

Emprego de imagens Landsat na análise temporal da linha do litoral da Praia de Ponta Grossa – Ceará

Linara Ivina de Castro Rodrigues^{1,2}
Cassiano Dias de Souza^{1,2}
Emanuel Andrade Albuquerque Mororó^{1,2}
Cynthia Romariz Duarte²
Michael Vandesteen Silva Souto²

¹ Graduação – Universidade Federal do Ceará - UFC
CEP 60451-970 – Fortaleza – CE, Brasil

casinho.geo@hotmail.com, linara.rodrigues@yahoo.com, emanuel_mm@yahoo.com.br

² Laboratório de Geoprocessamento – Departamento de Geologia – Universidade Federal do Ceará. CEP 60451-970 – Fortaleza – CE, Brasil
{cynthia.duarte, michael.souto}@ufc.br

Abstract. The coastal area is subject to continuous morphodynamic changes caused by processes such as, sea level fluctuations, erosive and depositional dynamics associated with the action of the waves, tides, currents flow and wind dynamics, being characterized as a very unstable environment. Due to the high economic and landscape interest of these areas, it is important to study and coastal monitoring. This article intent to study the sedimentary dynamics of Ponta Grossa beach, from time series of Landsat images. The area is located in the eastern portion of the city of Icapuí -CE, which is characterized as one of the most complex environmental systems in Ceará's coast. The steps for processing consisted at first, in the pre-processing relating to the initial processing of the data (georeferencing of images), followed by the application of color compositions to highlight the contrast between features and the vectorization of the coastline. Thereby, it was possible to observe a very active coastal dynamic with progressive development of sedimentation and relates it to change processes that influence its dynamics. From images of time series Landsat was possible to obtain quantitative data showing that the total sediment budget in the analyzed period was positive, with higher sedimentation rates for the periods of 1997-2001 and 2005-2009, and the lowest from 1993 -2001.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, geology, sensoriamento remoto, processamento de imagens, geologia.

1. Introdução

A zona costeira, ou faixa litorânea, corresponde à zona de transição entre o domínio continental e o domínio marinho, e está sujeita a contínuas alterações morfodinâmicas originadas de processos continentais, marinhos e/ou antrópicos. Esses processos, determinantes na formação de distintos tipos de costas, englobam oscilações do nível do mar e dinâmicas erosivas e deposicional associadas à ação das ondas, marés, correntes e dinâmica eólica. Sendo assim, constitui-se de um ambiente altamente instável apresentando grande variabilidade temporal e espacial (Baptista *et al.*, 2004). Segundo Bird (2008, *apud* Souza, 2016b), a linha de costa é definida como a fronteira da terra no limite das marés altas, marcada pela ocorrência de vegetação ou a base de falésias, enquanto linha do litoral é o limite móvel de ocorrência de água no perfil praial durante a maré baixa e a maré alta. Dessa forma, as linhas do litoral são modificadas diariamente pelo movimento das marés, enquanto a linha de costa é afetada apenas em eventos excepcionais.

De acordo com Ab'Sáber (2001, *apud* Souza, 2016b), o Brasil possui o mais extenso litoral inter e subtropical do mundo, com cerca de 8 mil quilômetros de extensão, onde se encontram os maiores núcleos urbanos do país. Estudos apontam que quase 25% da população brasileira reside em municípios da zona costeira, sendo que, no Nordeste, a concentração populacional é de 37,8%, chegando a 50,8% no estado do Ceará (IBGE, 2015).

Devido ao alto interesse econômico e paisagístico destas áreas, torna-se importante o estudo e monitoramento costeiro, e a existência de séries temporais de imagens de satélite constitui-se numa importante fonte de dados para a análise e monitoramento dos impactos causados pela ocupação e da evolução costeira natural.

O objetivo deste trabalho consistiu no estudo da dinâmica sedimentar da Praia de Ponta Grossa, localizada na porção leste do Município de Icapuí-CE, e caracterizada como um dos mais complexos sistemas ambientais da costa cearense, onde o transporte dos sedimentos que promovem a mudança na geometria da área não está relacionada com taxas pluviométricas como já citado por Souza *et al.* (2016a).

