013 (B) para o Setor Leste.

e correntes. Portanto, eventos de erosão costeira podem ter sido expressivos naquele ano.

Antes de 2001 houve eventos seguidos do fenômeno La Niña, contudo de intensidade moderada. Apesar desta ocorrência, a tendência progradacional da LC foi predominante, havendo ainda uma consequente contribuição com a construção da “Orla do Maçarico” a beira-mar no ano 2000.

Tanto em 2001 como em 2013, a urbanização do município já estava bem mais consolidada e os efeitos da variação da LC não foram apenas por processos naturais, mas também antrópicos. Em alguns trechos dos Setores Central e Leste, por exemplo, a LC avança sobre o continente causando retrogradação costeira, mas por serem trechos com especulação imobiliária, as estruturas de contenção de erosão têm propiciado um recuo bem mais gradativo. As condições erosivas entre os

anos 2001 e 2013 são observadas nas áreas mais expostas ao oceano aberto (divisa das praias) e onde a ocupação humana é maior (região central da ilha do Atalaia). Os sedimentos erodidos podem estar migrando para as margens das faixas praias.

Desta forma, as áreas de erosão no trecho de costa estudado são pontuais, não representando uma tendência generalizada. Infelizmente, estas áreas localizam-se nos trechos onde há mais urbanização, e isto pode ter relação com a maior intensidade da erosão. Para o caso da Ilha do Atalaia, onde os impactos da ação antrópica são maiores, a devastação dos ecossistemas de proteção costeira na parte central da ilha propicia uma menor proteção do litoral contra erosão e dificulta a acresção da LC.

No entanto, o que ocorre na área de estudo é a tendência deposicional de sedimentos na LC

desde 1988, exclusivamente nas margens de cada faixa praial (Setor Oeste e Ilha do Atalaia- Setores Central e Leste).

Agradecimentos - Este trabalho constitui parte da Tese de Doutorado da primeira autora, desenvolvida junto ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará. Os autores agradecem aos membros do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) da UFPA, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pela bolsa de estudos, aos revisores do trabalho e aos editores da revista *Pesquisas em Geociências* por seus comentários e sugestões que auxiliaram a aprimorar o presente manuscrito.

Referências

- Albuquerque, M.F., Souza, E.B., Oliveira, M.C.F. & Souza Junior, J.A. 2010. Precipitação nas Mesorregiões do Estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, 6: 151-168.
- ANA – Agência Nacional das Águas. 2014. Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Estações da ANA. Disponível em: <<http://portalsnirh.ana.gov.br/Esta%C3%A7%C3%B5esdaANA/tabid/359/Default.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2014.
- Barbosa, V.M., Gregório, A.M.S., Busman, D.V., Costa, R.A.A.M., Souza Filho, P.W.M. & Pereira L.C.C. 2007. Estudo morfodinâmico durante uma maré equinocial de sizígia em uma praia de Macromaré do litoral amazônico (Praia de Ajuruteua-PA, Brasil). *Boletim Paranaense de Geociências*, 60-61: 31-43.
- Batista, E.M., Souza Filho, P.W.M. & Silveira, O.F.M. 2009. Avaliação de áreas deposicionais e erosivas em cabos lamosos da zona costeira Amazônica através da análise multitemporal de imagens de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 27(1): 83-96.
- Braga, F.P.S., Souza Filho, P.W.M., Alves, M.A.M.S. & Pereira L.C.C. 2007. Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Amazônia, Norte do Brasil. *Boletim Paranaense de Geociências*, 60-61: 11-30.
- Brito, F.M.O. 2004. *Salinópolis-PA: (Re) Organização Sócio-Espacial de um Lugar Atlântico-Amazônico*. Florianópolis, 121p. Dissertação de Mestrado, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Boak, E.H. & Turner, I.L. 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21(4): 688-703.
- Chavez JR, P. 1996. Image-based atmospheric corrections - revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62: 1025-1036.
- Conti, L.A. & Rodrigues, M. 2011. Variação da Linha de Costa na Região da Ilha dos Guarás – PA Através de Análise de Série Temporal de Imagens de Satélites. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5: 922-937.
- Corrêa L.V. 2011. *Análise dos efeitos térmicos de superfície na cidade de Belém-Pará-Brasil utilizando imagens de satélite*. Belém, 143p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Colwell, R.N. 1997. History and Place of Photographic Interpretation . In: Phillipson, W.R. (Ed.). *Manual of Photographic Interpretation 2ª. Ed.*, Ed . Bethesda, ASPRS, p. 33-48.
- CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2014. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados meteorológico (Estação Synop). Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br/downloadBDM/login.do;jsessionid=C6D7F66A4DC3B139F487EA7042392AE0.base1>>. Acesso em: 14 jan. 2014.
- CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2013. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de dados meteorológico (Modelo WWA-TCH). Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 10 jun. 2013.
- Crowell, M., Leatherman, S.P. & Buckley, M.K. 1993. Shoreline Change Rate Analysis: Long Term versus Short Term Data. *Shore and Beach*, 61: 13-20.
- El-Robrini, M., Alves, M.A.M.S., Souza Filho, P.W.M., El-Robrini M.H.S., Silva Júnior, O.G. & França, C.F. 2006. Atlas de Erosão e Progradação da zona costeira do Estado do Pará – Região Amazônica: Áreas oceânica e estuarina. In: Muehe, D. (Ed.) *Atlas de Erosão e Progradação da Zona Costeira Brasileira*. São Paulo, p. 1-34.
- França C.F. 2003. *Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da ilha de Marajó (PA)*. Belém, 2003. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- França, C.F. & Souza Filho, P.W.M. 2003. Análise das mudanças morfológicas costeiras de médio período na margem leste da Ilha de Marajó (PA) em imagem Landsat. *Revista Brasileira de Geociências*, 33(2): 127-136.
- Farinaccio, F. & Tessler, M.G. 2010. Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira - Uma Proposta Metodológica. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 10(4): 419-434.
- Geyer, W.R., Beardsley, R.C., Lentz, S.J., Candela, J., Limeburner, R., Johns, W.E., Castro, B.M. & Soares, I.D. 1996. Physical oceanography of the Amazon shelf. *Continental Shelf Research*, 16: 575-616.
- Guerreiro, J.S., Ranieri, L.A., El-Robrini, M. & Vila-Concejo, A. 2013. *Seasonal changes of a dynamic macrotidal beach: Case Study of Marieta Beach (Amazon Coast/Brazil)*. *Journal of Coastal Research*, 65: 1780-1784.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2014. Tabela de El Niño e La Niña. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml>. Acessado em: 15 jan. 2014.
- Jensen, J.R. 2009. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres*. Tradução português, 2 ed., São José dos Campos, Parentese Editora, 598p.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los*

