

Análise da variação do comportamento da linha de costa da Praia do Seixas, PB, utilizando regressão linear para geração de modelos de tendência.

Heithor Alexandre de Araújo Queiroz¹

Sydney de Oliveira Dias¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB

Av. 1º de Maio, 720 - 58015-430 - João Pessoa - PB, Brasil

{heithor_alexandre@hotmail.com, sydney.dias@ifpb.edu.br}

Abstract. The coastal dynamics' can be observed in the action of sea against the continent. The monitoring of the shoreline change presents tools for generating valuable information for coastal management because they provide subsidies for establishing temporal variations of the shoreline that constantly change its position on various time scales. This study aimed to characterize the patterns of shoreline change between 1998 and 2014 to generate the estimate from shoreline positions to the next 5 and 10 years, at Seixas' beach in João Pessoa city, Paraíba, Brazil. It was utilized the software ArcMap and Digital Shoreline Analysis System, that allows to calculate the rates of shoreline changes. The data were extracted from many sources, such as images of orbital sensors and photogrammetry, including GNSS survey. To generate the estimate of shoreline positions to 2019 and 2024 it was utilized PostgreSQL software and its extension PostGIS that adds support for geographic objects allowing location queries to be run in SQL. The results showed retraction of the shoreline along the studied area, between -0,33 e -2,5 m/y when used Linear Regression Rate and between -0,11 e -3,51 m/y when used Weighted Linear Regression Rate. The results fulfilled the objectives, and the methodology used was efficient.

Palavras-chave: shoreline, rates of change, DSAS, PostgreSQL, linha de costa, taxas de variação.

1. Introdução

O alcance máximo das ondas sobre a massa continental, tem sido um assunto muito discutido atualmente pela comunidade científica mundial. Entender esse processo natural tem produzido inquietação por parte da academia e dos profissionais de áreas afins, pois é perceptível a necessidade do seu monitoramento.

Segundo Suguio (1992), “define-se linha de costa como sendo o limite entre o continente e a porção adjacente ao mar onde não há efetiva ação marinha no alcance máximo das ondas, concretizando-se pela presença de falésias, no limite entre a vegetação e a praia, ou nos costões rochosos, ou por qualquer outra feição que marque o início da área continental”.

Trabalhos como os de Gonçalves *et al* (2010); Silva *et al* (2012) utilizaram desde fotografias aéreas, produtos de Sensoriamento Remoto até mesmo levantamento *Global Navigation Sattelite System* (GNSS) pelo método *Real Time Kinematic* (RTK) para o mapeamento e avaliação da dinâmica da linha de costa, alcançando bons resultados no que se refere à caracterização da linha de costa avaliada.

No Brasil, a proximidade da malha urbana com a praia e a sua expansão em direção ao mar acentuam a carência de informações e orientações técnicas, referentes ao comportamento da linha de costa, para auxiliarem no planejamento e na tomada de decisões quanto às ocupações feitas à margem das praias e à preservação da faixa de atuação do mar.

São comuns os casos de erosões causadas pelo avanço do mar sobre o continente. O município de João Pessoa não é uma exceção, principalmente a área de estudo escolhida para o presente trabalho, a Praia do Seixas, onde a ocorrência de erosões tem degradado parte da encosta da falésia do Cabo Branco e as estruturas de concreto próximas à faixa de praia.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é caracterizar a variação do comportamento da linha de costa, na Praia do Seixas, no município de João Pessoa (PB), e fazer a projeção dessa linha para os próximos 5 e 10 anos tendo como estimador os modelos matemáticos de regressão linear simples e ponderada.

2. Materiais e Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

Localizada na região metropolitana de João Pessoa, a área de estudo possui um comprimento de, aproximadamente, 2,8 km de extensão, compreendendo o final da praia de Cabo Branco até o limite do bairro Ponta do Seixas.