O Município de Icapuí está situado no extremo leste do litoral cearense, tendo como limites ao norte e ao leste o Oceano Atlântico, a leste e ao sul o Município de Tibau – RN, e a oeste o Município de Aracati. Está inserido na Mesorregião do Jaguaribe, a cerca de 200 km de Fortaleza, com acesso pela CE-040 e BR-304, perfazendo uma área de 428,69 Km².

A área de estudo, encontra-se localizada na porção oeste do município de Icapuí, limitada pelas coordenadas UTM 662500 e 666500 E, e 9486200 e 9489000 S, datum SIRGAS2000 24S (Figura 1).

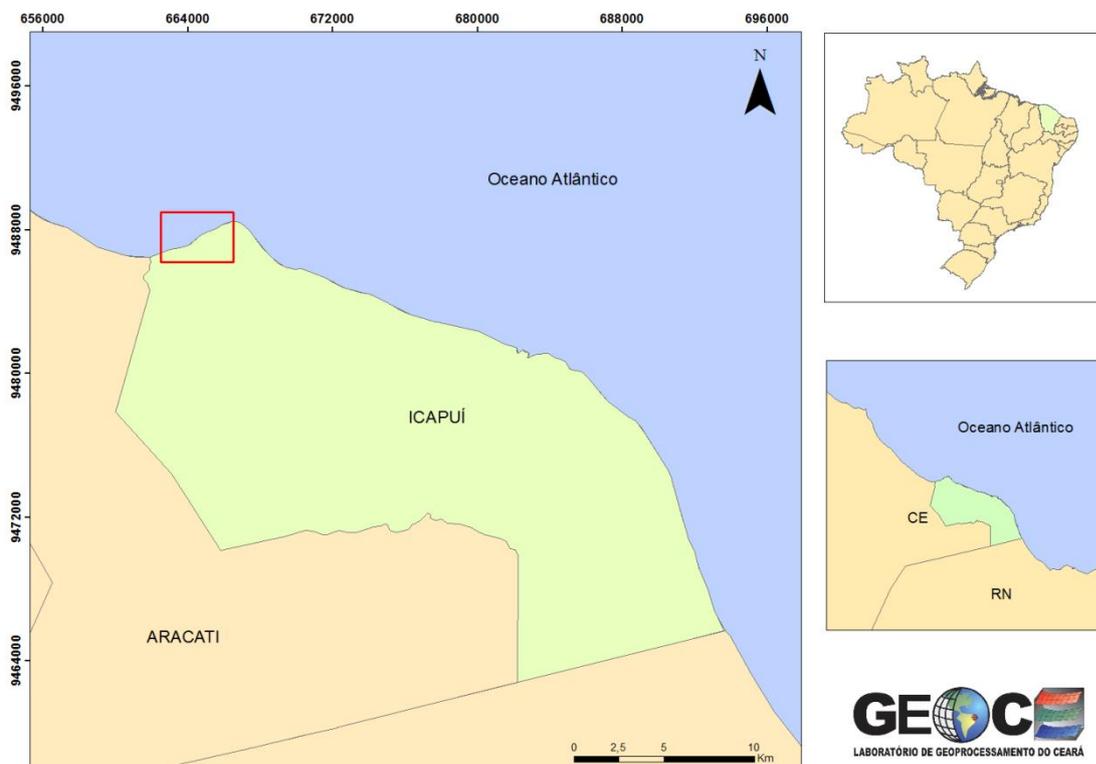


Figura 1: Localização da área

2. Metodologia de Trabalho

O desenvolvimento desse estudo foi baseado nas técnicas propostas por Amaro *et al.* (2012). A primeira etapa de pré-processamento consistiu na aquisição das cenas dos satélites Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI) entre os anos de 1993 a 2013, órbita/ponto 218/062, que foram adquiridas no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do *United States Geological Survey* (USGS). Para melhor obtenção de resultados, foram obtidas imagens de meses próximos, a fim de que fossem asseguradas condições climáticas similares. A Tabela 1 apresenta as datas das imagens empregadas no trabalho.

