



O USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE TEMPORAL DAS VARIAÇÕES MORFOLÓGICAS DO PONTAL DO QUILOMBO

Eduarda Bussioli Bison^{1,2} & Christian Garcia Serpa^{1,3}

¹ Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Av. Itália S/N, 96203-900, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: eduardabussioli@bison@gmail.com

² Laboratório de Engenharia Costeira, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Av. Itália S/N, 96203-900, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: eduardabussioli@bison@gmail.com

³ Laboratório de Topografia, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Av. Itália S/N, 96203-900, Rio Grande do Sul, Brasil.

RESUMO

A alta vulnerabilidade da zona costeira exige um monitoramento contínuo dessas áreas, visando à proteção ambiental e populacional, visto que essas regiões concentram a grande maioria da população mundial. Pesquisas em ambientes marítimos são comuns, entretanto estudos relacionados à variação na faixa de praia em ambientes lagunares são escassos, sobretudo naqueles associados a sistemas deltaicos. Grandes aliadas para o monitoramento e controle das modificações morfológicas na linha de costa, as geotecnologias associadas às metodologias específicas, tais como o Método do Polígono de Mudança (utilizada neste trabalho), tornam possível estimar as áreas erodidas ou acrescidas no decorrer dos anos, estabelecendo padrões para determinada região. Este estudo propõe, através da vetorização de imagens aéreas (1964) e satelitais (2004, 2005, 2013, 2015, 2016, 2018) do Pontal do Quilombo (Parque Estadual do Camaquã), e do emprego do Método do Polígono de Mudança (Smith & Cromley, 2012; Albuquerque 2013) estimar a variação da linha de costa em escala anual, e assim identificar porções acrescidas e erosivas da área em estudo. Tendo em vista que a linha de costa do Pontal do Quilombo apresenta duas orientações distintas, denominadas neste trabalho como “margem leste” e “margem oeste”, as análises foram separadas para os dois segmentos. De maneira geral, a margem leste apresentou um perfil de estabilidade e a margem oeste apresentou um perfil nitidamente acrescivo, potencializado pela formação de uma barra arenosa emersa, paralela à margem oeste atual. Nas análises quantitativas, obtivemos

na margem oeste uma acresção total de 24.217 m² entre 2004-2018 e 72.165 m² entre 1964-2018, além de uma acresção por ano de 6,4 m²/m entre 2004-2018 e 6,8 m²/m entre 1964-2018. Já na margem leste temos uma acresção total de 4.739 m² entre 2004-2018 e 2.971 m² entre 1964-2018, além de uma acresção por ano de 1,9 m²/m entre 2004-2018 e 1,8 m²/m entre 1964-2018. As altas taxas de acresção na margem oeste podem estar relacionadas à barra arenosa emersa, que apresentou crescimento linear de aproximadamente 300 metros entre os anos de 2004 e 2018, que pode ser atribuído à proximidade do Delta do Rio Camaquã, fonte de sedimentos para a região, além da orientação da margem oeste, abrigada frente às principais direções de propagação de ondas vagas (Lemke, 2015).

Palavras-chave: Parque Estadual do Camaquã; Variação da Linha de Costa; Método do Polígono de Mudança; Análise temporal.

THE USE OF GEOTECHNOLOGIES IN THE TEMPORAL ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL VARIATIONS OF THE KILOMBO POINT

ABSTRACT

The high vulnerability of the coastal zone requires continuous monitoring of these areas, aiming at environmental and population protection, since these regions concentrate the great majority of the world population. Research in marine environments is common, however, studies related to the variation in the beach range in lagoon environments are scarce, especially in those associated with delta systems. Major allies for the monitoring and control of