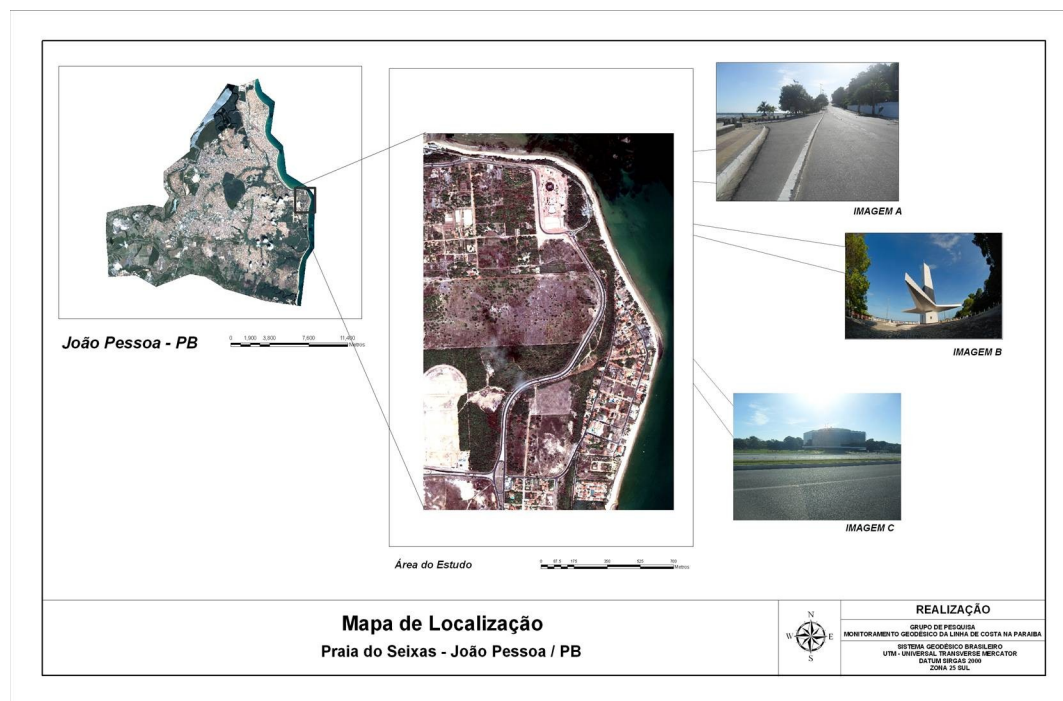


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

2.2 Materiais: Fotografias Aéreas e Imagens Orbitais

Foram adquiridos dois conjuntos de fotografias aéreas convencionais: o primeiro conjunto refere-se às imagens obtidas pela Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP), do ano 1998, descarregadas no próprio sítio da PMJP, no formato JPG. Já o segundo conjunto de fotografias aéreas foi obtido, via ofício, pela Secretaria de Patrimônio da União (SPU-PB), no formato analógico. Esse último conjunto de imagens foi gerado pela empresa Aerocarta em levantamento aerofotogramétrico no ano 2006.

Além das fotografias aéreas, duas imagens de alta resolução do sensor *CCD* do satélite *QuickBird*, referentes aos anos 2005 e 2008 foram utilizadas. Tais imagens foram obtidas, via ofício, também na PMJP.

2.3 Metodologia

O fluxo de atividades para desenvolvimento da pesquisa pode ser visto na Figura 2. Conforme fluxograma, a metodologia de trabalho consiste na utilização das imagens para extração das linhas de costa, levantamento atualizado da linha de costa com técnica de posicionamento em tempo real, utilizando receptores *GNSS*, integração dos dados em um software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), e geração de modelos de tendência utilizando regressão linear simples e ponderada.