Tabela 1. Datas das imagens utilizadas.

| Data | Sensor |
|------------|--------|
| 17/06/1993 | TM |
| 02/10/1997 | TM |
| 01/07/2001 | TM |
| 21/08/2005 | TM |
| 01/09/2009 | TM |
| 08/06/2013 | OLI |

Na segunda etapa do pré-processamento, as imagens passaram pelo processo de junção das bandas espectrais 1,2,3,4,5,7 do Landsat 5, descartando a banda termal, num único arquivo; e na junção das bandas espectrais 1 a 7 do Landsat 8 num só arquivo, descartando-se as bandas pancromática (8), cirrus (9), e as termais (10 e 11). O georreferenciamento das imagens foi realizado no programa ENVI 4.8, utilizando como base a imagem do Landsat 8, de 08/06/2013.

2.1 Processamento Digital de Imagens

Nesta etapa, foi feita a análise e a manipulação das imagens digitais, com a finalidade de realçar os elementos que compõem a paisagem, a fim de tornar mais fácil o discernimento de informações. Para tal, as bandas espectrais das imagens foram combinadas em sistema de cores RGB, sendo que para o sensor TM foi utilizado a composição R7G4B3, já para as imagens do sensor OLI foi utilizada a composição R7G5B4, ambas composições equivalentes que auxiliam na identificação das áreas emersas, áreas úmidas emersas, corpos d'água, vegetação e realce da linha do litoral. A Tabela 2 apresenta a relação das bandas empregadas e seus respectivos comprimentos de onda.

Tabela 2. Relação das bandas empregadas e seus respectivos comprimentos de onda.

| Sensor TM | | Sensor OLI | |
|-----------|-------------------|------------|-------------------|
| banda 3 | 0,63-0,69 μ m | banda 4 | 0.64–0.67 μ m |
| banda 4 | 0,76-0,90 μ m | banda 5 | 0.85–0.88 μ m |
| banda 7 | 2,08-2,35 μ m | banda 7 | 2.11-2.29 μ m |

As bandas 4 e 7 (sensor TM) correspondem a faixa espectral do infravermelho próximo (NIR) e do infravermelho de ondas curtas (SWIR2), respectivamente. Os corpos d'água absorvem muita energia nessas bandas, sendo apresentadas em tonalidades escuras, ao contrário da vegetação, que reflete bastante energia, sendo representada em tons claros. A banda 3 corresponde a faixa espectral do vermelho, auxilia no contraste entre a cobertura vegetal e o solo exposto (ou areia de praia). No sensor OLI as bandas 5 e 7 as correspondentes das faixas espectrais do NIR e do SWIR respectivamente, e a banda 4 corresponde a faixa espectral do vermelho. Apesar da diferença entre os intervalos espectrais, ambas as composições obtêm funcionalidades semelhantes.

2.3 Geração e integração de dados

Os polígonos que delimitam a linha do litoral foram obtidos em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), onde ocorreu a vetorização da linha do litoral para cada uma das imagens previamente citadas (Tabela 1). A integração dos dados e confecção dos mapas foi realizada através da intersecção geométrica dos polígonos de datas distintas, sendo possível observar a evolução da linha do litoral em diferentes períodos. Com a intersecção, foram criados novos polígonos que correspondem as variações temporais daquele período, sendo classificadas em áreas de erosão, acreção ou de estabilidade em relação a linha do litoral inicial.

3. Resultados

Utilizando a metodologia citada anteriormente, foi realizada a análise da evolução da linha do litoral em intervalos de 4 em 4 anos, nos períodos de 1993/1997; 1997/2001; 2001/2005; 2005/2009; 2009/2013 e, entre 1993/2013, abrangendo um período total de 20 anos da morfogênese costeira local.

A área de estudo apresentou uma dinâmica costeira bastante ativa, sendo possível observar o desenvolvimento progressivo da sedimentação, que se manifesta principalmente na formação de barras arenosas (Figura 2).

