Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Evolução da Linha de Costa do Esporão de Galinhos (NE Brasil) Utilizando Fotografias Aéreas e Imagens Landsat TM

*Zuleide Maria Carvalho Lima, Adriano de Lima Alves, Venerando Eustáquio Amaro,
Helenice Vital*

Pesquisas em Geociências, 28 (2): 497-507, maio/ago., 2002.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20324>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - maio/ago., 2002.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Evolução da Linha de Costa do Esporão de Galinhos (NE Brasil) Utilizando Fotografias Aéreas e Imagens Landsat TM

ZULEIDE MARIA CARVALHO LIMA¹, ADRIANO DE LIMA ALVES²,
VENERANDO EUSTÁQUIO AMARO³ & HELENICE VITAL⁴

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica – PPGG Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Bolsista da Agência Nacional do Petróleo – ANP. zuleide@geologia.ufrn.br

² Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Geofísica e Geodinâmica – PPGG Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Ex-bolsista da Agência Nacional do Petróleo – ANP. alalves@geologia.ufrn.br

³ Professor doutor do Departamento de Geologia e do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica –
PPGG Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. amaro@geologia.ufrn.br

⁴ Professora doutora do Departamento de Geologia e do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica –
PPGG Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Pesquisadora do CNPq. helenice@geologia.ufrn.br

(Recebido em 10/01. Aceito para publicação em 05/02)

Abstract - Galinhos is one of many spits along the northern coast of Rio Grande do Norte state. Nowadays it has almost 10 km of extension in the E-W direction and medium width of 550 m. Sandy beaches, reefs, estuary, mangroves, lagoon, and dunes are the characteristic geomorphologic features. The modeling of these features is directly correlated with the united performance of waves, coastal current and winds, related with variations of the sea level happened in the Quaternary. Aiming to monitoring the evolution of the coastline, it was used aerial photographs from 1954, 1967 and 1988 and satellite images from 1989 and 2000. After georeferenced, the images were submitted to several techniques of digital processing, being applied synthesis techniques (dimensionality reduction) and emphasis of the information contained in the same ones, as: RGB colored compositions, index methods (NDWI), analysis for main components (PC's) and space frequency filtering (directional filters). Each one of the six spectral bands (1-5 and 7) of the Landsat 5-TM and 7-ETM+ were submitted to contrast modifications of the histogram (lineal and no lineal contrast transformations). Among the applied processes, NDWI and the colored composition RGB 432 showed better results to the identification of the interface sea / earth. The application of directional filters allowed to observe submerged features, as sandwaves and photolineaments; the last one also observed in the aerial photographs, with direction NE-SW, which infers the existence of a paleo-channel, cutting the Galinhos spit, suggesting ancient system of island barrier developing for the current spit. The results show a ciclicity of erosional and accretionary processes, as well as the progress of the field of coastal dunes, located in the end East, burying the mangrove vegetation and silting up the tidal channel.

Keywords - Remote sensing, coastal evolution, spit.

INTRODUÇÃO

Inserido numa paisagem costeira recente, a área em apreço é caracterizada pela complexidade de suas feições geomorfológicas, representada por praias, recifes, estuários, mangues, lagoas e dunas. O modelamento dessas feições é fruto de uma atuação conjunta de ondas, correntes costeiras e ventos, relacionados com as variações do nível do mar ocorridas durante o período Quaternário. O potencial cênico dessa paisagem, associado com a riqueza dos recursos naturais existentes, tem incentivado uma ocupação do solo acelerada, principalmente nos últimos anos. Podemos enfatizar a intensa atuação da atividade petrolífera, uma vez que Galinhos encontra-se na área de influência do Pólo Petrolífero de Guamaré/RN, bem como as atividades da indústria salineiras e mais recentemente a carcinocultura. Esse processo de desenvol-

vimento, não precedido de diagnóstico da capacidade de suporte desse espaço, juntamente com a falta de implantação de uma infra-estrutura de serviços básicos, pode gerar grandes problemas ambientais nesta região uma vez que se trata de um ambiente extremamente frágil.