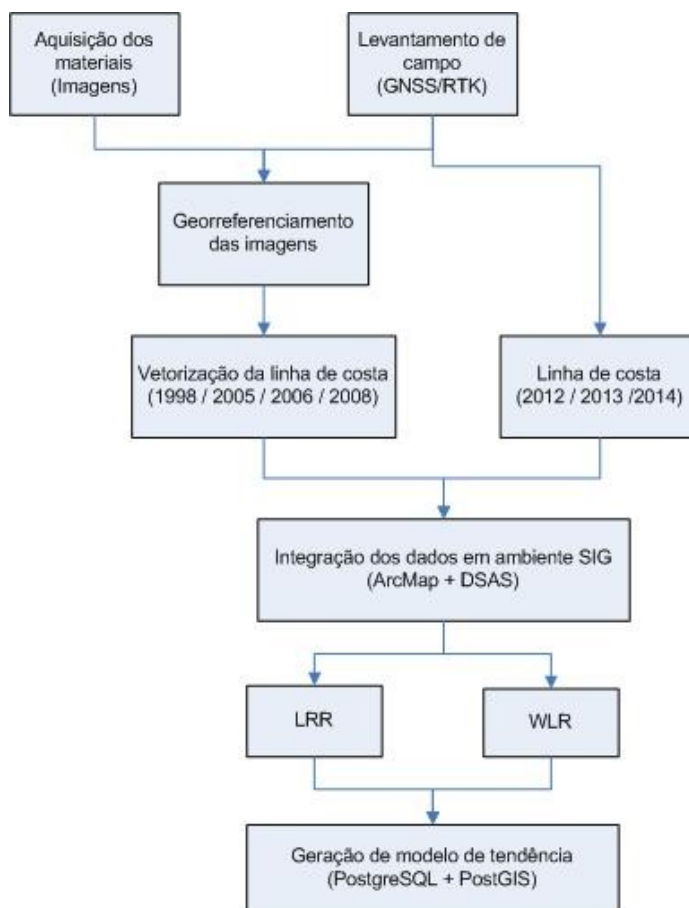


Figura 2. Fluxograma da metodologia de trabalho adotada.

Efetuarão-se levantamentos de campo para georreferenciamento da imagem bem como delineamento da linha de costa. A obtenção dos pontos de controle nos levantamentos de campo foi realizada por levantamento *GNSS (RTK)* utilizando receptores modelo *Hiper Lite* + da marca *Topcon*.

Para o georreferenciamento das imagens optou-se em utilizar o modelo matemático de 1º ordem. Como havia imagens de diferentes datas, optou-se em realizar o georreferenciamento, com utilização de pontos de controle, apenas para imagem mais atual (*Quickbird* ano 2008). As demais imagens foram registradas tomando-se como referência a imagem georreferenciada.

Para os anos 2012, 2013 e 2014 foram realizados levantamentos *GNSS* pelo método *RTK* para obtenção da linha de costa. Os levantamentos ocorreram nos períodos em que a altura da maré esteve próxima a 2,8 metros, valor este considerado como máximo alcance das marés para a região de estudo, conforme Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

Com todas as linhas de costa devidamente geradas, o próximo passo foi integrar os dados em ambiente SIG utilizando a plataforma *DSAS* desenvolvida por Thieler *et al* (2009), que consta de uma aplicação gratuita de software que funciona dentro da *Environmental Systems Research Institute (ESRI) software* Sistema de Informação Geográfica (*ArcGIS*), para a geração das taxas de variação da linha de costa. O *DSAS* permite aos usuários calcularem as estatísticas da taxa de variação de uma série temporal de posições de linha de costa, Himmelstoss (2009), trabalha gerando transectos ortogonais a uma linha de base determinada pelo usuário (*baseline*) em um espaçamento definido e calcula então, as taxas de mudanças através de métodos estatísticos distintos que são mostrados em uma tabela de atributos, Farias e Maia (2009), como segue na Figura 3.