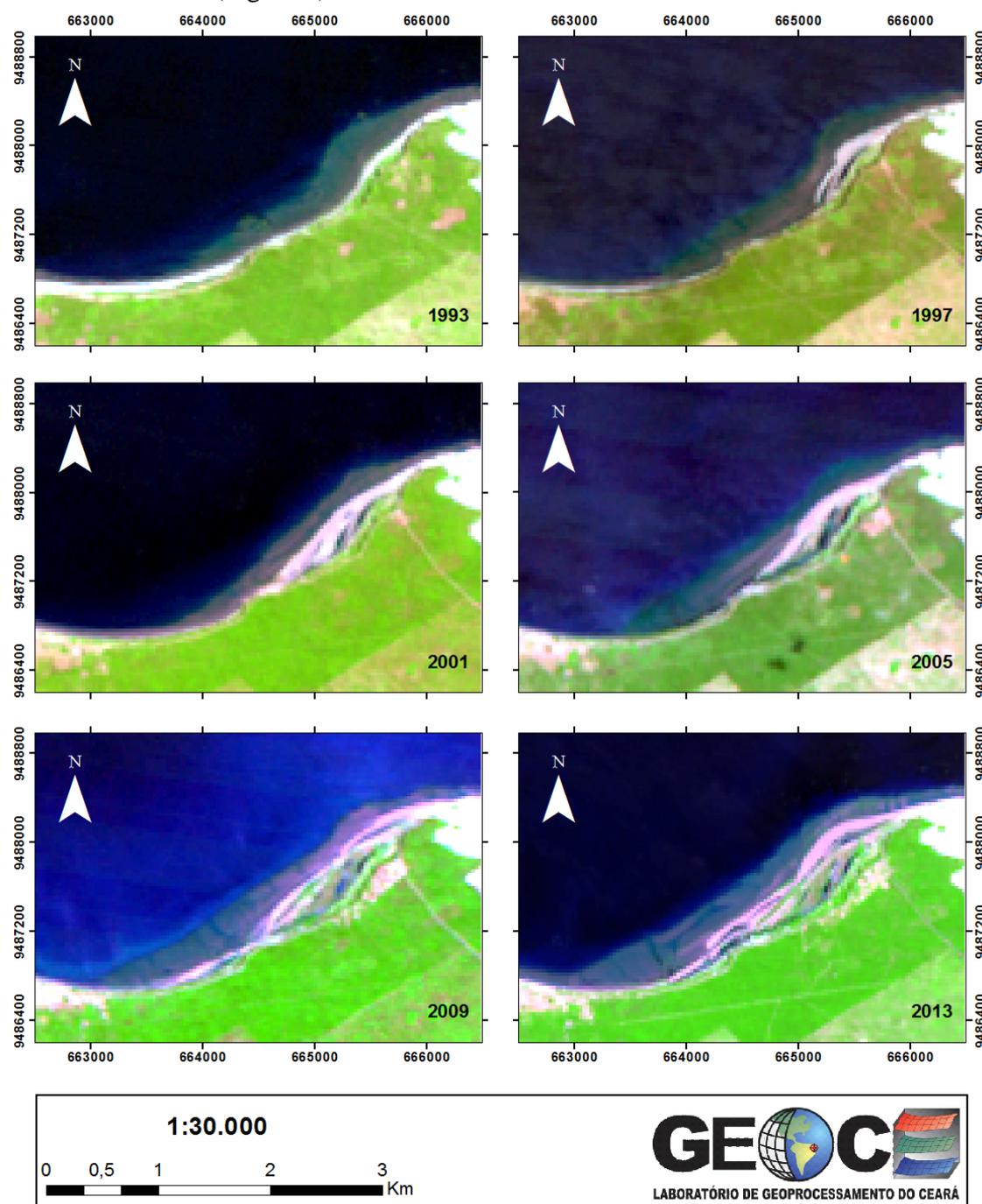


Figura 2. Evolução das barras arenosas nos distintos períodos estudados e no intervalo entre 1993 e 2013.