morphological changes at the coastline, geotechnologies associated with specific methodologies such as the Polygon Method of Change (used in this work) make it possible to estimate the areas eroded or increased over the years, establishing standards for a given region. This study proposes, through the vectorization of aerial (1964) and satellite (2004, 2005, 2013, 2015, 2016, 2018) images of Pontal do Quilombo (Camaquã State Park) and the use of the Polygon Method of Change (Smith & Cromley, 2012; Albuquerque 2013) estimate the coastline variation on an annual scale, and thus, identify additional and erosive portions of the study area. Considering that the coastline of Pontal do Quilombo presents two distinct orientations, denominated in this work as "east margin" and "west margin", the analyzes were separated for the two segments. In general, the east bank presented a profile of stability and the west margin presents a distinctly increased profile, potentiated by the formation of an emergent sandy bar, parallel to the current west margin. In the quantitative analyzes, we obtained in the western margin a total of 24,217 m² between 2004-2018 and 72,165 m² between 1964-2018 and an annual increase of 6.4 m² / m between 2004-2018 and 6.8 m² / m between 1964-2018. On the east bank, we have a total of 4,739 m² between 2004-2018 and 2,971 m² between 1964-2018 and an annual addition of 1.9 m² / m between 2004-2018 and 1.8 m² / m between 1964- 2018. The high rates of accretion in the western margin may be related to the emergent sandy bar, which presented linear growth of approximately 300 meters between the years 2004 and 2018. This growth can be attributed to the proximity of the Camaquã River Delta, a source of sediments for the region, besides the orientation of the western margin, sheltered in front of the main directions of wave propagation (Lemke, 2015).

Key-words: Camaquã State Park; Coastline Variation; Polygon Shift Method; Temporal Analysis.

INTRODUÇÃO

A zona costeira é uma das áreas física e socioeconômicas mais vulneráveis, devido a serem dinâmicas, com vários processos envolvidos. Esse

ambiente está sujeito constantemente a mudanças relacionadas às forças naturais e as atividades humanas e, em termos de larga escala, a linha de costa se modifica na tentativa de estabelecer um equilíbrio com as forças que atuam sobre ela (MARTINS *et al.*, 2004). Segundo MAZZER & DILLENBURG (2009), o mapeamento sistemático da linha de costa representa uma ferramenta para a geração de informações fundamentais para o planejamento e gerenciamento costeiro.

A interface entre áreas emersas e submersas está constantemente submetida a transformações decorrentes da evolução conjunta da morfologia do fundo e dos campos de ondas e correntes (ALVES, 2006). Estas variações são intrinsecamente relacionadas à morfodinâmica da linha de costa, tanto em ambientes lagunares como marinhos.

A probabilidade de eventos relacionados à instabilidade da linha de costa foi identificada por ZENKOVITCH (1959), o qual sugeriu um modelo para segmentação de corpos d'água alongadas e a formação de esporões quando submetidos a ventos predominantemente longitudinais. Além disso, o autor também identificou a predominante migração em direção aos extremos das lagoas por esses esporões e a ocorrência de cristas de praia em áreas protegidas da incidência de ondas dominantes.

O acompanhamento da variação morfológica da linha de costa é fundamental para o planejamento costeiro e a gestão de territórios, como as unidades de conservação. No caso do Pontal do Quilombo, as informações obtidas poderão auxiliar no zoneamento do Parque Estadual do Camaquã e conseqüentemente no Plano de Manejo do local, já que até o momento o parque não conta com plano de manejo e regularização fundiária.

Designadas a servirem de instrumento para captação, processamento e análise de dados através de referências geográficas e geológicas/ morfológicas, as geotecnologias são caracterizadas como sendo um



grande instrumento de pesquisas e estudos relacionados com a gestão e solução de manejo de riscos e tomada de decisão por parte do poder público (ALBUQUERQUE *et al.*, 2018). Nesse sentido, este trabalho propõe uma análise qualitativa e quantitativa da evolução morfodinâmica do Pontal do Quilombo, inserido no Parque Estadual do Camaquã (Lagoa dos Patos).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Unidades de Conservação são áreas criadas pelo Poder Público com a finalidade de proteger e conservar a biodiversidade, permitindo o uso sustentável dos recursos. O estabelecimento destes espaços protegidos se constitui na ferramenta mais utilizada, atualmente, para a conservação da natureza (SOUTO, 2013).