- climas de la tierra*. México, Fondo de Cultura Econômica, 479p.
- Leite, W.S. 2010. *Estratigrafia de dunas costeiras de Salinópolis/PA em associação com variações pluviométricas*. Belém, 66p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Estudos Costeiro, Universidade Federal do Pará.
- Marengo, J.A. & Nobre, C.A. 2009. Clima da região Amazônica. In: Cavalcanti, I.F.A (Ed.). *Tempo e clima no Brasil*. São Paulo, Oficina de Textos, p.197-212.
- Marinho, R.S. 2009. *Faces da expansão urbana em Salinópolis, zona costeira do Estado do Pará*. Belém, 136p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará.
- Marino, M.T.R.D. & Sá Freire, G.S. 2013. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), estado do Ceará, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 13(1): 113-129.
- Martins, A.C.S. & Luz, M.S.F.C. 2004. *Cenário climatológico atuante no Litoral Norte da Amazônia Brasileira*. Belém, 63p. Monografia de Especialização, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Mazzer, A.M. & Dillenburg, S. 2009. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). *Pesquisas em Geociências*, 36(1): 117-135.
- Melo, P.A. 2008. *Apropriação da natureza e sensibilidade ambiental de paisagens costeiras: proposições para a gestão ambiental da urbana de Salinópolis-PA*. Belém, 96p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Moore, L.J. 2000. Shoreline mapping techniques. *Journal Coastal Research*, 16(1): 111-124.
- Noda, E.K. 1971. State-of-the-art of littoral drift measurements. *Shore & Beach*, 39: 35-41.
- Ranieri, L.A. 2014. *Morfodinâmica costeira e o uso da orla oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará, Brasil)*. Belém, 195p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Ranieri, L.A. & El-Robrini, M. 2012. Comportamento morfo-dinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. *Pesquisas em Geociências*, 39(3): 231-246.
- Rodrigues, S.W.P. & Souza Filho, P.W.M. 2011. Um estudo da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na costa norte-nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. *Anais...* Curitiba, p. 5061.
- Segundo, G.H.C. 2007. *Processos oceanográficos na região costeira e estuarina do rio Caeté, Pará, Brasil*. Rio de Janeiro, 139p. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense.
- Silva, C.G., Patchineelam, S.M., Baptista Neto, J.A. & Ponzi, V.R.A. 2004. Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na linha de Costa. In: Baptista Neto, J.A., Ponzi, V.R.A., Sichel, S.E. (Ed). *Introdução à geologia marinha*. Rio de Janeiro, Interciência, p. 175-218.
- Silva, A.N.B. 2010. *Índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia Oriental*. Belém, 134p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Souza Filho, P.W.M. & Paradella, W.R. 2003. Use of synthetic aperture radar for recognition of Coastal Geomorphological Features, land-use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 75(3): 341-356.
- Thieler, E.R., Martin, D. & Ergul, A. 2003. The digital shoreline analysis system, version 2.0: shoreline change measurement software extension for ArcView. USGS Open-File Report 03-076. Disponível em: <<http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/DSAS/version2/index.htm>>. Acesso em: 29 out. 2013.

Man 543

Editor: Cesar L. Schultz & Maria do Carmo Lima e Cunha.