A região de Ponta Grossa é caracterizada como uma região de promontório, onde a progradação do litoral observado está ligada ao barramento dos sedimentos transportados pela deriva litorânea e ao transpasse de sedimentos do campo de dunas por sobre o promontório. É possível que barramento sedimentar, seja a causa da erosão observada a sotamar da área de deposição, sendo que essa condição é minimizada através do mecanismo de *bypass* de sedimentos. Segundo Claudino-Sales (2005 *apud* Magalhães, 2015) o volume de sedimentos barrados pelo promontório é submetido a ação do transporte eólico, de modo que, não havendo impedimentos físicos (como vegetação e/ou ocupação residencial), realizam transpasse sobre o promontório, originando campos de dunas que migram sobre a planície costeira (*bypass* costeiro), sendo reintegrado à dinâmica litorânea ao alcançar as praias a sotamar, como retratado na Figura 3.

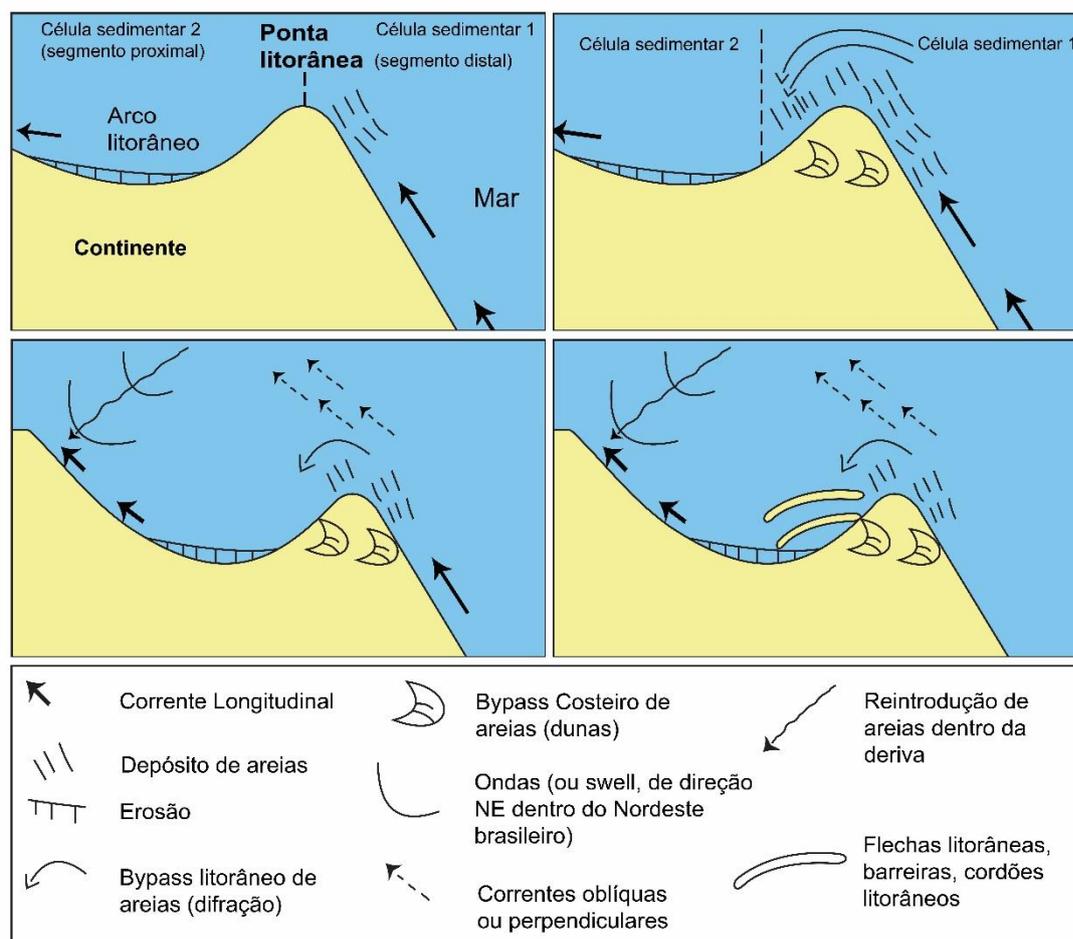


Figura 3. Dinâmica de *bypass* de sedimentos em áreas de promontórios. A) Retenção das areias à montante da deriva. B) Formação de altos fundos marinhos, fonte para o *bypass* litorâneo e costeira das areias. C) Formação de um litoral zetaforme (Bird, 2000; perda de sedimentos sobre as pontas, reintrodução desses sedimentos a sotavento da deriva). D) Reprise do transporte longitudinal a jusante da ponta em razão do crescimento de altos fundos marinhos. Adaptado de Pinheiro (2009, *apud* Magalhães, 2015).

A Figura 4 apresenta os resultados referentes às áreas de acreção e deposição. Analisando o período total de 1993 a 2013, fica visível a distinção das duas áreas, a área de deposição, localizada logo após o pontal, e a área de erosão, localizada a sotamar. A Tabela 3 apresenta os valores em m² das áreas de acreção e erosão.

Tabela 3. Balanço de erosão e deposição (em m²) nos períodos observados.

| Período | Erosão | Deposição |
|-------------|--------|-----------|
| 1993 - 1997 | 0,107 | 0,134 |
| 1997 - 2001 | 0,049 | 0,186 |
| 2001 - 2005 | 0,011 | 0,114 |
| 2005 - 2009 | 0,023 | 0,195 |
| 2009 - 2013 | 0,068 | 0,147 |
| 1993 - 2013 | 0,1 | 0,596 |

