



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Variação da Linha de Costa na Região da Ilha dos Guarás – PA Através de Análise de Série Temporal de Imagens de Satélites

Luis Américo Conti¹, Marcelo Rodrigues²

¹Escola de Artes Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. Av. Arlindo Béttio, 1000 - São Paulo SP CEP: 03828-000 – email: lconti@usp.br

²Acquest Geologia e Geofísica Subaquática LTDA, Av Brás Cubas, 154 – Santos SP. CEP: 11013-162 – e-mail: mrodrigues@acquest.com.br

Artigo recebido em 23/10/2011 e aceito em 01/12/2011

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise da variação da linha de costa na região da Ilha dos Guarás, Município de Marituba-PA ao longo das últimas 3 décadas. Foi analisada uma seqüência de imagens de satélite de alta resolução da área e estabelecido um projeto em Sistema de Informações geográficas (SIG) visando a identificação e caracterização da linha de costa e estabelecendo padrões de mudanças. O caso estudado mostrou que ferramentas geoespaciais como o “*digital shoreline analyst*” (DAS) podem ser de grande importância na manipulação, análise e modelagem de dados costeiros, principalmente aplicados a estudos de conservação e monitoramento. A Ilha dos Guarás, em especial, apresentou um comportamento bastante peculiar com uma tendência de acreção nas porções laterais (Leste e Oeste) em oposição a uma tendência menos clara de erosão na porção central. Tais processos parecem ter sido mais determinantes na conformação da estrutura costeira da Ilha até o início da década de 2000 quando se tornou consideravelmente menos intenso.

Palavras Chave: Linha de costa, sensoriamento remoto, dinâmica costeira, modelagem

Coastline Changes Using Satellite Images time series in Guarás Island Region – Pará State, Brazil

ABSTRACT

This work analyzes the coastline changes in the Ilha dos Guarás, Para State, Brazil. A sequence high resolution satellite images from 1985 to 2011 of the areas were analyzed in order to develop a systematic Geographic Information Systems (GIS) approach for the identification and characterization of the shoreline characteristics and how they change over the time. The main goal of our work is the proposal of a unified database to incorporate both spectral and spatial data in a temporal GIS framework. The examples analyzed showed that geospatial tools such as the Digital Shoreline Analyst (DSA) used could become a powerful tool for handling and analyzed data focused on the environmental monitoring and the coastal protection and conservation. The Guarás Island showed a peculiar dynamic with two areas of intense accretion in the flanks of the island in opposition of the central portion of the island submitted to a unstable erosional process. These processes were more severe until the beginning of the 21th century when it became considerable less intense.

Keywords: Coastline, Remote Sensing, Coastal dynamics, shoreline modelling

1. Introdução

Segundo Cracknell (1999), o conhecimento da evolução da linha de costa é fundamental para uma completa abordagem de aspectos geológicos costeiros assim como

o estabelecimento de padrões da dinâmica costeira de médio e longo período. A quantificação e a caracterização da exata posição da linha de costa ao longo do tempo pode indicar padrões cíclicos ou recorrentes da relação entre aspectos continentais (aporte

* E-mail para correspondência: lconti@usp.br (Conti, L. A.).

de sedimentos, colonização da vegetação, posição das redes de drenagem) e marinhos (hidrodinâmica costeira). Tais mudanças podem ser desencadeadas por processos naturais ou antrópicos, através de eventos únicos, progressivos ou cíclicos em várias escalas temporais. Sua abrangência espacial é a resposta do meio à dimensão dos agentes atuantes e seus efeitos estabelecem o perfil resultante da costa durante sua prevalência (França, 2003; França & Souza Filho, 2003; Silva Junior & El-Robrini, 2001).

Mudanças de longo e de médio período correspondem a tendências que prevalecem por períodos de milhares de anos, envolvendo de forma geral movimentos crustais, evoluções naturais de vertentes e variações relativas no nível médio do mar. Esta última age condicionando fortemente a linha de costa através de suas fases de progradação e retrogradação costeira. Transformações de curto período ocorrem numa escala de tempo em que podem ser determinadas medidas com precisão. Nesse caso, as mudanças podem estar relacionadas aos padrões cíclicos de frequência e intensidade de tempestades, de alternância entre períodos úmidos e secos, de direção e intensidade dos ventos, de regime de ondas, de ocorrência de marés de sizígia, de transporte sedimentar e de balanço local de sedimentos (Nordstrom, 1980).

A análise de variações em linha de costa, desta forma, é fundamental na atribuição de responsabilidades aos fatores

que condicionam estas mudanças e na previsão das tendências evolutivas em um determinado segmento da costa. Dessa forma é possível avaliar os riscos geológicos e providenciar previsões rápidas de fenômenos naturais, caracterizando rapidamente seus efeitos, planejando previamente a mitigação dos impactos. Este procedimento permite avançar no conhecimento para utilização dos recursos econômicos e da implementação de obras de engenharia dentro do contexto ambiental, avaliando e interpretando as interações entre ocupação e qualidade de vida humana e os processos geológicos.

A Ilha dos Guarás (Mariteua) enquadra-se na RESEX (Reserva Extrativista) Mãe Grande de Curuçá, apresentada no decreto do dia 13 de dezembro de 2002 (D.O.U. de 16/12/2002) e localizada no Município de Curuçá, no Estado do Pará. Os documentos cartográficos oficiais apontam o nome dos Guarás (Mariteua) para a ilha, e suas pontas são conhecidas como: Tijoca (00° 33'44S e 47° 53'30W) e Romana (00° 34,5S e 47° 54,0W) (Mácola & El-Robrini, 2004). (Figura 1)

Estudos regionais na área mostram que durante os últimos 15 anos, a costa leste da Ilha de Marajó esteve sujeita predominantemente a processos de recuo da linha de costa. As áreas retrogradacionais variaram de 0,89 km² (1986/1995) para 0,381 km² (1995/1999) e 0,751 km² (1999/2001), enquanto que as áreas progradacionais totalizaram 0,214 km² (1986/1995), 0,321

km² (1995/1999) e 0,086 km² (1999/2001) (França & Souza Filho, 2003). Segundo os autores, as variações costeiras relacionadas a acreção da linha de costa estiveram associadas ao desenvolvimento de manguezais e praias-barreiras, enquanto que as relacionadas à erosão apresentaram formações de terraços lamosos, falésias costeiras e migração de depósitos de duna-praia sobre manguezais. Especificamente em relação à movimentação

da linha de costa, houve mudanças na linha limítrofe interna dos manguezais, em contato com a planície aluvial e com o planalto costeiro na costeira de Soure e Salvaterra. A mobilidade dos limites internos na direção da costa foi acompanhada provavelmente pela migração de depósitos continentais (planície aluvial com vegetação campestre) sobre ambientes de mangue.

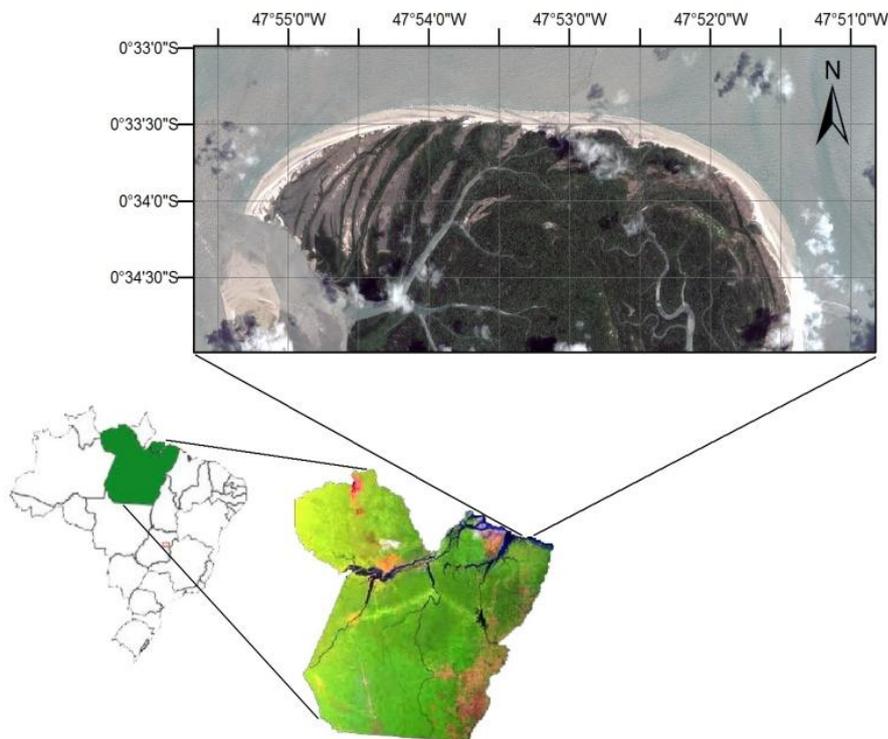


Figura 1. Localização da área de estudo

Já na costa ao redor do estuário do Rio Curuçá nos últimos 24 anos esteve sujeita a processos de recuo e avanço da linha de costa. As áreas retrogradacionais variaram de 2,1km² (1984/2001) para 6,868km² (2001/2004) e 1,928 km² (2004/2008), enquanto que as áreas progradacionais totalizaram 0,887 km² (1984/1999),

1,494km² (1999/2004) e 1,2 km² (2004/2008) (Rodrigues & Souza Filho, 2011). Segundo Souza Filho (2000), tais processos de acreção e erosão costeira são conseqüências de alterações no suprimento sedimentar e nos processos dinâmicos costeiros, e resultam na movimentação da linha de costa. Os processos acrescionais

estão relacionados a um maior aporte de areia e silte/argila retidos nos trechos mais protegidos do litoral, acarretando migração da linha de costa na direção do mar, permitindo, nos setores de sedimentação lamosa, a progradação da vegetação de mangues.

De uma forma geral, em cada local, a mudança na morfologia praial é impulsionada pela entrada de energia local a partir do vento, das ondas incidentes e das correntes, em associação com as elevações das marés. Isso resulta em uma assinatura hidrodinâmica específica para cada praia, e cada uma com sua estabilidade geomorfológica inerente. Seus reflexos também são condicionados pelas características granulométricas dos sedimentos que compõe o sistema praial, os quais são transportados de acordo com a competência dos agentes dinâmicos atuantes. O padrão temporal das forças pulsantes, especialmente em parâmetros de tempo e magnitude, é um elemento crucial que contribuem para o padrão e organização da morfologia costeira. (Krause & Soares, 2004; França & Souza Filho, 2006)

2. Material e Métodos

2.1. Processamento digital de Imagens

A realização de levantamentos em conceituais e técnicos. Em termos conceituais, a principal questão envolvida refere-se à própria definição de “linha de costa”: dentro de um contexto dinâmico de análise, tem sido usada a definição, mais ampla, de “*zona de linha de costa*” que compreende uma faixa

que se estende desde o limite extremo das baixa-mares equinociais de sizígia até o início da faixa colonizada por vegetação. Dentro desta área, é possível determinar uma série de “linhas de costa” cada uma definida por um critério e um método de extração e análise específico.

No caso de trabalhos envolvendo detecção de variações sazonais e supra-anuais de linha de costa a partir de imagens de sensores remotos multiespectrais, três procedimentos básicos têm sido propostos na literatura técnica para a determinação da sua posição (ver detalhes em Moore, 2000):

- A linha de contato água/solo (LCAS) – determinada, principalmente a partir de mascaramento da água por banda infravermelho próxima (e.g. banda TM4 do satélite Landsat). A determinação da LCAS é normalmente relativamente fácil e direta, possuindo a vantagem de trazer um baixo nível de subjetividade, uma vez que a energia eletromagnética é absorvida quase completamente pelos corpos d’água permitindo a extração da linha limítrofe a partir de métodos automáticos (máscaras). É, entretanto, o método de interpretação mais complexo, uma vez que depende 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.
- A linha de deixa (LD) (ou máximo de inundação em tempestades), normalmente

determinada a partir de bandas na faixa do vermelho (e.g. banda TM3 do Landsat). Talvez seja a definição mais direta e efetiva de linha de costa e bastante usada por indicar processos em detalhes e é potencialmente válida para determinar variações em processos sedimentares. Possui a dificuldade de ser de posicionamento muitas vezes subjetivo e não ser detectável em imagens de média resolução espacial (pixels maiores que de 10 metros).

- A linha de limite da vegetação (LV), normalmente é obtida através de análise visual de bandas pancromáticas, composições coloridas ou Componentes Principais. O LV é muito facilmente detectável embora não seja indicado para a observação de processos de curto e médio prazo (já que o período de colonização da vegetação tem de ser levado em conta), principalmente em episódios em que a acreção sedimentar nem sempre é seguida de colonização vegetal.



Figura 2. Exemplo de modelos de linha de costa. (LCAS – azul; LD – Vermelho e LV – amarelo)

No presente trabalho, as três linhas de costa foram extraídas a partir de métodos manuais (para o caso de LV e LD) e por mascaramento infravermelho (para LCAS), entretanto para as análises e interpretações geológicas foi utilizado o parâmetro LV pelas seguintes razões:

1. Tendo em vista que o objetivo fundamental do projeto é estabelecer padrões de variações de longo prazo (mais de 10 anos) a variação da vegetação tende a apresentar tendências mais robustas.
2. A região equatorial em questão promove uma rápida colonização vegetal das áreas

assoreadas, o que permite uma interpretação correta dos fenômenos.

3. Para as imagens mais antigas tratadas (i.e. 1973, 1984, 1987) não existem dados disponíveis de marés para a região o que compromete o uso de LCAS.
4. A área em questão mostrou uma dinâmica de variação muito grande em relação a eventuais equívocos dentro da zona de linha de costa.

A utilização da LV como base da análise implica, entretanto, na necessidade de cuidado na interpretação, uma vez que o comportamento da vegetação entre padrões

erosivos (mais direto) e acrescionais (dependendo do tempo de colonização) pode ser diferente.

Para a avaliação e posicionamento das linhas de costa, foram analisadas as imagens descritas na Tabela 1.

data de aquisição	hora de aquisição	satélite	sensor	resolução espacial (m)
1973-09-27	12:53	Landsat	MSS	80
1984-07-27	12:51	Landsat	TM	30
1987-06-18	12:47	Landsat	TM	30
1995-07-10	12:27	Landsat	TM	30
1999-07-21	13:00	Landsat	TM	30
2001-05-31	13:12	Landsat	ETM+	30/15
2004-09-04	13:06	Landsat	TM	30
2007-07-23	n/d	IKONOS	IKONOS	1
2007-06-01	n/d	QUICKBIRD	BGIS 2000	1
2008-11-22	13:46	CBERS	CCD	20
2009-07-29	n/d	GEOEYE	Geoeye-1	0,41
2011-06-09	12:31	WORLDVIEW2	WVII	0,46

Tabela 1. Imagens adquiridas e analisadas no trabalho

As imagens adquiridas foram submetidas aos seguintes procedimentos de correção e ajuste (processamento):

Fusão de Bandas – Uma vez que as imagens foram adquiridas banda a banda, foi necessária a sobreposição de todas as bandas em um mesmo arquivo GEOTIF, que permite o processamento posterior.

Georreferenciamento – As imagens foram convertidas para um sistema de coordenadas planas UTM (meridiano central 23 SUL) e, quando foi preciso, reprojatadas em datum WGS84.

Correção Geométrica – As imagens foram codificadas e correlacionadas espacialmente a partir de pontos de controle (PC) notáveis em todas as cenas. Tal processo foi prejudicado em parte, uma vez que a região possui poucos marcos reconhecíveis e de fácil detecção, de

modo que foi necessária a escolha de ao menos 14 PCs e uma correção polinomial de grau 1 (que tende a corrigir erros de posicionamento de PCs). As referências bibliográficas Itten & Meyere (1993) e Toutin (2004) são indicadas para explicações mais detalhadas sobre o método.

Corte das Cenas – As imagens Landsat e CBERS foram adquiridas em quadrantes, o que fez com que fosse necessário um corte da área de estudo. A base de referência foram os limites das imagens de alta resolução (GEOEYE, WORLDVIEW, QUICKBIRD e IKONOS – já adquiridas com limites estabelecidos).

Após a normalização e ajuste das cenas, as linhas de costa foram extraídas a partir dos seguintes métodos de processamento:

Realces e Composições – Para uma melhor

visualização das feições de interesse junto à linha de costa foram necessárias à aplicação de processos de aumentos de contrastes, composições coloridas em RGB e IHS e Transformadas espectrais (como PCA e Tassled Cap). Detalhes sobre processamento de imagens na caracterização de zona costeira podem ser obtidos em Boak & Turner (2005). Extração da LCAS por mascaramento com banda do IV Próximo.

Extração da LD e LV por digitalização manual

O grau de imprecisão do posicionamento da linha de costa foi determinado segundo parâmetros descritos na literatura. Para imagens Landsat – 1 pixel = 30 metros e para imagens de alta resolução = 5 metros (imprecisão mínima em imagens não ortoretificadas).

2.2. Análise estatística da variação da Linha de Costa e criação de Banco de dados Georreferenciado

Uma vez digitalizados os arquivos vetoriais multitemporais das linhas de costa para a região de estudo, foi criado um projeto no *software* Digital Shoreline Analysis (DSAS), aplicativo associado ao programa ARCGIS. O DSAS baseia-se na criação de parâmetros quantitativos da variação de linha de costa a partir da geração transectos ortogonais a uma linha de base determinada pelo usuário (*baseline*) com um espaçamento definido. Calculam-se então as taxas de mudanças através de métodos estatísticos distintos, que são convertidos em uma tabela

relacional de dados composta por uma série de parâmetros quantitativos, que expressam a taxa de variação horizontal da linha de costa determinada ao longo do tempo. Uma breve descrição dos principais parâmetros está a seguir:

SCE, ou *Shoreline Change Envelope* – descreve a distância entre os extremos das linhas de costa (recoo e avanço). Representa o movimento total da costa, não leva em consideração as datas. (SCE+ leva em consideração a imprecisão da linha).

NSM, ou *Net Shoreline Movement* – Mostra a distância entre as linhas de costa mais recentes e mais antigas (NSM+ leva em consideração a imprecisão da linha).

EPR, ou *End Point Rate* – determina a taxa de variação da costa por simples razão de distância por tempo das datas das linhas pela distância referida.

LRR, ou *Linear Regression Rate-of-Change* – Mostra uma regressão linear da taxa de variação entre a primeira e última linha de costa.

JKR, ou “método *Jackknife*” – calcula uma regressão linear entre todas as possíveis variações da linha de costa.

WRL, ou *Weighted Linear Regression* - calcula uma regressão entre as linhas de costa com peso associado às imprecisões de posição.

Dados complementares, referentes às informações batimétricas foram obtidos a partir da digitalização da Carta Náutica nº 313 (Canal do Espadarte e adjacências – Publicada

em 1960), baseada em levantamento realizado pela da DHN em 1959. Os dados foram georreferenciados a partir das imagens de satélites analisadas. Tais dados serviram como base para a geração de uma grade regular a partir de interpolação geoestatística através do método de krigagem.

3. Resultados e Discussões

O modelo de variação costeira baseou-se na elaboração e análise de transectos ortogonais às posições das linhas de costa. A elaboração de índices extraídos a partir da variação da costa sobre estes transectos através do programa DSAS permitiu a determinação de importantes considerações a respeito da dinâmica costeira e sedimentar na

área de estudo. Os principais aspectos a serem considerados a partir da análise da configuração das linhas de costa referem-se à presença de três padrões diferentes na conformação da ilha ao longo das últimas décadas como é possível observar na Figura 3: A grande variabilidade com tendência altamente acrescional na região ocidental da área de estudo, junto à Ponta da Romana, uma variação mais comedida, com tendências erosivas na porção central da ilha e uma nova área de acreção na porção Leste. A Figura 4 mostra tal característica graficamente: a dimensão de cada barra representa a taxa média da variação (acreção positivo/erosão negativo, em cada transecto NSM) ao longo de toda a área.

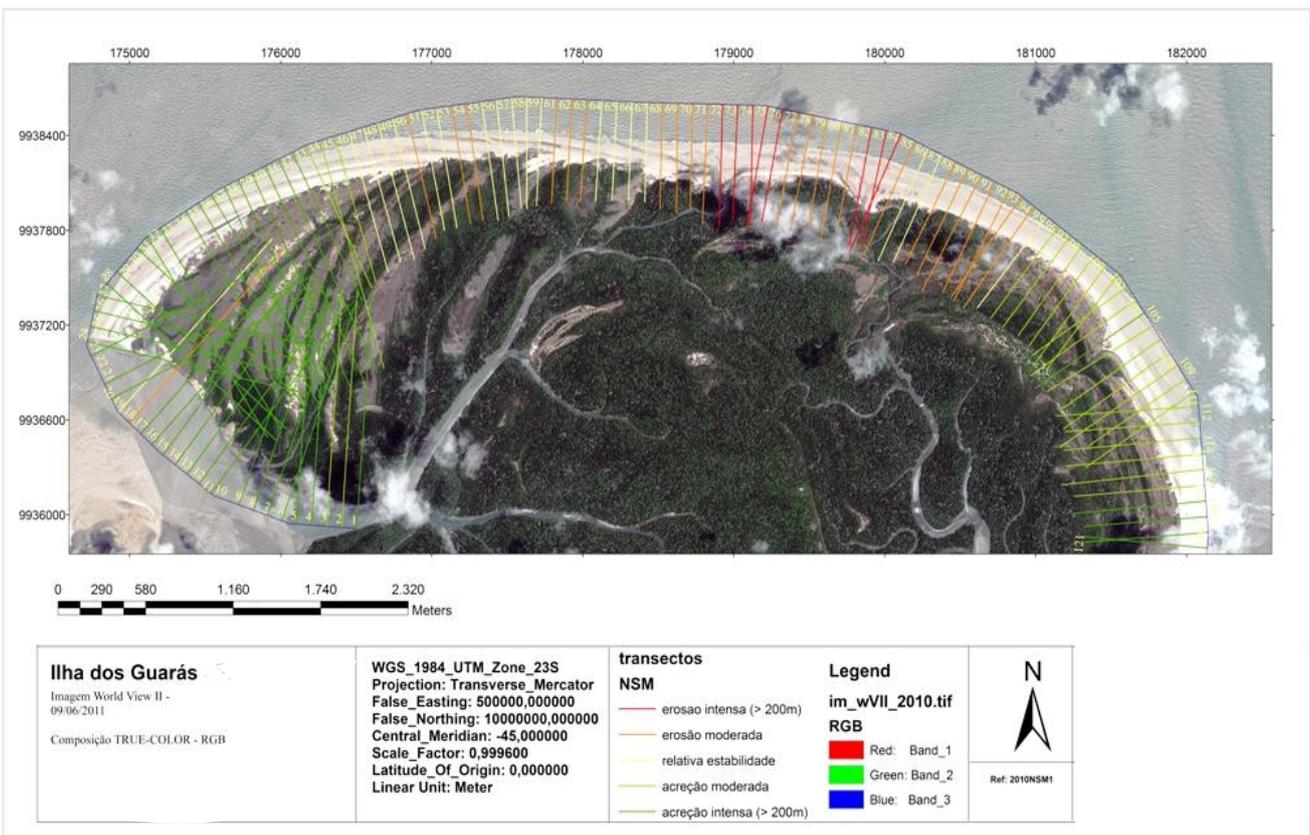


Figura 3. Mapa dos Transects gerados pelo modelo DSAS indicando áreas de erosão e acreção na Ilha dos Guarás

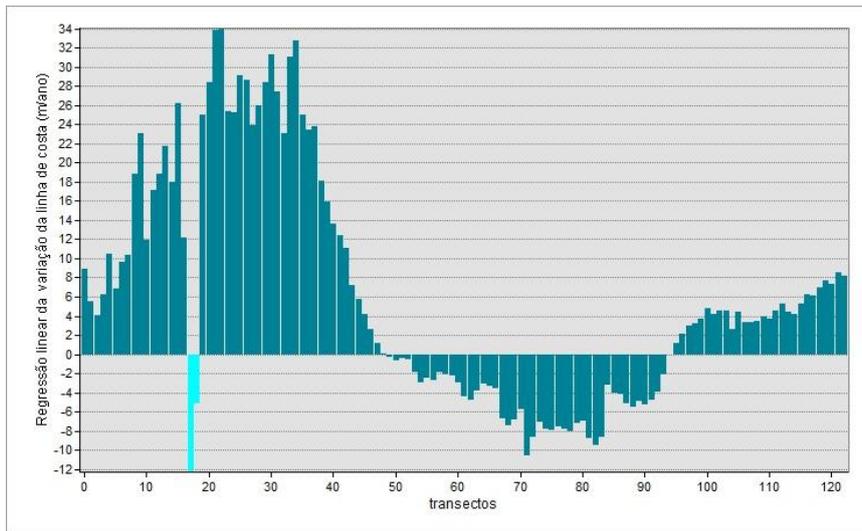


Figura 4. Regressão da variação da posição da linha de costa ao longo da área segundo método Jackknife. Os transectos destacados em azul claro representam imprecisões por conta do posicionamento relativo a linha de costa

Muito embora esta tendência seja realmente presente e claramente detectável a partir da seqüência de imagens, uma análise mais detalhada dos dados revela algumas peculiaridades importantes.

Na porção ocidental da ilha, na região da ponta da Ponta da Romana, os resultados mostram um avanço na linha de costa de até 1300 metros no período de 1973 até o presente, com uma taxa anual acumulada acima de 35 metros por ano no total, entretanto, tal dinâmica foi determinante entre os anos de 1973 e 1995, em que houve um intenso processo de acreção; a partir de então, aparentemente, houve uma desaceleração no processo, atingindo, a partir de 1999, certa estabilidade, mantida até o presente. A Figura 5 apresenta a posição de três transectos representativos desta área (id -11, 25, e 42). Os gráficos mostram a distância do ponto de intersecção das linhas de costa com cada transecto em que é possível observar a

relativa estabilidade da região da ponta da romana a partir de 1999, na direção destes vetores.

Os cordões litorâneos indicam mais claramente o comportamento de crescimento do corpo arenoso da porção ocidental da ilha. Embora só tenha sido possível analisar imagens com datas a partir de 1973, é razoável supor, com base nas análises realizadas, que os cordões em posições mais recuadas não devem ter idades muito superiores.

A porção central da ilha parece ter uma estrutura um pouco mais estável com a linha de costa variando de maneira menos drástica, entretanto, há uma diferença importante em relação à existência de uma tendência. Ao contrário da ponta da romana, a dinâmica não se deu segundo uma tendência positiva ao longo de todo o período estudado; houve, sim uma tendência inicial de assoreamento entre 1974 e 1987 seguido por

um processo erosivo observado entre 1987 e 2005 seguido por uma aparente estabilidade,

como é mostrado nos transectos típicos (id. 72, 80 e 90) apresentados na Figura 6.

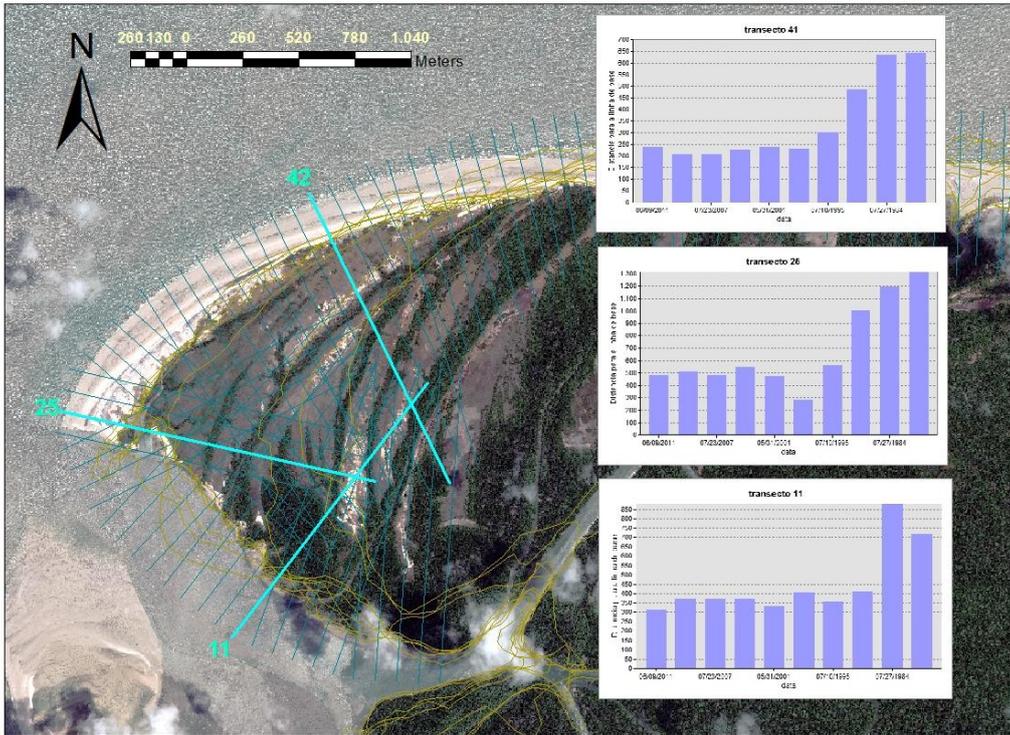


Figura 5. Transectos típicos do setor Oeste da área. Gráficos indicam variação da distancia das linhas de costa à linha de base (limites dos transectos)

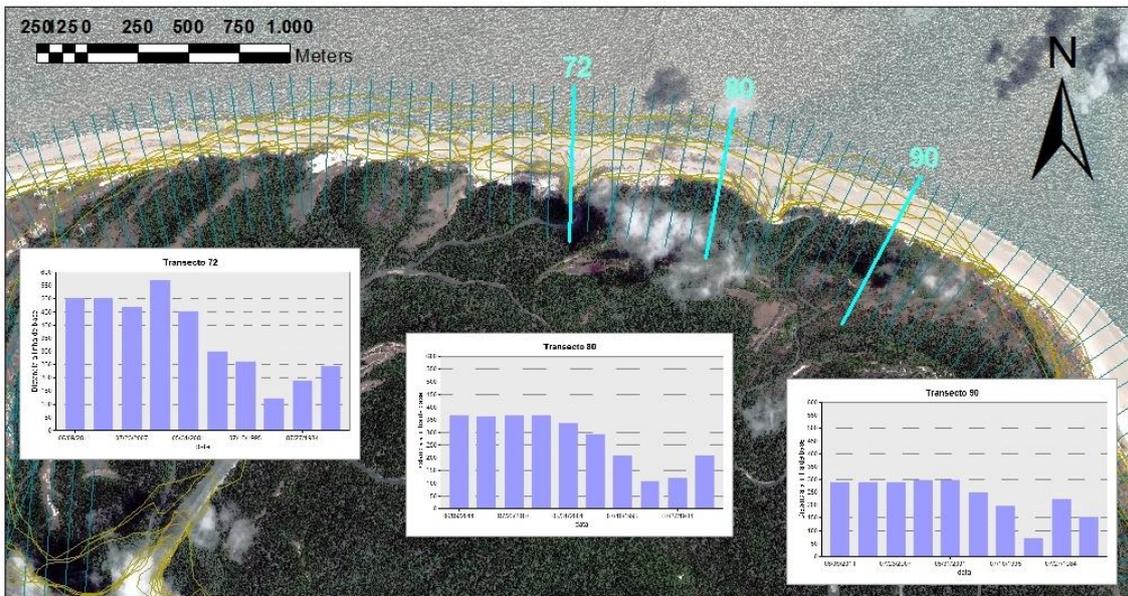


Figura 6. Transectos típicos do setor Central da área. Gráficos indicam variação da distância das linhas de costa à linha de base (limites dos transectos)

A porção oriental da Ilha tem visto um processo de progradação da linha de costa constante, embora menos intenso do que na

face oposta da ilha. A sequência de todas as imagens mostra um processo de acreção relativamente constante como é possível

quantificar a partir dos transectos típicos (id. 112, 117 e 121). É possível observar também, que esta é uma tendência mais claramente observável em transectos localizados mais ao sul. Tal qual os outros setores da Ilha há uma

certa tendência de estabilidade desde o período entre 1987 e 1995 em que as variações tornaram-se consideravelmente menos intensas (Figura 7).

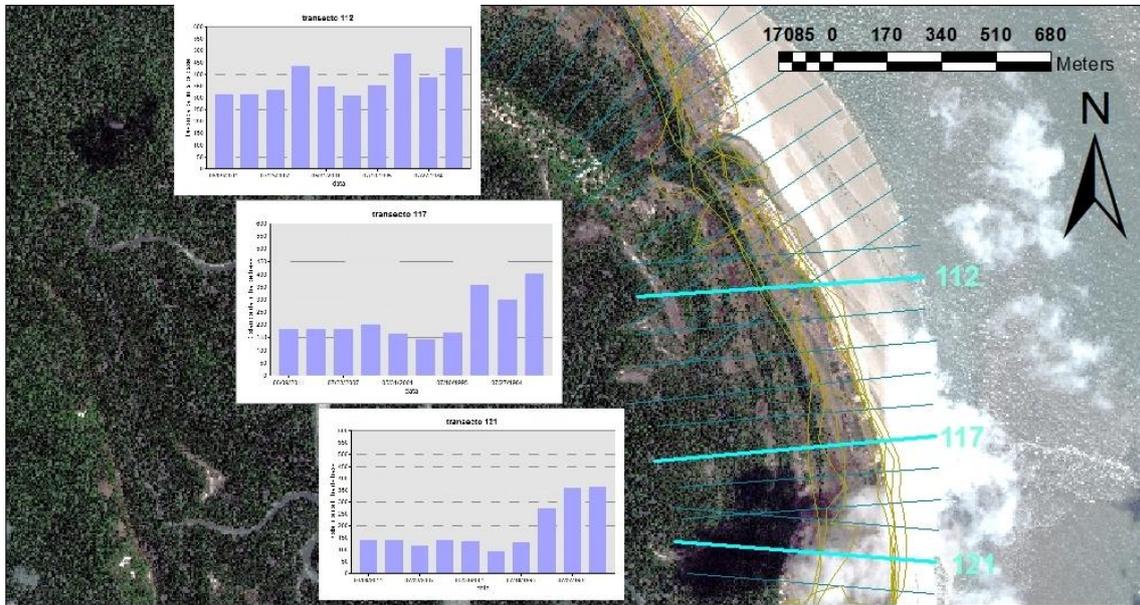


Figura 7. Transectos típicos do setor Leste da área. Gráficos indicam variação da distância das linhas de costa à linha de base (limites dos transectos)

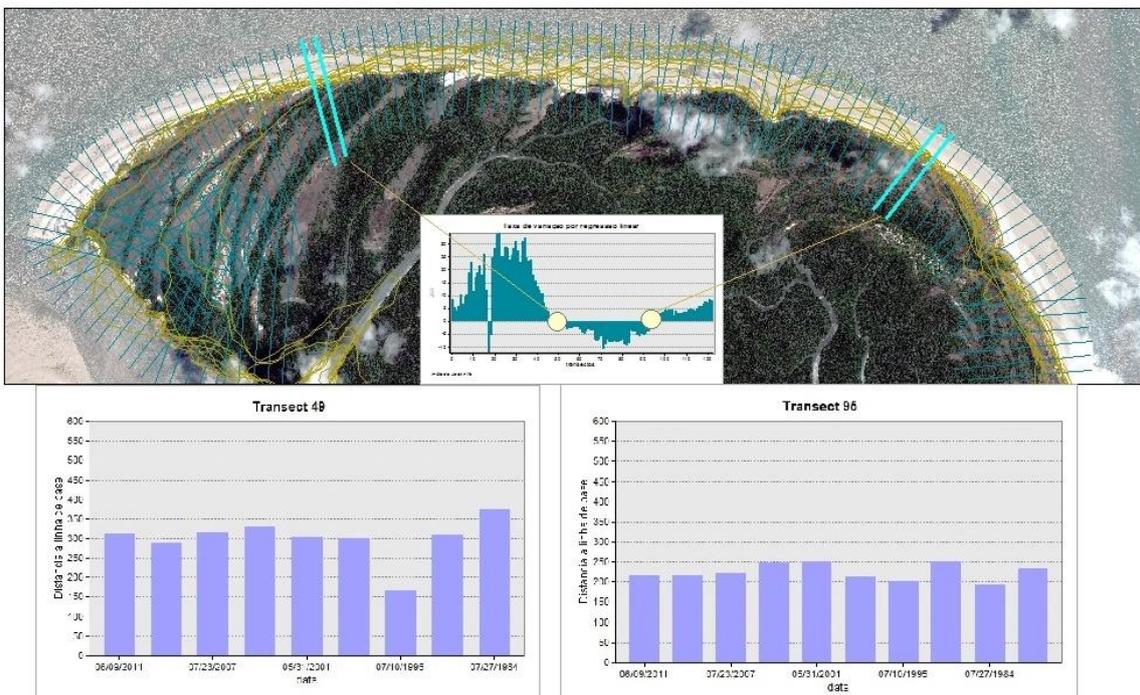


Figura 8. Áreas limítrofes entre as zonas de acreção e erosão. O gráfico central mostra a tendência de regressão linear de avanço/recuo da linha de costa e os gráficos inferiores mostram a variação da distância entre a linha de costa e a linha de base em cada imagem.

Em termos gerais, as faixas de limítrofes entre as zonas descritas (oeste, central e leste), mostram um comportamento bastante estável, se comparado ao contexto geral da área. Uma análise específica mostra que estas regiões estão localizadas entre os transectos 49 e 50 (entre as zonas Oeste e Central) e entre os transectos 95 e 96 (entre as zonas Central e Leste). A Figura 8 mostra tal

característica quantitativamente. Os gráficos de barras mostram que, nessas faixas, a variação de posição da linha de costa foi de pouco mais de 100 metros em contraponto com variações acima de 1000 metros em outras áreas. A Figura 9 mostra um detalhamento destas faixas estáveis na imagem de 2011.

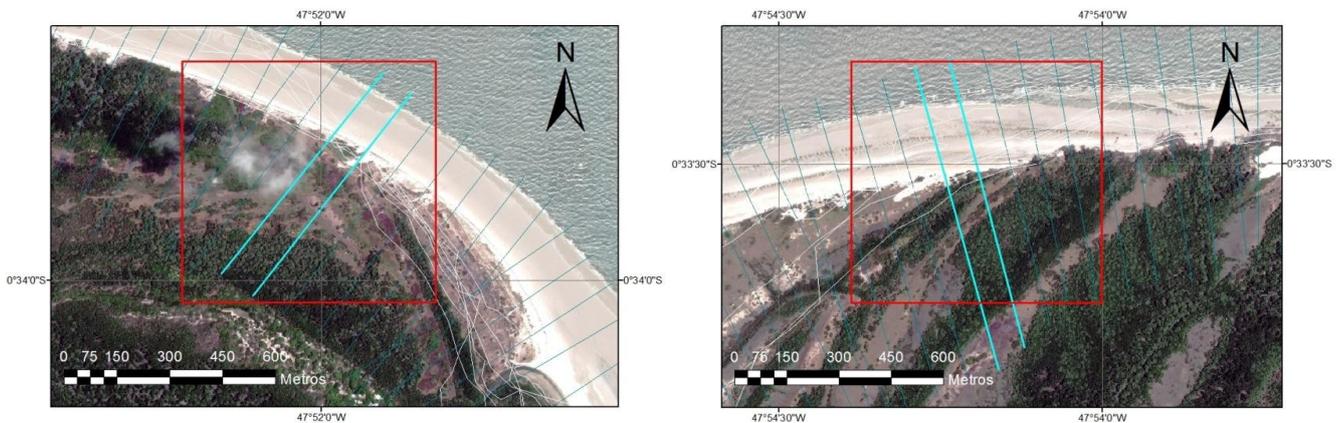


Figura 9. Posicionamento da área de maior estabilidade a) entre o setor Oeste e Central. B) entre o setor Central e Leste.

As análises batimétricas mostraram presença de um canal nas proximidades da face norte da Ilha. Esta feição apresenta largura média de aproximadamente três quilômetros na porção interna e tem, com aproximação máxima com a Ilha dos Guarás no segmento NW desta, onde faz um tangenciamento com o flanco sul do canal. Próximo a este segmento o canal apresenta profundidade máxima em torno de 20 metros, profundidade que aumenta à medida que se afasta em sentido da plataforma (Figura 11).

Dentro do contexto da carta náutica utilizada, a face norte da ilha dos Guarás está

inserida dentro de uma área de baixios, que controlam a atuação dos agentes dinâmicos que incidem sobre a sua costa, principalmente através do Banco das Agulhas. A exceção é o segmento descrito que está próximo ao canal, no qual a incidência de ondas e correntes de maré se faz de forma mais direta sem uma grande pista de dissipação prévia da energia componente.

Não foi possível encontrar outras informações atuais e detalhadas das características batimétricas da área, o que inviabiliza identificar possíveis variações na morfologia da superfície de fundo. Esta

análise pode ampliar as possibilidades de determinação da extensão das tendências de mudanças da linha de costa da ilha conforme

identificado no processamento digital das imagens de satélite. Esses eventos se refletem nos meios, emerso, de transição e submersos.

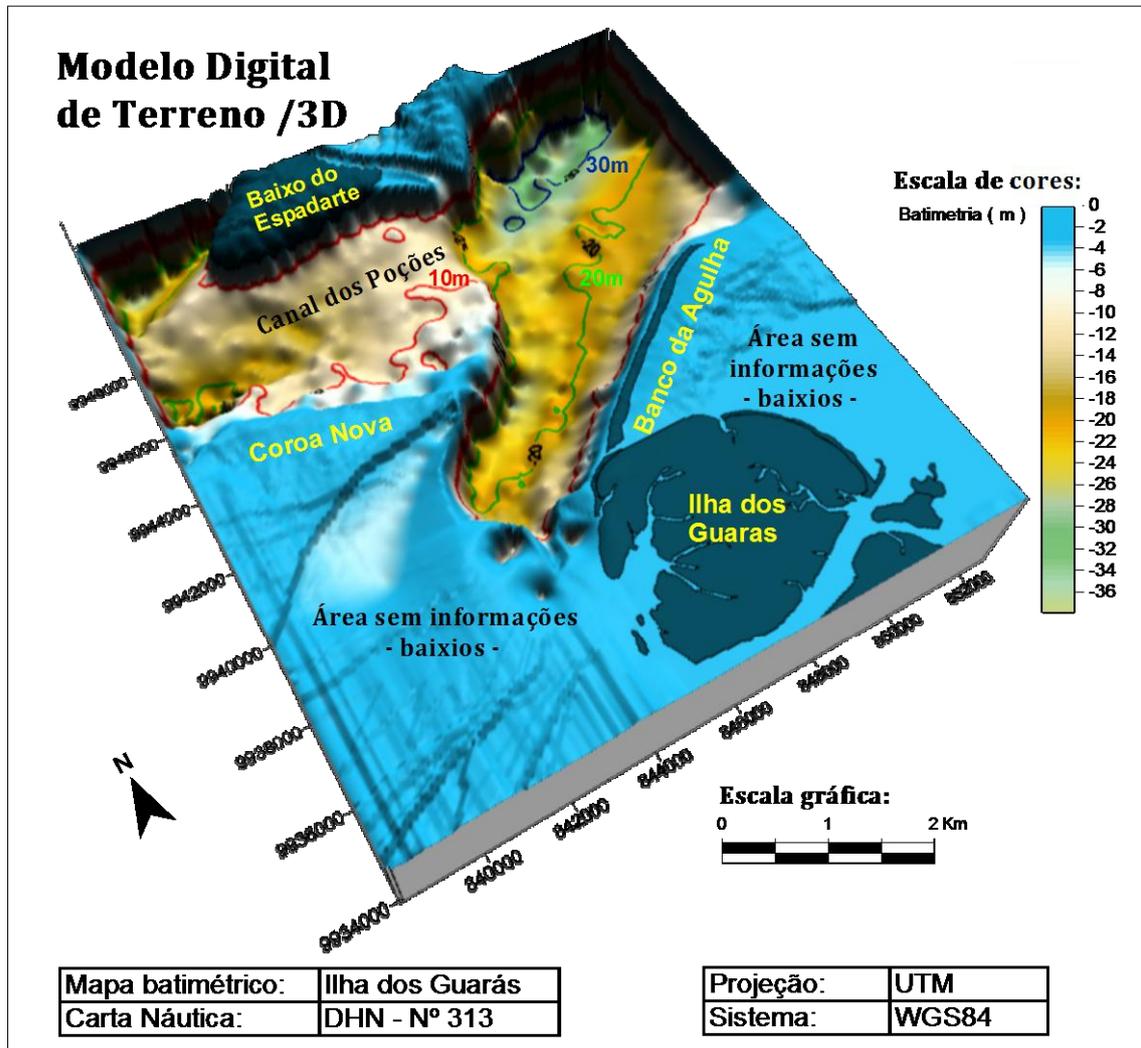


Figura 11. Modelo digital de terreno da plataforma continental da região adjacente a Ilha dos Guarás.

4. Conclusões

Medições e análises de séries seqüenciais de imagens de satélites permitem o estabelecimento de tendências baseadas em aspectos empíricos, relativos a evolução da linha de costa ao longo de um período de tempo restrito (de cobertura de dados por satélites). Eventos dinâmicos específicos, ao quais se devem atribuir a responsabilidade

predominante pelos processos erosivos e de acreção na linha de costa de curto e médio prazo devem se basear em estudos específicos de caracterização e monitoramento morfodinâmico, através de estudos geológicos e geofísicos de detalhe, tais como morfodinâmica praias, análise da tipologia sedimentar da superfície de fundo, batimetria de detalhe, sonografia de varredura lateral,

sísmica rasa e modelagem numérica.

Tais estudos permitem a geração de resultados mais completos e preditivos na determinação das variabilidades da topografia de fundo e estabelecimento de modelos de tendência de transporte de sedimentos. O presente trabalho aponta para o estabelecimento de tendências resultantes, baseadas nos momentos observados.

A vantagem geral deste método de análise e interpretação da evolução da morfologia costeira da Ilha dos Guarás deriva do fato de que, os dados disponíveis e os levantamentos e a serem realizados são anteriores a uma ocupação humana efetiva, o que fornece uma base natural de referência para o monitoramento da implementação de obras de engenharia e o controle das possíveis alterações decorrentes.

Os principais aspectos levantados, no que se refere ao comportamento da linha de costa na região da Ilha dos Guarás, município de Mariteua – PA desde 1973 até 2011 foram:

A área possui três setores distintos com regimes diversificados de evolução de linha de costa.

A) a porção da Ponta da Romana a oeste da área onde há uma forte tendência de progradacional,

B) a Região Central norte que mostra uma tendência erosiva, entretanto menos intensa e,

C) a porção oriental da ilha que aponta para um lento processo de progradação.

As áreas limítrofes entre estes setores são de localização relativamente constante e são as

áreas mais estáveis em termos de variação de linha de costa.

Os processos de progradação e retração da linha de costa parecem ter tido um ápice de intensidade entre os anos de 1973 e 1995, a partir de então, parecem ter sido menos intenso provocando uma diminuição nas taxas de acreção e erosão.

A conformação dos cordões litorâneos na porção oeste da área em conjunto com as evidências de forte dinâmica sedimentar, aponta para uma tendência de alta variabilidade e da existência de possíveis ciclos de progradação e recuo da ordem de dezenas de anos ao passo que a porção central e leste apresentam uma tendência mais estacionária.

A análise batimétrica mostrou a posição da Ilha dos Guarás e o canal submerso adjacente ao norte e, com a análise das imagens indicando a posição das áreas de maior estabilidade é possível avaliar os segmentos que podem ser utilizados como base de acesso às áreas navegáveis, com menor risco de alterações no equilíbrio sedimentar da área ou comprometimento na implementação de obras, e formarão a base para o desenvolvimento de estratégias de gestão a serem recomendadas na utilização adequada deste segmento da zona costeira do Pará.

5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a companhia Vale S.A. e a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) da Escola

Politécnica da Universidade de São Paulo que apoiaram esta pesquisa

6. Referencias Bibliográficas

- Boak, E.H. & Turner, I.L. (2005). Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21(4): 688 – 703.
- Cracknell, A.P. (1999). Remote sensing techniques in estuaries and coastal zone—an update. *International Journal of Remote Sensing* 19 3 (1999), pp. 485–496.
- França C.F. (2003). Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó (PA). Tese de doutorado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 144 pg.
- 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-Suplemento):127-136.
- França C.F. & Souza Filho, P.W.M. (2006). Compartimentação morfológica da margem leste da Ilha de Marajó: zona costeira dos municípios de Soure e Salvaterra – Estado do Pará. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 7, nº 1.
- Itten, K.I.; Meyer, P.; (1993). Geometric and radiometric correction of TM data of mountainous forested areas. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions* 31(4): 764-770.
- Krause, G & Soares, C. (2004). Analysis of beach morphodynamics on the Bragantian mangrove peninsula (Paraa, North Brazil) as pre-requisite for coastal zone management recommendations. *Geomorphology*, 60: 225 – 239.
- Mácola G. & El-Robrini, M. (2004). Ilha dos Guarás (Mariteua) - Município de Curuçá (NE do Pará): Aspectos físicos, meteorológicos. & oceanográficos. *Relatório Final. Executores: Cartografia, Hidrografia e Digitalização – CHD & Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros – GEMC. Financiador Cia Docas do Pára. 35pp.*
- Moore, L.J. (2000). Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Research*, 16(1), 111–124.
- Nordstrom K.F. (1980). Cyclic and seasonal beach response: a comparison of oceanside and bayside beaches. *Phys. Geography* (1-2):177-196.
- Rodrigues, S.W.P. & Souza Filho, P.W.M., (2011). Análise da variação da linha de costa a noroeste do Estado do Pará (Baía de Curuçá) através das imagens Landsat TM e ETM+ e CBERS 2B. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR (Anais). Curitiba, PR, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE. p.5061.

Silva Júnior, O.G. & El-Robrini, M. (2001). Morfoestratigrafia do noroeste da planície costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). *Rev. Bras. Oceanogr.*, 49(1/2):99-114.

Souza Filho P.W.M. (2000). Avaliação e aplicação de sensores remotos no estudo de ambientes costeiros tropicais úmidos,

Bragança, norte do Brasil. Tese de Doutorado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 236 p.

Toutin, T. (2004). Geometric processing of remote sensing images: Models, algorithms and methods, *International Journal of Remote Sensing*. 25 (10): 1893–1924.