Desta forma, inserido nos objetivos gerais do projeto “Monitoramento Ambiental de Áreas Costeiras sob Influência do Pólo Petrolífero de Guamaré (MAMBMARÉ), este trabalho consiste na análise das mudanças da linha de costa na região de Galinhos, ao longo das décadas de 1954 a 2000, uma vez que o processo de uso e ocupação (exploração de recursos naturais, minerais e ocupação urbana) vem se configurando de maneira rápida e desordenada. Os estudos foram realizados com base em produtos de sensoramento remoto, como fotografias aéreas verticais e imagens de satélite, empregados com sucesso

Em respeito ao meio ambiente, este número foi impresso em papel branqueado por processo parcialmente isento de cloro (ECF).

no mundo inteiro no estudo das mudanças históricas da linha de costa, pelo registro instantâneo de configurações situadas em escala temporal (Frihy, 1988; Lima *et al.*, 1993; White & El Asmar, 1999; Alves *et al.*, 2000; Maia & Cunha, 2000; Noernberg, 2000).

Localização da área

A área estudada encontra-se inserida no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil, cujas coordenadas são 799.333 – 809.623 mE e 9.434.805 – 9.438.315 mN, distando de Natal/RN, por via rodoviária, cerca de 174 km. Apresenta-se como um esporão arenoso *spit* de direção E-W com aproximadamente 10 km de extensão e largura média de 550 m, sendo limitada ao Norte pelo Oceano Atlântico, a Oeste pela foz do Rio Camurupim, ao Sul pelos canais de maré Catanduba, Pisa Sal, Tomás e Galinhos, estando ligada ao continente em sua porção Leste (Fig. 1).

Objetivos

O principal objetivo desta pesquisa foi à avaliação das mudanças da linha de costa entre os períodos de 1954 a 2000, com base em produtos de sensoriamento remoto (imagens digitais dos satélites Landsat 5-TM e 7-ETM+ e fotografias aéreas verticais) e processos costeiros.

Geologia e geomorfologia

A geologia do Município de Galinhos é composta por litotipos da Bacia Potiguar de idade mesozóica, que por sua vez repousam sobre um embasamento cristalino Pré-cambriano (Sousa, 1982). No trecho entre Galinhos e Caiçara foram identificadas, através de sondagens realizadas pela Petrobrás, as Formações Alagamar, Açú, Jandaíra, Macau, Guamaré e Tibau.

Os sedimentos terciários são constituídos por arenitos mal selecionados, semiconsolidados e de coloração avermelhados, correlacionados ao Grupo Barreiras (não aflorante na área), os quais encontram-se sobrepostas aos arenitos e/ou calcários da Bacia Potiguar.

Segundo Vilaça *et al.* (1991), afloram as seqüências sedimentares quaternárias representadas pelos depósitos pré-holocênicos e holocênicos de origem praias, eólicos, lacustres, estuários e fluviais que são responsáveis pelo modelado atual da península de Galinhos-RN.

Os depósitos holocênicos são representados por arenitos praias consolidados (*beachrocks*) e/ou inconsolidados, constituídos por sedimentos mal selecionados, gradando desde granulometria grossa a fina, cimentação carbonática e estrutura plano paralelo, indicando uma paleo-linha de praia. Os arenitos semiconsolidados são encontrados tanto nos terraços aflorantes nas bordas dos canais, compostos por areia que varia desde grossa a fina, com cimentação carbonática. São representados também pelos depósitos praias, eólicos, marinhos e estuarinos, onde a constante erosão e retrabalhamento da zona costeira dão origem as seguintes seqüências: areias praias mal selecionadas, na linha de praia; areia praias e eólicas, na zona de pós-praia, oriundas da remobilização do sedimento praias pela ação dos ventos; areias eólicas de granulometria fina a média que formam o relevo dunar em plena atividade no campo de dunas móveis; vasas arenosas orgânicas e/ou argilo-arenosas orgânicas, encontram-se localizadas entre o estuário e o mar, formadas por sedimentos finos associados às argilas orgânicas e silte (sedimentos de mangues).

A morfologia da Península de Galinhos é composta por planícies costeiras e superfície de aplainamento. Os compartimentos correspondentes à planície costeira são caracterizados por paisagens complexas originadas da integração de fatores climáticos, litológicos, tectônicos e da ação das correntes litorâneas. Nesses compartimentos são normalmente encontradas, as feições, como zona de estirâncio, recifes praias, planície de deflação, campos dunares e estuários.

A superfície de aplainamento corresponde às feições morfológicas formadas por justaposição de depósitos sedimentares os quais são evidenciados por inconformidades erosivas. Trata-se de uma forma de relevo relacionada com o sistema morfoclimático, originado em épocas de alternância climática do clima úmido para semi-árido, resultando em feições planas e onduladas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Para a execução deste trabalho foram utilizados:

- Folhas topográficas Jandaíra/RN (SB.24-X-D-III, 1985 – Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército – DSG) em escala de 1:100.000 e

Figura 1 - Localização geográfica da área estudada.