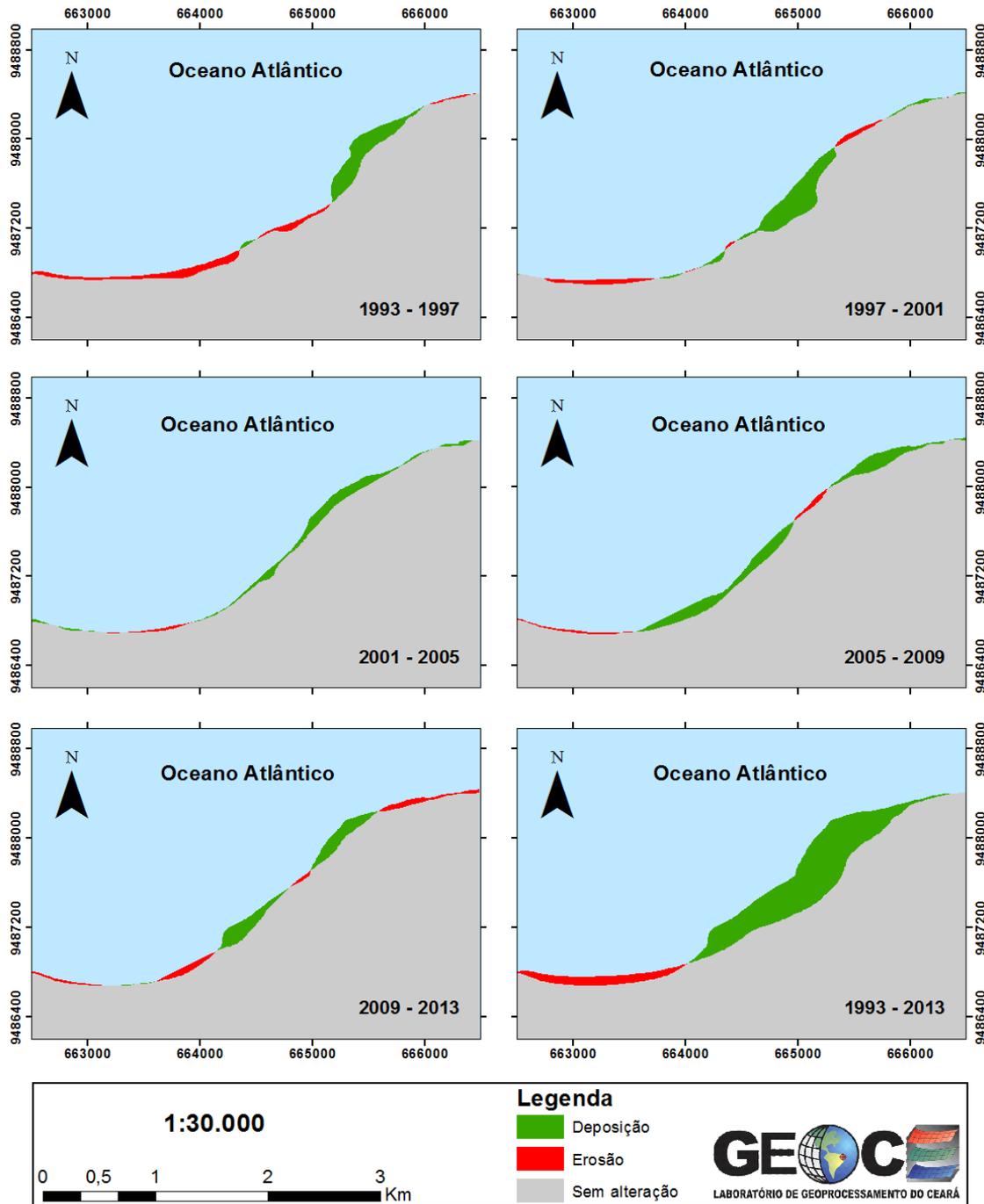


Figura 3. Resultados da modificação da linha do litoral nos períodos investigados.

4. Conclusões

A partir das imagens dos satélites Landsat 5 (TM) e Landsat 8 (OLI), foi possível a obtenção de dados quantitativos que mostram que o balanço sedimentar total no período analisado foi positivo, com as maiores taxas de sedimentação compreendidos entre os períodos de 1997-2001 e 2005-2009, e a menor entre 1993-2001.

Esse resultado é condizente com o modelo de promontório proposto para a região, com uma área com predominância de deposição, localizada logo após ao pontal, e uma área a sotamar onde predomina erosão, sendo esta consequência do barramento de sedimentos a barlar.

Portanto, a metodologia adotada foi eficaz no auxílio da análise multitemporal, que permitiu a obtenção de diversas informações acerca da dinâmica costeira da região, e dos processos envolvidos. Este tipo de estudo configura-se como uma importante ferramenta a ser empregada por gestores ambientais e/ou municipais para análise do ambiente e prognóstico de cenários futuros, com baixo custo e alta eficiência.

Referências Bibliográficas