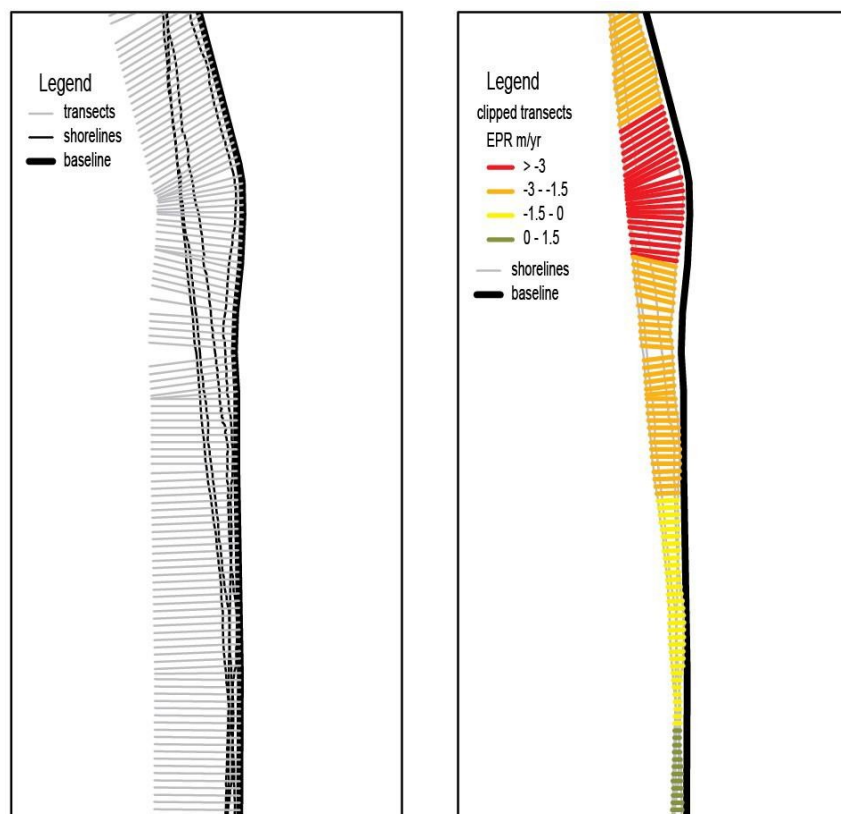


Figura 3. Exemplo de aplicação do DSAS. Adaptado (Himmelstoss, 2009).

Vários métodos são disponibilizados pela aplicação *DSAS* para o cálculo das taxas de variação. Para este trabalho foram escolhidos dois: a regressão linear simples (*Linear Regression Rate - LRR*) e a regressão linear ponderada (*Weighted Linear Regression Rate-WLR*). O primeiro calcula as taxas de variação, em metros por ano, pela regressão linear simples, e o outro utiliza um peso que é obtido em função das incertezas das feições da linha de costa para calcular a regressão linear, também em metros por ano.

Com as informações referentes à variação da posição da linha de costa, em metros por ano, foram feitas projeções para 5 e 10 anos, como forma de estimar qual seria a posição da linha para esses anos. Optou-se em utilizar um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), *PostgreSQL* com a extensão *PostGIS*, bem como a linguagem *Structured Query Language (SQL)* para implementação de uma rotina a fim de gerar modelos de tendência com a regressão linear simples e ponderada, com base nos dados utilizados.

3. Resultados

Nesta seção estão apresentados os resultados estatísticos utilizando-se os modelos de regressão linear simples e ponderada bem como as projeções futuras de 5 e 10 anos para a linha de costa.

Conforme se pode observar na Figura 4, a taxa de variação da linha de costa utilizando-se a regressão linear simples gerou resultados semelhantes aos resultados utilizando-se a regressão linear ponderada. A taxa *LRR* variou entre -0,33 e -2,5 metros, e a *WLR* variou entre -0,11 e -3,51 metros.