Situado as margens da Laguna dos Patos, a unidade de conservação denominada Parque Estadual do Camaquã (PEC) foi criada em 1975, através do Decreto Estadual nº 23.798, com o intuito de proteger as áreas úmidas do delta lagunar do rio Camaquã, incluindo o Banhado do Caipira, o Rincão do Escuro e inúmeras ilhas (BRASIL, 1975). Nesse trabalho, analisaremos a área do Pontal do Quilombo, o qual está inserido no Banhado do Caipira (**Figura 01**).

O Parque localiza-se entre os municípios de São Lourenço do Sul e Camaquã e abrange uma área de 7.992,50 hectares. Encontra-se às margens da Laguna dos Patos, desde o Banhado do Caipira até o pontal, abrangendo áreas desde o Vale do Rio Camaquã até a Pacheca.

Segundo a SEMA-RS o PEC está situado em área limítrofe entre os biomas Pampa e Mata Atlântica, sendo que a maior parte de sua área está inserida no segundo ambiente. Apesar de ser um ambiente protegido por lei há mais 43 anos, o local não possui plano de manejo, bem como regularização fundiária. Além de serem comuns práticas relacionadas às

atividades de agricultura e pecuária (**Figura 02**), conforme publicado por LOPES (2016) e por HANSEN (2007).

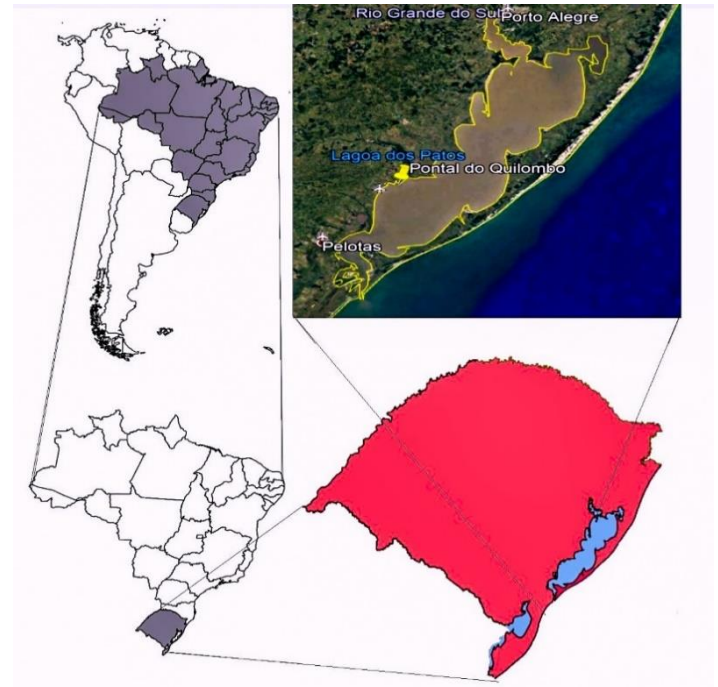


Figura 01: Mapa de localização da área de estudo (Pontal do Quilombo).