AMARO, V.E.; SANTOS, M.S.T.; SOUTO, M.V.S. **Geotecnologias aplicadas ao monitoramento costeiro: sensoriamento remoto e geodésia de precisão**. 1. ed. Natal: Autor, 2012. v. 1. 118p. (ISBN 9888591374601).

BAPTISTA NETO, J.A.; PONZ, V.R.A. **Introdução a geologia marinha**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2004. 279p.

SOUZA, C.D.; RODRIGUES, L.I.C.; DUARTE, C.R.; SOUTO, M.V.S. Use of Landsat images in the temporal analysis of coastline in the western portion of the city of Icapuí. *In*: Pan Ocean Remote Sensing Conference (PORSEC), 2016a, Fortaleza.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais [e] Coordenação de Geografia. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/biblioteca/visualizacao/livros/liv94254.pdf>>. Acesso em: 05.out.2016.

MAGALHÃES, D.C. **Evolução costeira controlada por promontório do litoral de Paracuru – Ceará**. 2015. 97 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará.

MEIRELES, A.; SILVA, E.; THIERS, P. Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, nº20, p. 101 – 119, 2006.

SOUZA, W.F. **Sensoriamento Remoto e SIG aplicados à análise da evolução espaço temporal da linha de costa do município de Icapuí, Ceará – Brasil**. 2016b. 135 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará.