

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA/LAGEMAR
Programa De Pós-Graduação Em Dinâmica Dos Oceanos E Da Terra

Fabio Rocha Lima

**Geotecnologias como ferramenta para análise da evolução morfológica do
esporão central da lagoa de Araruama-RJ**

NITERÓI – RJ

2020

FABIO ROCHA LIMA

**GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO
MORFOLÓGICA DO ESPORÃO CENTRAL DA LAGOA DE ARARUAMA-RJ.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra da Universidade Federal Fluminense, como requisito para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Hidrografia.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Baptista Neto

Co-orientador: Dr. Silvio Roberto de Oliveira Filho

NITERÓI – RJ

2020

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG
Gerada com informações fornecidas pelo autor

L732g Lima, Fabio Rocha
Geotecnologias como ferramenta para análise da evolução morfológica do esporão central da lagoa de Araruama-RJ / Fabio Rocha Lima ; José Antônio Baptista Neto, orientador ; Silvio Roberto de Oliveira Filho, coorientador. Niterói, 2020. 32 f. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPGDOT.2020.m.08448773799>

1. Geotecnologia ambiental. 2. Morfologia. 3. Esporão Lagunar. 4. Araruama (RJ). 5. Produção intelectual. I. Neto, José Antônio Baptista, orientador. II. Filho, Silvio Roberto de Oliveira, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências. IV. Título.

CDD -

Bibliotecário responsável: Sandra Lopes Coelho - CRB7/3389

FABIO LIMA

**GEOTECNOLOGIAS COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO
MORFOLÓGICA DO ESPORÃO CENTRAL DA LAGOA DE ARARUAMA-RJ.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra da Universidade Federal Fluminense, como requisito para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Hidrografia.

Aprovada em 16 de outubro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antônio Baptista Neto – Orientador

Universidade Federal Fluminense - UFF

Prof. Dr. Silvio Roberto de Oliveira Filho – Co-orientador

Universidade de São Paulo – USP

Prof^a. Dr^a. Angélica Carvalho Di Maio

Universidade Federal Fluminense - UFF

Dr. Daniel Medeiros Moreira

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

À minha família, aos meus filhos Maria Luisa e Matheus, minhas maiores riquezas e à minha esposa Denise pelo extraordinário apoio.

Aos meus pais, por toda dedicação em minha formação intelectual e pessoal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e à minha família por sempre estarem ao meu lado nos importantes momentos de minha vida, a minha esposa principal suporte para vencer esse desafio.

Ao professor Albano Ribeiro Alves pelo incentivo inicial, disponibilidade e ajuda durante todo período.

Ao meu orientador José Antônio Baptista Neto e ao co-orientador Silvio Roberto de Oliveira Filho pela orientação, apoio e ensinamentos passados.

Agradeço também à professora Angélica Carvalho Di Maio e a Daniel Medeiros Moreira, por aceitarem participar da banca de avaliação.

Agradeço a amiga de mestrado Maisa de Queiroz dos Santos, por percorrer este período de estudos com momentos de alegria e dúvidas.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra da Universidade Federal Fluminense e a secretaria.

A aluna de graduação da geografia Karina Costa De Almeida pela ajuda em campo e laboratório.

“Certo dia Jesus disse aos seus discípulos: ‘Vamos para o outro lado do lago’. Eles entraram num barco e partiram.

Enquanto navegavam, ele adormeceu. Abateu-se sobre o lago um forte vendaval, de modo que o barco estava sendo inundado, e eles corriam grande perigo.

Os discípulos foram acordá-lo, clamando: ‘Mestre, Mestre, vamos morrer!’

Ele se levantou e repreendeu o vento e a violência das águas; tudo se acalmou e ficou tranquilo.

‘Onde está a sua fé?’, perguntou ele aos seus discípulos.

Amedrontados e admirados, eles perguntaram uns aos outros: ‘Quem é este que até aos ventos e às águas dá ordens, e eles lhe obedecem?’ ”

Lc 8,22-25

RESUMO

A comparação do comportamento da feição linear, linha de costa, do esporão central da Lagoa de Araruama – RJ foi estudada através das técnicas de levantamento GNSS, no modo cinemático e por atividades de geoprocessamento.

A pretensão original pode ser resumida na condução de testes comparativos dos levantamentos, tomando-se observações em diferentes instantes de tempo de todo o contorno do esporão.

Por motivos que serão abordados e discutidos no corpo do trabalho, o ensaio não foi plenamente realizado. A espacialização do contorno realizado em 2006, sobreposta em uma imagem de satélite atual, permitiu verificar que na face oeste do esporão quase não houve alteração de sua forma, já no limite a leste foi percebida uma dinâmica significativa alterando o contorno do esporão.

O retorno ao local em outubro de 2019 para realização de novo levantamento cinemático confirmou a interpretação feita nas imagens de satélites com uma nova linha de contorno do esporão.

Palavras-chave: Lagoa de Araruama, transporte de sedimento, levantamento cinemático GNSS, geoprocessamento, esporões lagunares.

ABSTRACT

The parallel's conduct of the linear feature coast line central's spur of Lagoa de Araruama - RJ was studied through the GNSS survey techniques in kinematic mode and by geoprocessing activities. The original conceit can be summed up in the conduct of comparative tests and the surveys taking observations at different times of time of the entire spur contour. For reasons that will be addressed and discussed in the body of the work, the test was not fully carried out. The spatialization of the contour carried out in 2006, superimposed on a current satellite image, was allowed to verify that on the west face of the spur there was almost no change in its shape, since at the eastern limit was perceived a significant dynamics altering the contour of spur. The local return in October 2019 was studied in order to carry out a new cinematic survey that confirmed the interpretation made in the satellite images with a new contour line of the spur.

Keywords: Araruama Lagoon, sediment transport, cinematic GNSS survey, geoprocessing, lagoon spurs

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Lagoa de Araruama.....	12
Figura 2 - Mapa Geológico e Geomorfológico da Planície Costeira entre Saquarema e Arraial do Cabo realizado por Figueiredo (2012).	13
Figura 3 – Fluxograma mostrando o desenvolvimento da pesquisa.	14
Figura 4 – Foto da chegada na ponta do esporão.....	16
Figura 5 – Linha costa leste mapeada (linha vermelha) acompanhando o contorno da costa.....	17
Figura 6 – Linhas de medição de alteração da linha de costa.	18
Figura 7 – Divisão das áreas no entorno do esporão.....	19
Figura 8 – Linha de contorno de 2006 aderente a imagem atual.	20
Figura 9 – Erosão próxima a ponta do esporão, região 7.	21
Figura 10 – Depósito de sedimentos no contorno, regiões 11 e 12.	22
Figura 11 – Erosões identificadas, regiões 13 e 14.....	23
Figura 12 – Depósito de sedimentos logo após área de erosão, região 15.	23
Figura 13 – Identificação de erosão, região 15.	24
Figura 14 - Diferença em metros entre as linhas 2006 x 2019.....	26
Figura 15 - Simulação do transporte de sedimentos. Fonte: ALVES (2006).....	27
Figura 16 - Comportamento morfológico ao longo do esporão central da lagoa de Araruama dividido por áreas. A) Previsão proposta por ALVES, 2006 (modificada do autor). B) Evolução entre os anos de 2006 e 2019.....	28

Sumário

RESUMO	viii
ABSTRACT.....	ix
1. Introdução	10
2. Área de Estudo.....	11
3. Materiais e Métodos.....	14
4. Resultados e Discussão.....	19
4.1 Geoprocessamento e Análise espacial	19
4.2. Lado Oeste	19
4.3. Lado Leste	20
4.4. Identificação e quantificação das áreas	21
5. Conclusão	28
6. Referências Bibliográficas	29

1. Introdução

Geralmente, áreas costeiras e ambientes estuarinos possuem importante função no desenvolvimento socioeconômico das regiões de seu entorno. Atividades de pesca, lazer e turismo são as principais exploradas na maioria dos casos. Esses mesmos ambientes, também, servem de repositório e dissipadores de resíduos BERTUCCI (2016), pois muitos desses ambientes estão localizados em áreas com grande adensamento populacional (SOUZA et al., 2003; SILVA et al., 2008).

Os sistemas lagunares possuem tendência a serem induzidos pelas variações climáticas e ambientais, modificações hidrológicas e influências antropogênicas (LLORET et al. (2008); SILVA et al. (2012)). As variações de médio e curto prazo ocorrem devido, principalmente, às forçantes hidrodinâmicas, representadas por ondas, que são alteradas constantemente através das variações do tempo meteorológico, e marés, conduzidas de forma harmônica através da força gravitacional exercida pela Lua e pelo Sol. No entanto, as variações de marés em corpos lagunares, dependerão da massa d'água envolvida no processo, onde geralmente são negligenciáveis.

Os estudos iniciais, relativos às modificações morfológicas em sistemas lagunares, foram realizados por ZENKOVICH (1959). Que sugerem a contínua formação de esporões nas lagunas, pela variação espacial do fluxo de sedimentos, quando ondas oblíquas incidem sobre uma irregularidade da linha de costa. Os esporões são protuberâncias na linha de costa em forma de cúspides, formadas por material não coesivo. Estas feições geomorfológicas são comuns em lagunas de todo o mundo, e, no Brasil, os principais exemplos são aqueles encontrados na Lagoa dos Patos - RS e na Lagoa de Araruama – RJ (ALVES et al., 2006).

As feições geomorfológicas, conhecidas como esporões, fazem parte de um conjunto de formas, com diferentes graus de assimetria e razões de aspecto e apresentam características peculiares: tanto em relação ao caráter rítmico quanto

aos processos determinantes para sua origem e evolução. Aparecem em escalas espaciais desde alguns metros, até centenas de quilômetros e podem ocorrer tanto em mar aberto (*cusplate forelands*), quanto em corpos d'água restritos (*cusplate spits*). Algumas destas feições têm íntima ligação com o processo de segmentação de corpos d'água costeiros, tais como aquelas encontradas na Lagoa dos Patos - RS e na Lagoa de Araruama - RJ.

ALVES (2006) efetuou o cálculo de transporte residual potencial médio para um período de dois anos: determinando a variação da taxa de transporte litorâneo potencial denotando as tendências de retrogradação e progradação ao longo do contorno do esporão. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento cartográfico da linha de costa atual do esporão lagunar central da Lagoa de Araruama através do uso de geotecnologias (GNSS e SIG), imagem de satélite, identificando trechos de retrogradação e progradação, e compará-la ao modelo de evolução do esporão elaborado por Alves (2006), com a finalidade de validá-lo.

2. Área de Estudo

A Lagoa de Araruama (Figura 1), estende-se pelos municípios de Saquarema, Araruama, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Arraial do Cabo. É uma laguna hipersalina, com salinidade média de 60‰, segundo Accetta (1986). Possui cerca de 200 km² de área e profundidade média de 3 m, conforme descrito por Lessa (1991). É considerada um dos maiores ecossistemas lagunares hipersalinos em estado permanente do mundo (KJERFVE et al., 1996).

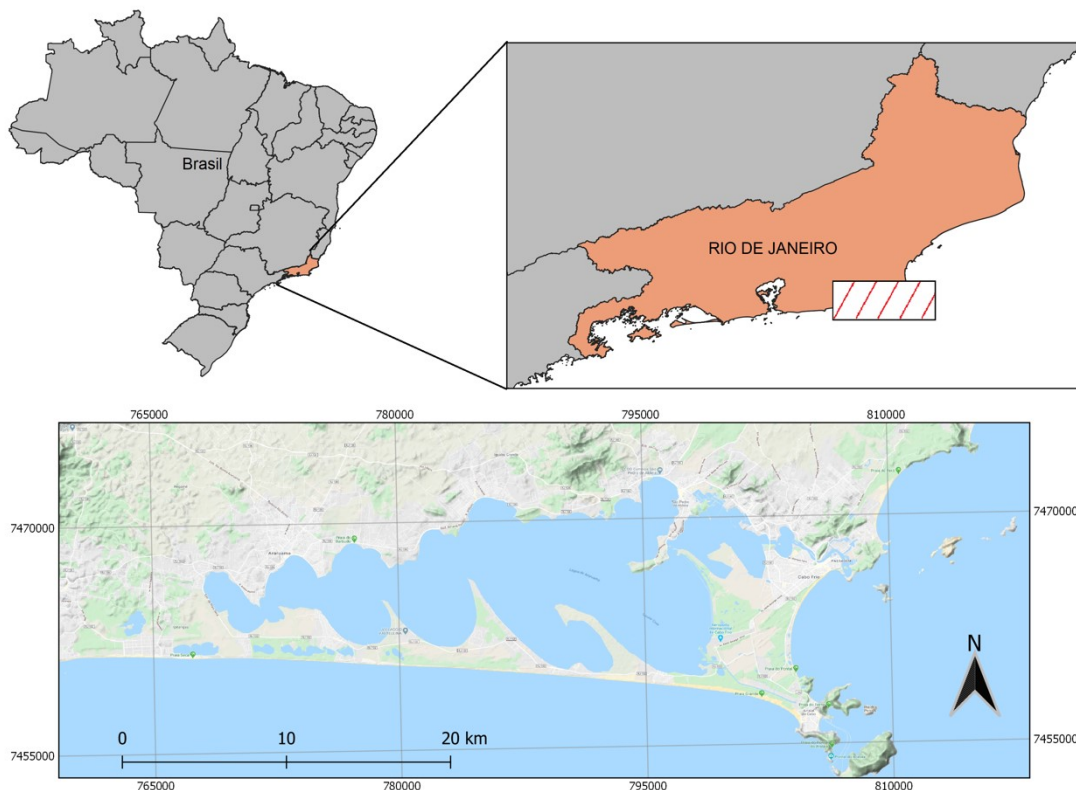


Figura 1 - Localização da Lagoa de Araruama.

Totalizando uma área de drenagem de 430 km², a lagoa de Araruama recebe contribuição de água e sedimentos de uma série de sub-bacias hidrográficas, destacando-se: o rio das Moças com uma área de 92 km² e o rio Mataruna com 47 km² de área drenada (HANSEN, 1993).

Por possuir um clima semiárido, com precipitação menor do que 1000 mm por ano (BARBIÉRE & COE-NETO, 1999), apresenta condições favoráveis à extração de sal, entretanto, esse tipo de atividade econômica encontra-se em decadência.

A lagoa de Araruama está situada no macrocompartimento Litoral dos Cordões Litorâneos (Muehe e Valentini, 1998) a oeste da ilha do Cabo Frio, ponto em que a linha de costa fluminense sofre uma brusca inflexão, passando a ter alinhamento estrutural de direção leste-oeste. Morfologicamente, esse trecho do litoral é caracterizado, de forma geral, como um sistema duplo de cordões

arenosos que truncam a lagoa de Araruama e são ainda separados, entre si, por depressões lagunares menores.

Muehe e Corrêa (1989) interpretaram que a gênese dos cordões litorâneos, neste macrocompartimento, provavelmente estaria associada à migração de barreiras costeiras em direção ao continente, em consonância com as variações positivas do nível do mar. Entretanto, devido à ausência de dados cronológicos, associaram a formação de duas barreiras: sendo uma interna, de idade pleistocênica e outra externa, associada ao Holoceno.

Mais especificamente em relação à barreira holocênica, Figueiredo (2012) realizou o mapeamento geomorfológico na planície costeira entre Saquarema e Arraial do Cabo. A partir de detalhes morfológicos, constatou sensíveis diferenças entre a fisiografia da barreira a oeste e a leste (Figura 1). No setor oeste, a barreira costeira holocênica apresenta uma contínua deposição de sedimentos eólicos, agradados sobre depósitos praias. Ao passo que no extremo leste a barreira se caracteriza morfologicamente por dunas frontais e depressões.

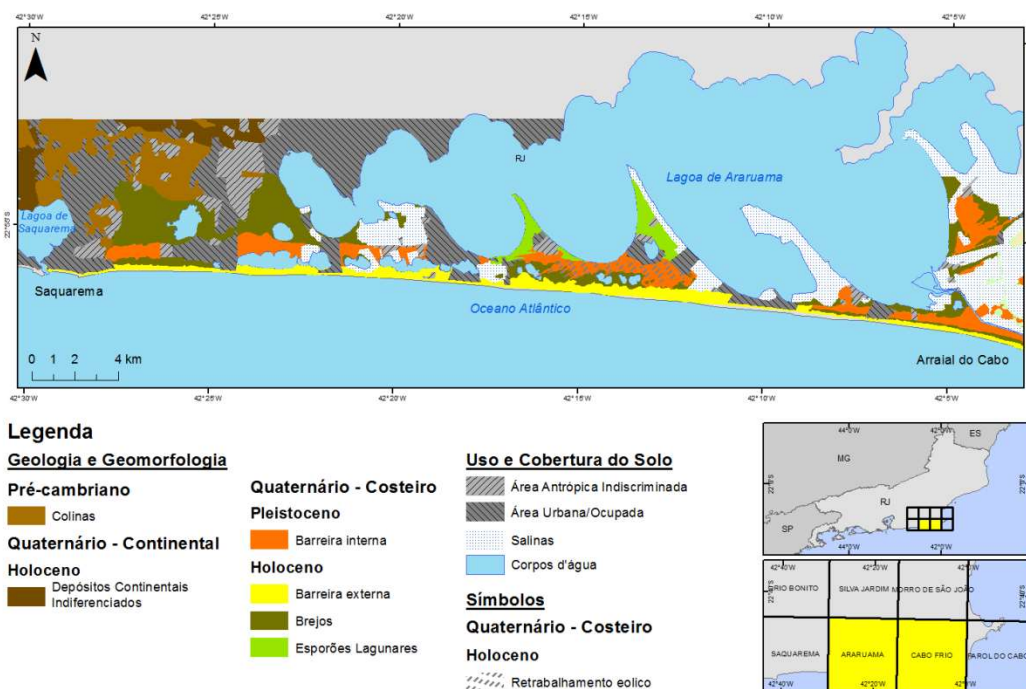


Figura 2 - Mapa Geológico e Geomorfológico da Planície Costeira entre Saquarema e Arraial do Cabo realizado por Figueiredo (2012).

3. Materiais e Métodos

O trabalho foi executado em etapas conforme o fluxograma apresentado na figura 3, contendo um resumo das etapas metodológicas adotadas.

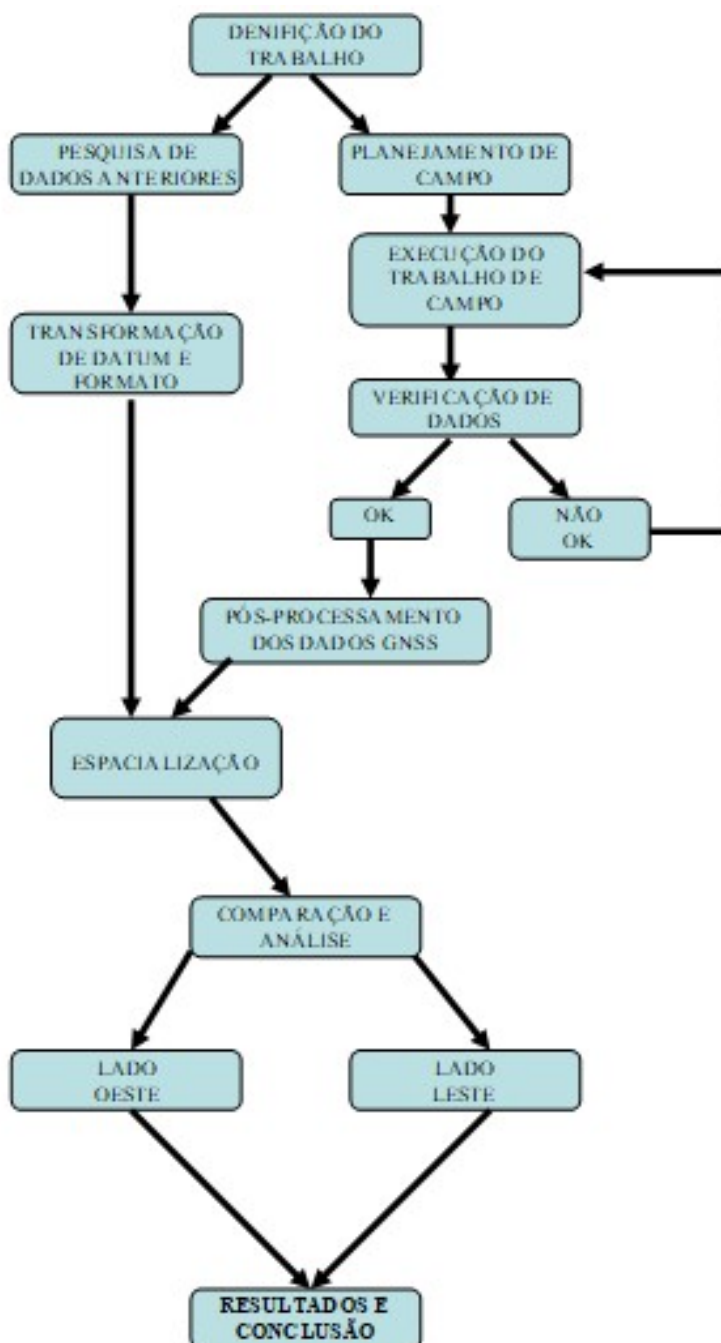


Figura 3 – Fluxograma mostrando o desenvolvimento da pesquisa.