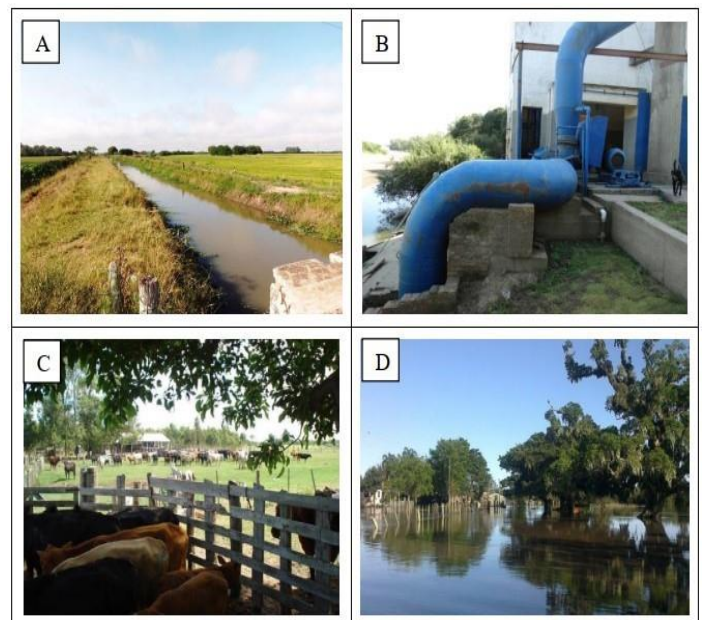


Figura 02: Intervenções antropogênicas no Parque Estadual do Camaquã. (A) Canal artificial para abastecimento de lavouras de arroz irrigado; (B): Bomba de captação da água do Rio Camaquã para o abastecimento das canchas de arroz irrigado; (C) Pecuária em uma das propriedades localizadas nas ilhas do PEC; (D)



Extravasamento fluvial na planície distributária do delta do Camaquã, Ilha de Santo Antônio 15/10/2015. Fonte: KATH. A, apud LOPES & SIMON (2017).

METODOLOGIA

Para a caracterização da variação morfológica da linha de costa do Pontal do Quilombo, a metodologia adotada propôs a combinação das análises de imagens de satélite, de 2004 a 2018, com fotografia aérea pretérita, de 1964, oriunda de aerolevanteamento do exército brasileiro. Devido à irregularidade da linha de costa em estudo, o método do polígono de mudança (ALBUQUERQUE et al., 2018) tornou-se a escolha mais adequada.

Assim, foram realizadas as seguintes etapas: pré-processamento (escolha do indicador comum, aquisição e registro das imagens), análise da variação da linha de costa (vetorização da linha de costa e cálculo de área) e a análise dos resultados (através da comparação das áreas obtidas).

Escolha do Indicador e Extração da Linha de Costa

A percepção da linha de costa engloba a escolha de um indicador que apresente a melhor aproximação da interface continente/água (como a linha da vegetação costeira, a base ou a crista da duna frontal, escarpas ou cristas no perfil praiar, linha d'água atingida e interface areia seca/ molhada), além da identificação desse indicador na fonte de dados (i.e. fotografias, imagem de satélite, perfil praiar). Tanto a seleção do indicador quanto a detecção do mesmo são potenciais fatores de incertezas quando se trabalha com estimativas de variação de linhas de costa (STOCKDON *et al.*, 2002). O indicador escolhido para esse estudo foi a linha d'água, devido ao estudo se concentrar na Lagoa dos Patos, e as fontes desse indicador serem provenientes das imagens de satélite.

Aquisição dos Dados e Padronização

As imagens satelitais utilizadas no estudo foram adquiridas junto ao *software* Google Earth Pro™, para o intervalo temporal compreendido entre o período de 2004 a 2018, sendo imagens dos seguintes anos: 2004, 2005, 2013, 2015, 2016, 2018. Foi também utilizada uma imagem aérea oriunda de levantamento aerofotogramétrico do exército do ano de 1964. Uma das imagens, a de 2015, foi registrada a partir de dados do Google Earth Pro™, esta serviu como base para as demais. Então, foi realizado o correto registro de todas as imagens disponíveis a partir da imagem de 2015. Os procedimentos de registro foram realizados no *software* QGIS, com o auxílio do comando “Georreferenciador” do QGIS (**Figura 03**). O banco de dados foi referenciado ao sistema de coordenadas UTM e no sistema de referência (WGS 1984), zona 22 Sul.

Como referência para a demarcação de pontos de controle, habitualmente utilizam-se cruzamentos de ruas e avenidas e obras de engenharia de pequena altura (casas). Isto se deve pelo fato de que edifícios altos, principalmente se não estão localizados na região central da imagem, apresentarão um desvio angular em relação ao sensor (câmera fotográfica ou satélite), o que certamente influenciará de forma negativa no processo de georreferenciamento.

Comumente é adotado um mínimo de 20 pontos de controle (GCPs) para cada fotografia. Como o local de estudo está situado em uma unidade de conservação e não há a disponibilidade de estruturas fixas no local, tornou-se necessária a utilização de pontos de controle naturais (comuns em todas as imagens). Tanto para o registro da imagem de 2015, quanto para as demais, foram empregados 20 GCPs (Figura 03).