Guamaré (SB.24-X-D-III-1, 1990 – Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército – DSG) em escala 1:50.000;

– Fotografias aéreas verticais dos anos de 1954 em escala 1:40.000, 1967 em escala 1:70.000 e 1988

em escala 1:60.000, do acervo do setor de pesquisa ambiental da PETROBRAS/RN;

– Imagens digitais Landsat 5-TM e 7-ETM+, nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, correspondentes à órbita/ponto 215/64, de 02/08/1989 e 13/06/2000, respectivamente,

pertencentes ao acervo do Laboratório de Geoprocessamento do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN;

- Softwares ER – MAPPER v.6.2 (*Earth Resource Mapping pty Ltd*) e IDRISI v.32 Bit, ambos disponíveis no Laboratório de Geoprocessamento – PPGG da UFRN, Natal/RN;
- GPS (sistema de posicionamento global) do tipo *Garmim 12*.

Métodos

O procedimento adotado visou definir os métodos mais eficientes na identificação e delimitação da interface terra/mar para diferentes períodos (1954, 1967, 1988, 1989 e 2000) e produtos de sensoriamento remoto utilizados (fotografias aéreas verticais e imagens digitais orbitais), para se avaliar as mudanças históricas da linha de costa nas últimas décadas. Basicamente a metodologia adotada (Fig. 2) envolveu as seguintes etapas:

- *Pré-processamento*: digitalização das fotografias aéreas verticais, georreferenciamento e registro das fotografias aéreas verticais e imagens de satélite;
- *Processamento digital*:
 - Fotografias aéreas verticais – aumento não linear de contraste;
 - Imagens de satélite – aumento não linear de contraste, composição colorida em RGB, análise por principais componentes (PC's), método de índice (*Normalized Diferemce Water Index* – NDWI) e filtragem de frequência espacial (filtro direcional);
- *Etapas de campo para aquisição de coordenadas de pontos no terreno*;
- Vetorização da linha de costa para os diferentes períodos, integração dos dados e confecção da carta temática da evolução da linha de costa.

As etapas de pré-processamento e processamento digital de imagens e fotografias aéreas verticais foram realizadas no *software* ER-MAPPER e as etapas de mosaicagem, vetorização e integração dos dados foram realizadas no *software* IDRISI.

Pré-processamento

Imagens geradas por sensores remotos orbitais estão sujeitas a uma série de distorções espaciais (rota-

ção e curvatura da terra, variações de altitude, posição e velocidade da plataforma, entre outras), não possuindo, portanto, precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos, superfícies e fenômenos nelas representados (Crosta, 1992). Assim como as imagens geradas por sensores remotos orbitais, as fotografias aéreas verticais também apresentam distorções provocadas principalmente pela distorção radial. Desta forma é necessário aplicar correções que vão reorganizar estas informações em relação a um sistema de projeção cartográfica. Essas correções, chamadas de georreferenciamento ou correção geométrica, foram realizadas a partir da identificação de feições na imagem ou fotografia aérea vertical, que possuem um correspondente na carta topográfica, tornando possível saber as coordenadas dessas feições, segundo um sistema de coordenadas. Nesse trabalho, o georreferenciamento das imagens digitais do Landsat 5-TM, de 02/08/1989, e fotografias aéreas, de 1988, foram realizadas com base nas folhas topográficas Jandaíra/RN (SB.24-X-D-III, 1985) em escala de 1:100.000 e Guamaré/RN (SB.24-X-D-III-1, 1990) em escala 1:50.000, onde adotou-se o *datum* Córrego Alegre, a projeção UTM S 24 e, utilizou-se como pontos de controle do terreno (*GCPs*) as interseções entre estradas, estradas e caminhos, confluência de rios e quaisquer outros pontos de amarração confiáveis reconhecíveis, tanto nas folhas topográficas quanto nas fotografias aéreas verticais e imagens de satélite. Para melhorar a qualidade do georreferenciamento foram utilizados também pontos de controle no terreno adquiridos em campo com GPS.

A análise de mudanças temporais de elementos da superfície terrestre com emprego de fotografias aéreas verticais e imagens de satélite, exige uma maior precisão com relação ao posicionamento geográfico desses elementos nos produtos digitais utilizados. Esse procedimento denominado de registro, foi realizado com base na identificação de pontos de controle no terreno, de forma semelhante ao realizado no georreferenciamento usando *GCPs*, sendo que ao invés de registrar as coordenadas em pixel/linha de uma imagem às coordenadas de um mapa, registrou-se duas coordenadas do tipo pixel/linha entre si. Desta forma, a imagem de 2000 foi registrada com base na imagem de 1989, enquanto que as fotografias aéreas de 1954 e 1967 foram registradas com base nas fotografias aéreas verticais de 1988.

Processamento digital

As fotografias aéreas verticais, assim como cada uma das seis bandas espectrais não termais do

Landsat 5-TM e 7-ETM+, foram submetidas a técnicas de transformações não lineares do histograma (equalização), de maneira a favorecer o destaque visual da interface terra/mar. Essa técnica de realce de contraste, *contrast stretch*, através de uma transformação matemática, amplia o intervalo original para toda a escala de níveis de cinza ou números digitais disponíveis (Rosa & Brito, 1996), facilitando a análise posterior pelo fotointérprete.

Os filtros direcionais são um tipo especial de filtro passa altas, que possuem a característica de realçar bordas em direções pré-determinadas (Crosta, 1992). Neste trabalho o filtro que mostrou melhor resultado foi um filtro laplaciano de dimensão 5x5, aplicado à banda 1, para destacar lineamentos emersos e submersos com direção NE-SW.

A composição colorida é um dos produtos básicos do processamento digital de imagens, que con-

Figura 2 – Fluxograma da metodologia adotada

siste em associar três bandas espectrais num sistema de cores. No caso, foram empregadas as três cores aditivas R (*Red* = vermelho), G (*Green* = verde) e B (*Blue* = azul). Desta forma, variações nas respostas espectrais dos diversos materiais presentes na superfície da área em estudo, foram evidenciados por diferenças e contrastes entre cores e suas combinações conforme Alves (2001).

A análise por principais componentes (PC's) é uma técnica que aumenta o conteúdo de informação, isola componentes de ruído e reduz a dimensionalidade de conjuntos de dados. Quando combinadas ao sistema RGB podem favorecer a discriminação de alvos na superfície terrestres. Foram efetuadas análises por principais componentes nos dois conjuntos de imagens (Landsat 5-TM e 7-ETM+) e combinadas no sistema RGB (PC1, PC2 e PC3 associadas a RGB respectivamente).

O método de índice denominado *Normalized Difference Water Index* (NDWI) é um algoritmo que realça o limite terra/mar, onde se utiliza a radiação da faixa do infravermelho próximo (banda 4) refletido e a faixa do verde no espectro visível (banda 2).

$$NDWI = (banda\ 2 - banda\ 4) / (banda\ 2 + banda\ 4)$$

(Mc Feeters, 1996)

Etapas de campo

Durante a etapa de pré-processamento digital, foram realizadas etapas de campo com o intuito de adquirir coordenadas de pontos de controle no terreno para auxiliar no georreferenciamento das imagens digitais do Landsat 5-TM de 1989 e das fotografias aéreas verticais de 1988. A aquisição dessas coordenadas foi realizada com GPS do tipo *Garmim 12*.

Integração dos dados e confecção da carta temática

As imagens e fotografias aéreas verticais, após serem tratadas no software ER-MAPPER, foram importadas para o software IDRISI, onde as linhas de costa foram vetorizadas e integradas para geração da carta temática de evolução da linha de costa.

RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para melhor descrever os resultados obtidos nesta pesquisa, dividimos a área de estudo em cinco compartimentos (I – Farol; II – Galinhos; III – Coqueiral;

IV – Galos e V – Capim) onde ocorreram as maiores modificações. (Fig. 1).

I – Farol: as maiores modificações ocorreram nesta porção da área estudada. Entre os anos de 1954 e 1967, foi registrado um crescimento no sentido Leste – Oeste na ordem de 170 m; entre os anos de 1967 e 1988 também ocorreu crescimento de aproximadamente 48 m que corroboram com estudos de Lima *et al.* (1993); entre os anos de 1988 a 1989 ocorreu um balanço positivo no mesmo sentido de 16 m; entretanto num período de 11 anos, entre os anos de 1989 e 2000 o balanço sedimentar foi negativo mostrando uma erosão na ordem de 355 m (Fig. 3a), os resultados da evolução deste esporão arenoso indicam um crescimento no sentido Oeste, entre os anos de 1954 e 1989, e uma retração da linha de costa entre os anos de 1989 a 2000, evidenciando uma evolução cíclica para este ambiente. Vale salientar, que no local onde ocorreu a erosão, usando a composição colorida em RGB 432 da imagem de 2000 foi possível identificar bancos de areia submersos e o deslocamento da calha do canal. As fotografias aéreas verticais de 1967 também possibilitaram a identificação dos bancos de areia e da calha do canal, sugerindo um evento cíclico de deposição e erosão para esta região.

II – Galinhos: este compartimento foi subdividido em dois setores: setor Norte, que tem como limite o oceano Atlântico, e o setor Sul, que limita-se com o canal de maré. No setor Norte, foi observado que no ano de 1954 havia uma enseada mais pronunciada, da ordem de 100 m, em relação aos anos seguintes, não apresentaram mudanças significativas. No setor Sul, foi observado que no período entre 1954 e 2000 ocorreu uma erosão da ordem de 70 m (Fig. 3b). A demarcação destes limites nas fotografias aéreas verticais contou com dois fatores positivos, i) a possibilidade de análise estereoscópica e ii) a escala das mesmas. Nas imagens Landsat 5-TM e 7-ETM+, o fator positivo foi a possibilidade do uso de bandas multiespectrais onde a composição colorida em RGB 432NDWI proporcionou a melhor delimitação da interface terra/mar.

III – Coqueiral: neste compartimento o setor Norte (limitado com o oceano Atlântico) praticamente não foi alterado, ao contrário do setor Sul (limitado pelo canal de maré) onde ocorreram as mudanças mais significativas. Entre os anos de 1967 e 2000 o setor Sul apresentou uma erosão da ordem de 190 m (Fig. 3b), bem como um desenvolvimento de pequenos esporões, acentuado nas últimas décadas. Destaca-se que a utili-

Figura 3 - a) Compartimento I (Farol) ; b) Compartimentos II (Galinhos) e III (Coqueiral).

zação de filtros direcionais na banda 1 das imagens Landsat 7-ETM+ possibilitou a visualização, na porção submersa entre os compartimentos II e IV, da ocorrência de extensos lineamentos de direção NE e compondo estes lineamentos com feições de menor escala observou-se um conjunto de *sandwaves* com sentido aproximadamente de N-S. Estas, por sua vez apresentavam-se com direção perpendicular a das correntes de deriva litorânea que nesta região são de Leste para Oeste (Fig. 4). Usando este mesmo filtro foi observado lineamento no continente que aliado à observação de uma reentrância na porção Sul deste compartimento com a mesma direção NE sugerem inferir um paleocanal, cuja existência, consiste em uma das chaves para interpretação da evolução deste ambiente, que acredita-se ter evoluído de um antigo sistema de ilhas barreiras para a forma do esporão arenoso atual. Estudos desenvolvidos nesta área com Radar de Penetração no Solo – GPR confirmam esta interpretação (Xavier *et al.*, 2001).

IV – Galos: neste compartimento as mudanças mais significativas ocorreram no setor Sul, onde as maiores modificações ocorreram entre os anos de 1967 e 1989, que em termos quantitativos houve uma erosão de aproximadamente 120 m (Fig. 5a), principalmente devido à mudança na posição dos esporões.

V – Capim: neste compartimento o setor Norte não foi alterado enquanto no Setor Sul foi observado um soterramento da vegetação de mangue e um crescente assoreamento do canal de Galinhos, na ordem de 540 m entre os anos de 1954 e 2000 (Fig. 5b). A interpretação possibilitou a caracterização do campo de dunas móveis, do tipo barcana, e as imagens de satélite Landsat 5-TM e 7-ETM+, devido à visão sinóptica, contribuíram na delimitação deste campo de dunas por meio da composição colorida em RGB das principais componentes PC1, PC2 e PC3.

De acordo com os resultados obtidos, a metodologia adotada neste trabalho mostrou-se eficiente na confecção de carta temática multitemporal

Figura 4 - Imagem Landsat 7-ETM+ submetida ao filtro Laplaciano

Figura 5 - a) Compartimento IV (Galos); b) Compartimento V (Capim).

da evolução da linha de costa (Fig. 6). Outro aspecto importante foi a geração de imagem que possibilitaram interpretações fundamentais para o conhecimento da evolução deste ambiente com alta vulnerabilidade a modificações.

Os registros das linhas de costa nos períodos estudados evidenciaram que entre os compartimentos III e V as alterações foram mais significativas no limite com o canal de maré, enquanto o limite com o oceano praticamente não foi modificado. Além disso, ocorreu um crescimento do esporão arenoso de Galinhos, no sentido Oeste, a partir de 1954 até 1989, com aproximadamente 234 m e uma intensa erosão entre os períodos de 1989 e 2000, na ordem de 355 m, confirmando a hipótese que se trata de um evento cíclico. É importante ressaltar que este evento foi decorrente da ação de mecanismos naturais (ventos, ondas, correntes litorâneas, variações de maré). Entretanto estas modificações podem ser agravadas pela ação antrópica, caso não seja obedecido critérios de uso e ocupação adequado para este ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PPGG-UFRN pela infraestrutura e a ANP pela concessão de bolsas aos dois primeiros autores. Esta pesquisa faz parte da tese de doutorado do primeiro e autor e teve apoio financeiro dos Projetos MAMBMARÉ (CNPq/CTPETRO

proc. n.468045/00-7), PROBRAL 072/98 (CAPES/DAAD) e KÜSTENENTWICKLUNG AND KÜSTENDYNAMIK IN RIO GRANDE DO NORTE (GTZ/ DFG n. STA 401/7-2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, A.L. 2001. Cartografia temporal e análise geoambiental da dinâmica da foz do Rio Piranhas-Açu, região de Macau-RN, com base em imagens landsat 5-TM. Natal 88p. Dissertação de Mestrado em Geodinâmica e Geofísica do PPGG – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Alves, A.L.; Amaro, V.E. & Vital, H. 2000. Aplicação do Sensoriamento Remoto a Morfodinâmica Costeira do Litoral Setentrional do Estado do Rio Grande do Norte (NE Brasil). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRAIAS ARENOSAS, 1., 2000, Itajaí. Anais... Resumo expandido. Itajaí/SC, UNIVALI. p. 139-140.

Crosta, A.C. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas, IG/UNICAMP. 70p.

Frihy, O.E., 1988. Nile Delta shoreline changes. Aerial photographic study of a 28-year period. Journal of Coastal Research, 4: 597-606.

Lima, Z.M.C.; Amaro, V.E. & Silveira, I.M. da. 1993. O processo fotointerpretativo no monitoramento da evolução morfológica costeira da península de Galinhos (RN). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., Rio de Janeiro. Anais... Resumo expandido. Rio de Janeiro/RJ, SBC. v.2, p. 500-505.

Maia, L.P & Cunha, E.M.S. 2000. Evolução da Praia dos Artistas (Natal – RN) Por Análise Temporal de Fotografias Aéreas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRAIAS ARENOSAS, 1., 2000, Itajaí. Anais... Resumo expandido. Itajaí/SC, UNIVALI. p. 162-163.

Mc Feeters, S.K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 17 (7):1425-1432.

Noernberg, M.A. 2000. Monitoramento da Variação da Linha Praial no Balneário de Pontal do Sul/PR , Utilizando Imagens Multiespectrais Landsat-TM. In: In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRAIAS ARE-

Figura 6 - Carta temática da evolução da linha de costa do esporão arenoso de Galinhos/RN.

- NOSAS, I., 2000, Itajaí. **Anais...** Resumo expandido. Itajaí/SC, UNIVALI. p.105-106.
- Rosa, R. & Broto, J.L.S. 1996. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas**. Uberlândia/MG. 104p.
- Sousa, S.M. 1982. Atualização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., 1982. Salvador, **Anais...** Salvador/BA, SBG. v.5 p.2392-2406.
- Vilaça, J.G.; Cunha, E.M.S. & Silveira, I.M. da. 1991. Levantamento hidrogeológico do Município de Galinhos. In: CONGRESSO NOR-DESTINO DE ECOLOGIA, 4., 1991, Recife. **Anais...** Recife /PE, SNE. p. 56-59.
- White, K. & EL Asmar, H. 1999. Monitoring changing position of coastline using Thematic Mapper imagery, an exemple from the Nile Delta. **Geomorphology**, 29: 93-105.
- Xavier Neto, P.; Lima, Z.M.C.; Andrade, P.R.O.; Oliveira Jr., J.G.; Medeiros, W.E. & Vital, H. 2001. GPR image of the Galinhos Peninsula, NE Brazil: The register of a geologic evolution from a paleochanel to a sand spit? In: GPR IN SEDIMENTS AT THE GEOLOGICAL SOCIETY AND VCL, 1., 2001, London. **Resumo...** London. p. 40.