As atividades desempenhadas nesse trabalho só foram possíveis a partir do tratamento do conjunto de dados quem integraram esse trabalho. Desde a coleta, armazenamento, tratamento e análise dos dados, para resultar informações integradas em um ambiente computacional adequado. Esse grupo de atividades é chamado geotecnologias.

As geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia georeferenciada. (ROSA, 2011).

A linha de costa do esporão lagunar central de Araruama, utilizada como base corresponde ao ano de 2006, a mesma utilizada por Alves (2006), disponibilizada pelo autor. Os dados de 2006 foram transformados a partir do formato DXF, um arquivo digital do tipo CAD. Esse arquivo digital se encontrava referenciado ao sistema geodésico de referência SAD-69, e foi transformado para o formato digital do tipo *shapefile*, utilizando SIRGAS2000 como sistema geodésico de referência, para processamento junto ao programa QGIS 3.12.

Para aquisição de dados atuais, foram utilizados equipamentos GNSS de dupla frequência, modelo GTR-G2, do fabricante TechGeo. O levantamento de campo foi realizado através do método relativo, em modo cinemático. Para isso, um receptor denominado de base, permaneceu estático sobre um ponto no Clube da Aeronáutica - Sede Lacustre Figueira. Esse local serviu de ponto de referência para as correções dos dados do segundo receptor GNSS, obtidos em modo cinemático. O primeiro levantamento foi realizado no dia 17 de outubro de 2019, onde toda a linha de costa voltada para leste foi mapeada (Figura 4).



Figura 4 – Foto da chegada na ponta do esporão.

O pós-processamento dos dados da base foi realizado através da ferramenta PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) disponibilizada em seu site.

Para o pós-processamento dos dados cinemáticos levantados em campo, foi utilizado o programa GTR Processor, utilizando como referência o arquivo base processado através de PPP. Para interpretação de imagem e plotagem das feições lineares, foi utilizado o programa QGIS 3.12.

O segundo levantamento foi realizado no dia 29 de janeiro de 2020, utilizando o mesmo método de levantamento, entretanto, devido à falha do receptor GNSS, os dados tiveram de ser descartados. Devido às constantes más condições de tempo meteorológico, o contorno oeste da linha de costa foi adquirido a partir de imagens orbitais, utilizadas no programa Google Earth Pro. Para a validação planimétrica da imagem utilizada, foi verificada sua aderência junto ao levantamento de campo realizado em 2019. As imagens do programa Google Earth Pro apresentaram excelente acurácia em relação ao contorno da linha costa leste (obtida *in situ*), como mostra a figura 5.



Figura 5 – Linha costa leste mapeada (linha vermelha) acompanhando o contorno da costa.

Após a obtenção da linha de costa, completa, do esporão lagunar central da lagoa de Araruama, esta foi comparada a linha costa mapeada por Alves (2006). Para isso, as duas linhas de costas de anos diferentes (2006 e 2019) foram sobrepostas, com o intuito de visualizar áreas de retrogradação e de progradação da linha de costa. A mensuração foi realizada através da criação de linhas perpendiculares às linhas de costa e posterior medição do comprimento dessas linhas, conforme figura 6.

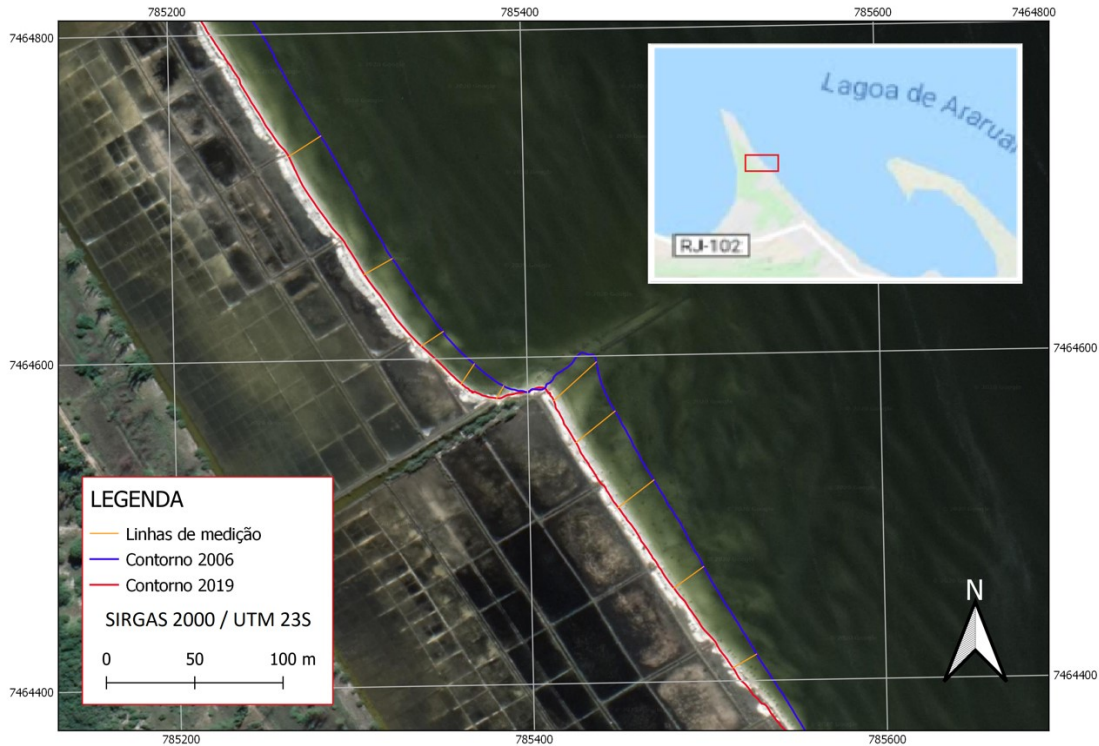


Figura 6 – Linhas de medição de alteração da linha de costa.

Após a aferição dos pontos de retrogradação e progradação, através de linhas perpendiculares a linha de costa, os trechos foram comparados aos trechos apontados por Alves (2006) como áreas propícias ao retrabalhamento sedimentar em decorrência de correntes hidrodinâmicas. Como foram geradas várias linhas perpendiculares, entre a linha de costa de 2006 e a atual, a comparação foi realizada a partir de áreas (Figura 7), onde foi calculada, através de estatística, a média das distâncias das linhas perpendiculares dentro de cada área. Dessa forma, foi elaborado um gráfico das variações da linha de costa por áreas, utilizando as mesmas regiões referenciadas por Alves (2006), para identificação de áreas de retrogradação e progradação. Apesar do autor não estimar valores métricos, ele identifica áreas propícias a estes processos, utilizando valores de transporte de sedimentos a partir de simulação hidrodinâmica. Dessa forma, a comparação aqui realizada, indica os locais onde o modelo de evolução do esporão lagunar foi assertivo nas estimativas de áreas propícias a retrogradação e progradação.



Figura 7 – Divisão das áreas no entorno do esporão.

4. Resultados e Discussão

4.1 Geoprocessamento e Análise espacial

Devido a diferença do método de aquisição da linha de costa, em decorrência da perda dos dados do levantamento de campo do lado oeste, (conforme apresentado no tópico materiais e métodos) as análises foram divididas em dois subtópicos, sendo o lado oeste e o lado leste.

4.2. Lado Oeste

A análise do caminhamento realizado por Alves (2006), sobreposta nas imagens de alta resolução disponibilizadas pela empresa Google (utilizando a ferramenta Quick Map Service dentro do programa QGIS 13), indicou que não ocorreram mudanças significativas no formato do contorno oeste do esporão

central da lagoa de Araruama, ou seja, o contorno da feição levantado em 2006 está compatível com a feição atual (Figura 8).

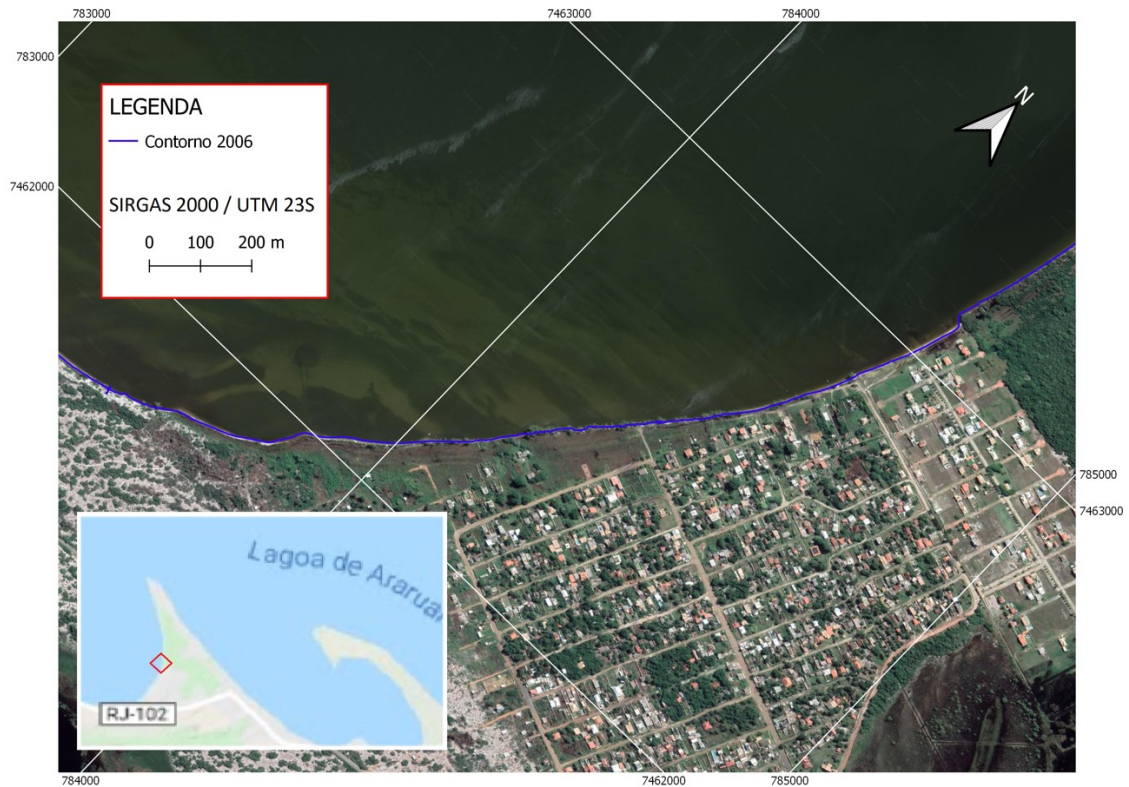


Figura 8 – Linha de contorno de 2006 aderente a imagem atual.

4.3. Lado Leste

As modificações percebidas na comparação entre as linhas de costa de 2006 e 2019 foram identificadas (Figuras 9, 10, 11, 12 e 13) e quantificadas (Figura 14). Percebeu-se que ocorreram erosões significativas em algumas áreas do contorno do lado leste do esporão e também um reagrupamento dos sedimentos retrabalhados pela erosão, identificados na maior parte da área 11 e toda área 12 (Figura 10) e em menor dimensão nas áreas 14 e 15 (Figura 12). Isto é, redesenhando um novo trajeto da linha de costa, causado pela dinâmica dos sedimentos em decorrência dos processos hidrodinâmicos.

4.4. Identificação e quantificação das áreas

Todas as variações encontradas na área 7 foram de retrogradação. O menor valor medido foi de 4,66 metros e o maior de 40,89 metros de recuo, com média de 20 metros negativos (Figura 9).



Figura 9 – Erosão próxima a ponta do esporão, região 7.

Com saldo positivo, o intervalo entre as áreas 11 e 12, teve média de progradação de 2,22 metros de avanço com valor mínimo de 1,46 metros negativos e 7,85 metros para o maior valor de progradação (Figura 10).

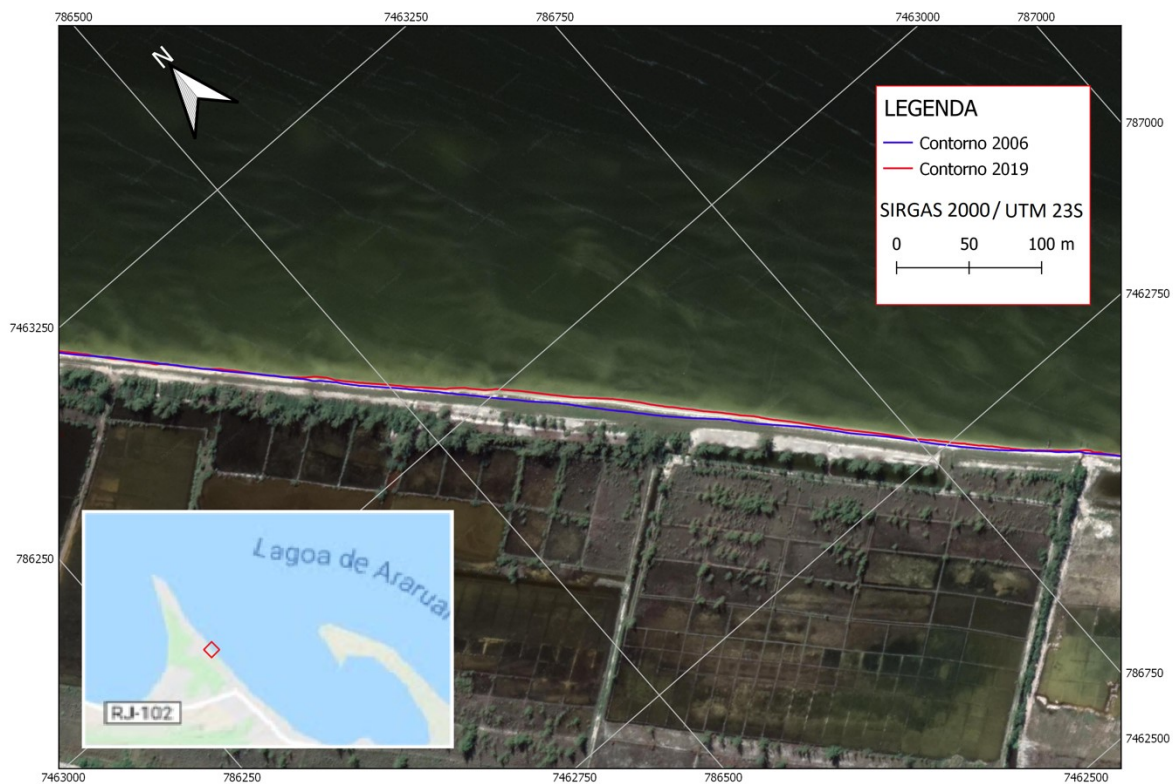


Figura 10 – Depósito de sedimentos no contorno, regiões 11 e 12.

A média entre as áreas 13 e 14 foi de 6,35 metros negativos indicando erosão, o maior valor de retrogradação foi de 19,20 metros, o valor oposto foi de 3,67 metros de progradação (Figura 11).

O comportamento médio observado na área 15 foi praticamente constante, apresentando uma média de 78 centímetros negativos de variação, o maior valor de progradação foi de 2,90 metros (Figura 12), confrontando os 8,96 metros de retrogradação (Figura 13).



Figura 11 – Erosões identificadas, regiões 13 e 14.



Figura 12 – Depósito de sedimentos logo após área de erosão, região 15.



Figura 13 – Identificação de erosão, região 15.

A figura 14 apresenta os valores de todos os transectos perpendiculares a linha de costa de 2006 e de 2019, separadas pelas áreas. As áreas 7, 8, 9, 10 e 13 foram as áreas onde apresentaram sensíveis taxas de retrogradação. Dentre essas áreas, a área 7 se destaca com o maior valor de recuo apresentado, de mais de 40 metros de retrogradação, mostrando a alta variação morfodinâmica apresentada pela ponta do esporão lagunar.

Segundo Zenkovitch (1959) e posteriormente Ashton (2001), o ângulo entre a linha de costa e a direção em que as ondas chegam à praia, define como será o comportamento morfológico no litoral. Ondas do tipo difusivas, contribuem para o desaparecimento do esporão. Ao contrário das ondas antidifusivas, que favorecem o surgimento e crescimento do esporão. O esporão central da lagoa de Araruama está orientado, quase totalmente para norte. E o contorno da face leste, possui uma variação sinuosa, desde a base até a ponta do esporão. Essa variação provoca resultados diferentes na formação de contorno, causada pelo trabalho dos

sedimentos, que eclodiram a erosão na ponta do esporão. Esse comportamento foi previsto por Alves (2006) e apresentado na simulação de transporte de sedimentos, figura 15.

Em relação às áreas 11, 12, 14 e 15, estas, apesar de apresentarem taxas de retrogradação, apresentaram também valores de progradação da linha de costa. Apesar de se estenderem por uma grande distância, ainda representam resultados pouco expressivos, uma vez que os maiores valores de progradação foram de aproximadamente 8 metros na área 12 e 4 metros na área 14.

A diferença entre a direção de chegada das ondas e a direção da linha de costa, define um ângulo que pode ser favorável ao aparecimento dos esporões, assim como seu crescimento e manutenção (Ashton, 2001). Esse ângulo possui um valor crítico, em torno de 45 graus, em que ocorre a mudança de caracterização das ondas. Quando existir um ângulo menor que 45 graus, temos no local ondas difusivas, que não favorecem a estabilidade dos esporões. Quando existir um ângulo maior que 45 graus, o ambiente é considerado favorável ao estabelecimento e manutenção dos esporões lagunares, nesse caso, ondas antidifusivas.

Distância em metros	Áreas da linha de costa	Distância em metros	Áreas da linha de costa	Distância em metros	Áreas da linha de costa
-12.9990	7	-25.5920	9	6.8120	12
-12.8280		-21.9280		7.8540	
-4.8790		-18.5240		6.2040	
-7.2320		-15.2650		4.9120	
-8.4340		-14.1080		1.9280	
-16.3970		-8.4570		2.1680	
-24.5600		-33.6500		2.1130	
-33.4960		-29.2380		2.3880	
-28.9660		-26.3020		2.2430	
-23.0870		-21.2470		1.3420	
-40.8900		-15.7390	-2.2190	13	
-36.2370		-9.7060	-2.6920		
-35.3960		-9.3110	-3.2400		
-21.8690		-7.6030	-3.0100		
-8.1670		-4.3320	-3.0140		
-28.4700		-2.1810	-2.8550		
-31.6210		-3.5180	-7.8580		
-14.2900		-5.1050	-8.6890		
-14.6700		-3.4860	-7.2750		
-4.6630		-3.2640	-7.5700		
-15.8650		-3.8580	-8.0890		
-21.3940		-3.4610	-6.8770		
-12.5270		-3.4200	-5.9170		
-16.3460		-3.0210	-6.3740		
-25.0560		-2.8910	-8.1520		
-23.6220		-2.0580	-8.1240		
-26.9630		-2.0010	-9.1800		
-21.9070		-1.4660	-7.8480	14	
-20.9840	-1.2330	-8.3450			
-17.3810	-1.1970	-4.9720			
-15.2920	-0.6500	-8.6710			
-13.7320	0.8140	-11.6150			
-11.4920	1.4050	-11.7740			
-9.6590	1.0460	-11.6890			
-6.1860	1.3000	-5.8530			
-3.2600	1.1600	-8.8650			
-3.8970	1.3360	-14.3530			
-3.3470	1.0810	-18.0280	15		
-1.3190	0.9550	-19.1980			
-4.0190	0.9990	3.4510			
-8.4880	1.2080	2.9560			
-29.4810	0.9770	3.4030			
-26.9830	1.1370	3.6700			
-20.0110	1.3370	2.7850			
-20.1890	3.2480	2.5880			
-16.4370	1.9950	2.9080			
-27.0760	2.1520	2.5480			
-23.5610	2.0730	1.9000			
-23.3150	4.7570	1.8030			
-25.6660	2.8320	-3.6110			
-24.8960	6.4090	-8.4250			
-25.6280	6.3050	-5.9640			
	9				

Figura 14 - Diferença em metros entre as linhas 2006 x 2019.

ALVES (2006) identificou possíveis áreas de retrogradação e progradação, através de modelagem numérica. Foram criados 17 pontos com ondógrafos virtuais no entorno do esporão central da lagoa de Araruama e calculado o transporte residual potencial médio (Figura 15). Isso proporcionou uma previsão de como seria o comportamento, em médio prazo, da linha de costa do esporão central da lagoa de Araruama (Figura 16a).

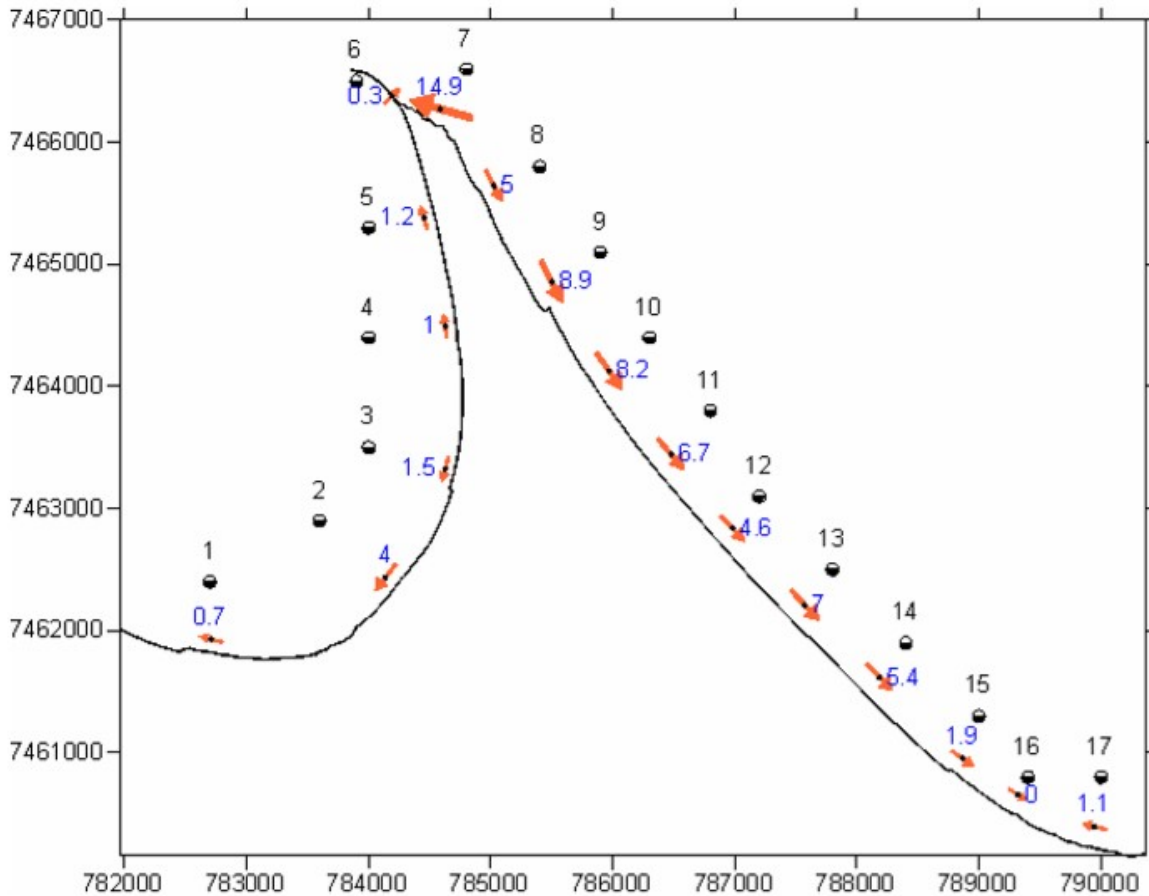


Figura 15 - Simulação do transporte de sedimentos. Fonte: ALVES (2006)

Pela comparação entre as linhas de costa de 2006 e 2019, foi elaborado um gráfico das variações da linha de costa, quantificadas em metros, por regiões, ao longo do esporão (Figura 16b). Apesar do gráfico de Alves (2006) estar com uma unidade de medida diferente, uma vez que o autor previu áreas propícias a retrogradação e progradação a partir de simulação de velocidade de transporte de sedimentos, a verificação dos gráficos de 2006 e 2019 (Figura 16) permitiu

associar espacialmente as áreas e comparar se as previsões do autor sobre retrogradação e progradação foram assertivas.

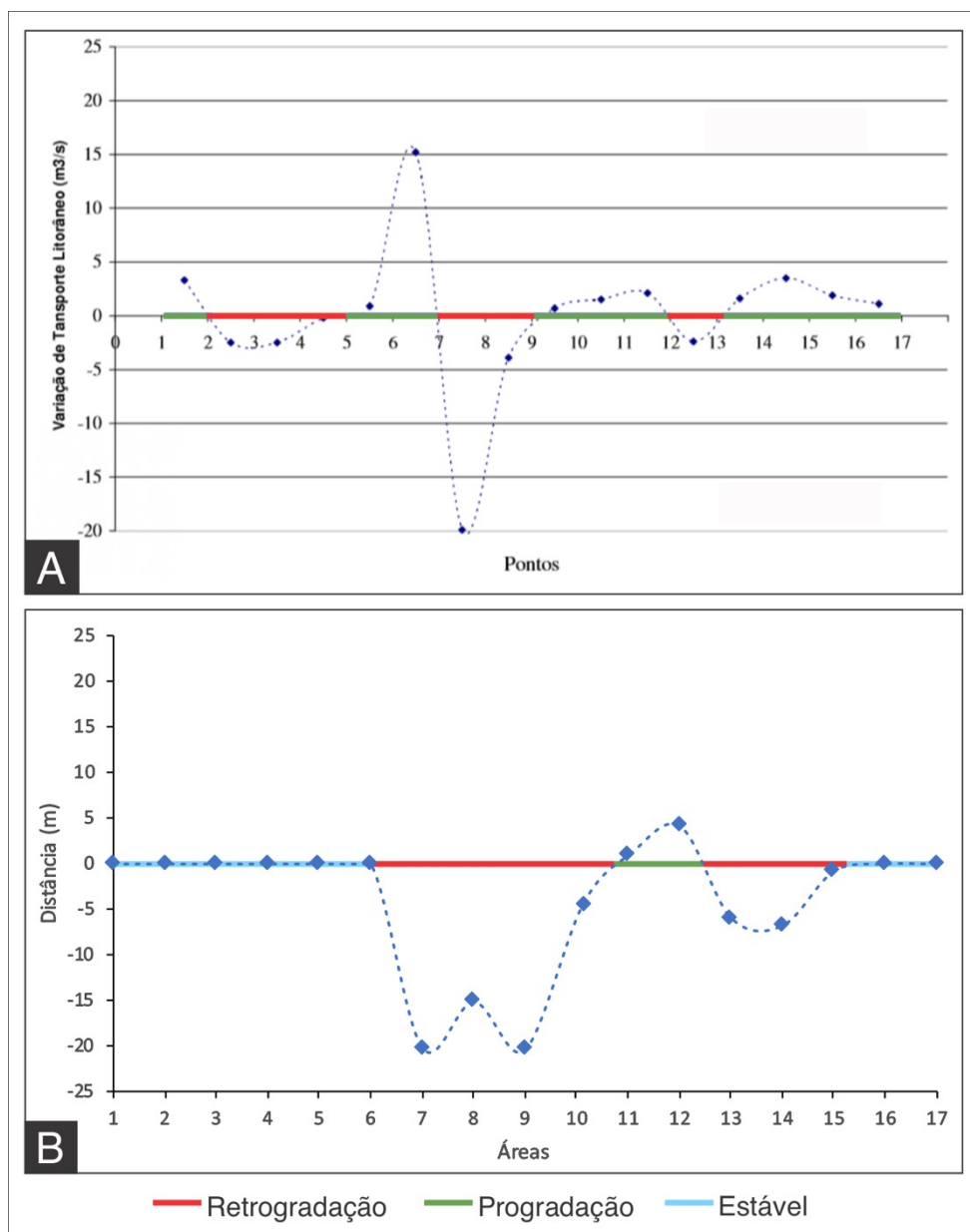


Figura 16 - Comportamento morfológico ao longo do esporão central da lagoa de Araruama dividido por áreas. A) Previsão proposta por ALVES, 2006 (modificada do autor). B) Evolução entre os anos de 2006 e 2019.

5. Conclusão

Mediante toda a pesquisa comparativa, entre os dados coletados por ALVES (2006) e os dados coletados em 2019, percebe-se que pela previsão de

2006, os dois anos de observação coletados foram cruciais para traçar um novo padrão cartográfico da feição de contorno do esporão central da Lagoa de Araruama.

No lado oeste do esporão, não ocorreram alterações significativas na comparação da imagem atual com o contorno de 2006, para relatar neste trabalho. Porém, no lado leste, nos comparativos realizados a partir dos dados GNSS de 2019, foram percebidas alterações significativas, quando comparadas ao contorno de 2006. Essas alterações foram decorrentes das características de ventos e da dinâmica das ondas, já previstas no modelo clássico de formação de esporões lagunares proposto por Zenkovitch (1959), causando erosões e uma reorganização de parte dos sedimentos no contorno do esporão.

Pela previsão realizada por ALVES (2006), no contorno haveria áreas com retrogradação e áreas com progradação da linha de costa. Pela comparação entre os levantamentos de campo realizados em 2006 e 2019, esse trabalho verificou que para a face oeste a previsão não foi confirmada, pois o contorno se manteve constante. Dessa forma, o modelo de Alves (2006) não teve desempenho positivo para essa região. No entanto, para a face leste a previsão qualitativa foi confirmada, tanto para as áreas de retrogradação, como para as áreas de progradação da linha de costa.

A utilização de geotecnologias foi eficiente no acompanhamento da evolução do esporão central da lagoa de Araruama, mesmo que o receptor GNSS tenha apresentado problema durante a segunda campanha. Os recursos cartográficos utilizados de forma digital através de SIG mostraram-se de grande relevância para o trabalho, tanto de mapeamento como de análise das feições, sendo possível seu uso em atualizações de produtos cartográficos.

6. Referências Bibliográficas

ALVES, A. R., 2006. Modelagem numérica aplicada ao estudo da origem e evolução morfológica dos esporões da lagoa de Araruama –RJ. Tese de

Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense. 87p.

ASHTON, A. et al. Formation of coastline features by large-scale instabilities induced by high-angle waves. *Nature*. v. 414. p. 296-300. 2001.

BARROSO, L.V.; FABIANO, F.F.C. Estudo da pesca com artes fixas na Lagoa de Araruama. *Oecologia Brasiliensis*. v. 1, p. 569-585, 1995.

BIDEGAIN, P.; BIZERRIL, C. Lagoa de Araruama: Perfil Ambiental do maior Ecossistema Lagunar Hipersalino do Mundo. Rio de Janeiro: SEMADS, 2002. 160 p.

CARVALHO, A.P.A.M.; COSTA, R.S.; ROSA, J.C.L. Eutrofização e introdução de espécies exóticas em estuário hipersalino: Lagoa de Araruama, Rio de Janeiro, Brasil In: SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 4, 2014. Campos de Goytacazes. Anais... Rio de Janeiro, Campus Rio Paraíba do Sul - UPEA/IFF. 2014. 13 p.

COE NETO, R. Algumas considerações sobre a origem do sistema lagunar de Araruama. In: LACERDA, L.D.; ARAUJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (Eds). *Restingas: Origem, estruturas e processos*. Rio de Janeiro: CEUFF . 1984. p. 61-63.

ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FIGUEIREDO, M. S. Mapeamento Geomorfológico da parte sul da Lagoa de Araruama, litoral do estado do RJ. Rio de Janeiro: Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense - UFF/IGEO, 2012.

HANSEN, C. M. Metodologias de Engenharia Oceânica aplicadas à Lagoa de Araruama. Rio de Janeiro, 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Oceânica) – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

KJERFVE, B.; SCHETTINI, C.A.F.; KNOPPERS, B.; LESSA, G.; FERREIRA, H.O. Hydrology and salt balance in a large hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. v. 42, p. 701-725, 1996.

LESSA, G.C., 1991, Dinâmica de maré e transporte desedimentos no Canal de Itajuru - Lagoa de Araruama (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, 21 (4): 378-386.

LLORET, J.; MARÍN, A.; MARÍN-GUIRAO, L. Is coastal lagoon eutrophication likely to be aggravated by global climate change? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. v. 78, p. 403-412, 2008.

MUEHE, D. Gênese da Morfologia do fundo da lagoa de Araruama e cordões litorâneos associados. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology. Set, 2006. Goiânia – GO.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo*, n. 16, p. 81-90, 2011.

SANTIAGO, R.B.; DESLANDES, R. Políticas Públicas e Ordenamento Territorial em Áreas de Preservação Ambiental na Região dos Lagos, Rio de Janeiro. *Revista Geográfica de América Central. Número Especial EGAL, Costa Rica*, II Semestre. p. 1-8, 2011.

SILVA, F.M.; ALMEIDA, L.Q. Uma Abordagem sobre a Vulnerabilidade Socioambiental no Ambiente Estuarino: Aspectos Teórico - Conceituais. *Revista Geonorte, Edição Especial*. v. 1, n. 4, p. 102-112, 2012.

SOUZA, M.F.L.; BJORN, K.; KNOPPERS, B.; SOUZA, W.F.L.; DAMASCENO, R.N. Nutrient budgets and trophic state in a hypersaline coastal lagoon:

Lagoa de Araruama, Brazil. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. v. 57, p. 843-858, 2003.

ZENKOVITCH, V. P. On the genesis of cusped spits along lagoon shores. *Journal of Geology*. v. 67. n. 3. p. 269-277. 1959.