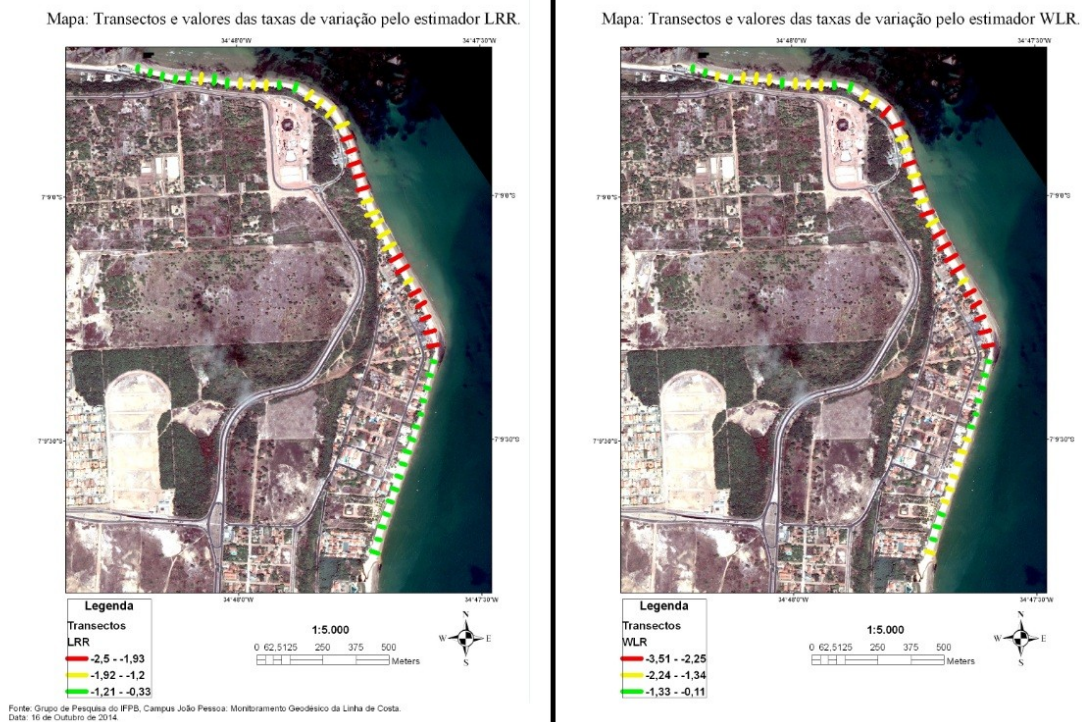


Figura 4. Mapas dos transectos e valores das taxas de variação pelo estimador *LRR* e *WLR* em metros por ano.

Na sequência é possível verificar que os trechos “A” e “B” apresentaram os valores mais elevados de taxa de variação anual. Em ambos os casos foi possível observar que houve um avanço no alcance da maré continente adentro, ou seja, um recuo da linha de costa considerando os dados utilizados.

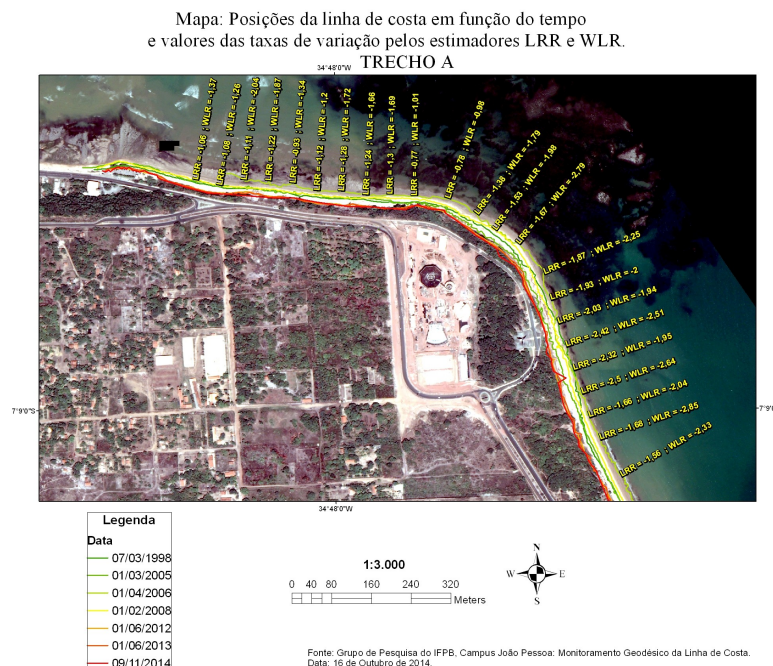


Figura 5. Mapa das posições da linha de costa em função do tempo e valores das taxas de variação pelos estimadores *LRR* e *WLR* no trecho A.

O trecho A tem o seu limiar no término da Praia de Cabo Branco e é marcado pela presença de uma Falésia, intitulada: Barreira do Cabo Branco. Na parte superior da barreira fica o Farol do Cabo Branco e a Estação Ciência, Cultura e Artes, área que tem a maior concentração de erosões causadas pelo avanço do mar.

O trecho B contempla a Ponta do Seixas, que é um famoso ponto turístico da cidade de João Pessoa/PB, e é o ponto mais oriental das Américas. O mar tem alterado a paisagem desse trecho, e as ondas tem alcançado as edificações construídas à beira-mar. Nessa área estão presentes os maiores valores de taxa de variação da linha de costa, para a área de estudo, como é possível visualizar na Figura 6.

Mapa: Posições da linha de costa em função do tempo
e valores das taxas de variação pelos estimadores LRR e WLR.
TRECHO B

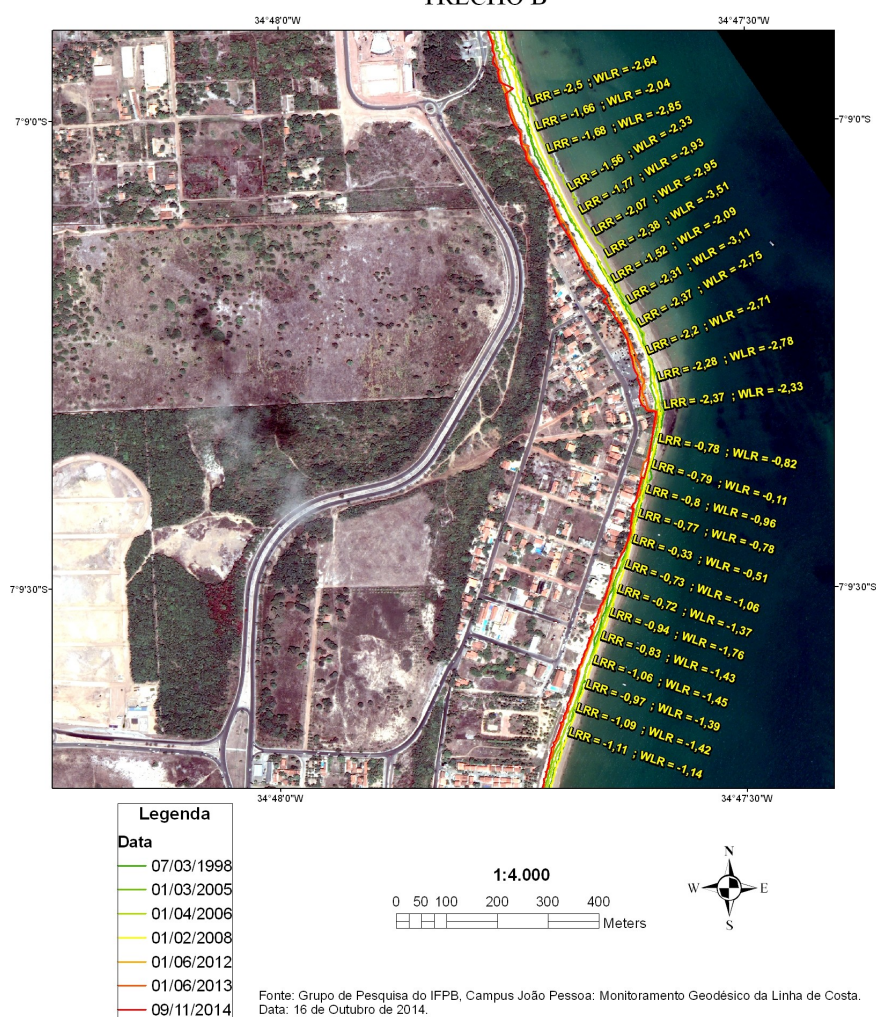


Figura 6. Mapa das posições da linha de costa em função do tempo e valores das taxas de variação pelos estimadores *LRR* e *WLR* no trecho B.

O modelo de tendência gerado no SGBD, utilizando uma rotina desenvolvida na linguagem *SQL*, produziu a projeção da linha de costa, para os anos 2019 e 2024, baseado nos dados que foram levantados, como pode ser observado na Figura 8.

Mapa: Linha de costa de 2014 e projeções para 2019 e 2024.

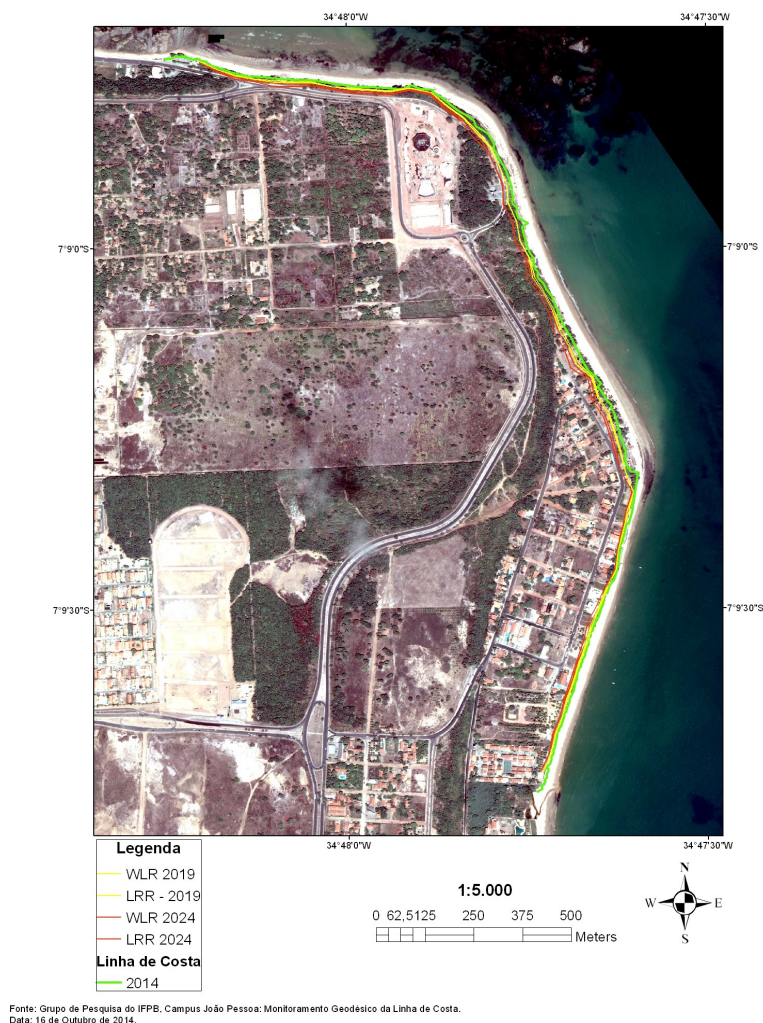


Figura 7. Mapa da linha de costa de 2014 e projeções da posição da linha para os anos 2019 e 2024 pelos estimadores *LRR* e *WLR*.

Para o resultado gerado por esse modelo, deve-se levar em consideração que o trecho A tem a presença de uma falésia na maior parte de sua extensão, e que há uma forte tendência erosiva para essa área. Vale salientar que parte da estrutura do Farol do Cabo Branco já está comprometida pela ação marinha sobre a falésia.

4. Conclusões

A metodologia proposta, para a realização da caracterização da variação do comportamento da linha de costa, utilizando dados de diferentes fontes, modelos matemáticos de regressão linear simples e ponderada, e um SGBD para a geração de modelo de tendência, foi eficiente.

A realização do presente estudo respondeu aos objetivos propostos. Gerou resultados semelhantes para os estimadores da regressão linear simples e ponderada. A taxa *LRR* variou entre -0,33 e -2,5 metros, e a *WLR* variou entre -0,11 e -3,51 metros, indicando recuo da linha de costa em todos os trechos da área estudada.

Referências Bibliográficas

Farias, E. G. G.; Maia, L. P. Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 4585-4592. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15962-PRE/10571). Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1068.pdf> >. Acesso em: 21 out. 2014.;

Gonçalves, R. M.; Krueger, C. P.; Coelho, L. S.; Heck, B. **Monitoramento Geodésico da Linha de Costa com o emprego do GNSS**. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, PE. 2010.;

Himmelstoss, E.A. 2009. **“DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide”** in: Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan. 2009 Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. *updated for version 4.3.;

Silva, G. P.; Gonçalves, R. M.; Tanajura, E. L. X.; **Levantamento geodésico GNSS-RTK para o mapeamento da linha de costa**. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, PE. 2012. ROCHA, C. P.;

Suguio, K. **Dicionário de geologia marinha**. T.A. Queiroz, São Paulo, SP, 1992. 171p;

Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan, 2009. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0** — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. *current version 4.3.