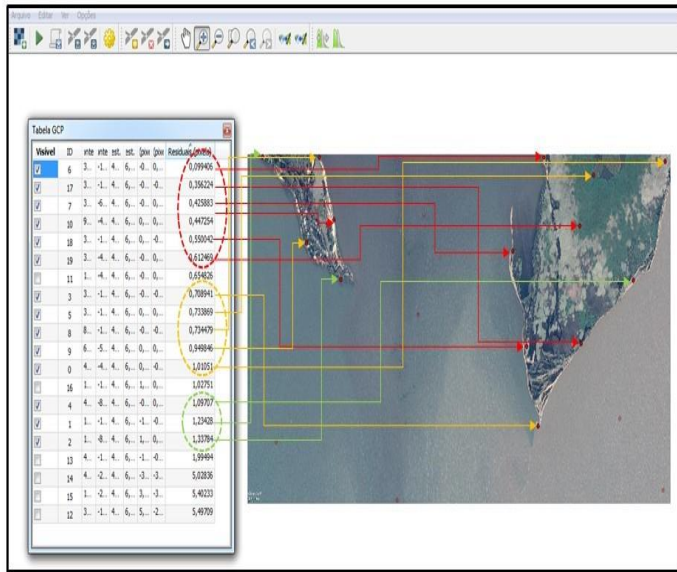


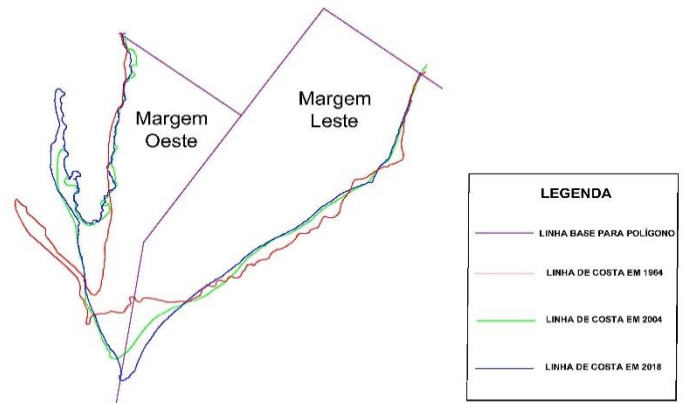
Figura 03: Pontos de controle (PCs) utilizados no processo de georreferenciamento da imagem de satélite de 2015 no software livre QGIS.

Vetorização das imagens

Após o registro, as imagens foram transferidas para o software AutoCad® para serem vetorizadas. A vetorização se dá a partir da criação inicial de uma linha base comum, que abrange todo o pontal, e com a utilização de uma camada (“layers”) para cada imagem. Dessa forma foi possível fazer a vetorização, geração dos polígonos e sobreposição de todas as imagens, possibilitando a observação da variação morfológica sofrida na área de estudo.

O pontal foi dividido em dois segmentos (margem oeste e margem leste), cujas vetorizações de cada data formaram polígonos, limitados por uma linha de base comum (**Figura 04**). Através de um comparativo entre as vetorizações de diferentes datas foi possível determinar a variação sofrida pela área de estudo nos períodos selecionados.

Figura 04: Procedimento de vetorização e criação de polígonos no software AutoCad®.



Cálculo das Taxas de Variação da Linha de Costa

Através da vetorização da linha de costa para cada uma das imagens e, com a base em comum em todas elas, foi possível quantificar a área de cada polígono no software AutoCad®. A quantificação das variações de área nos diferentes períodos estudados foi realizada através da subtração entre as áreas de vetorizações de anos diferentes. Os cálculos foram realizados de acordo com a **Equação 1**.

Equação 1:

$$\text{Erosão ou Acresção Total (m}^2\text{)}_{2004-2005} = A_{2005} - A_{2004}$$

Onde: A_{2005} e A_{2004} são as áreas do polígono de mudança nos respectivos anos.

Dessa forma, as diferenças de áreas foram analisadas e permitiram a quantificação do ganho ou perda de área em cada setor por ano (**Equação 2**) ou mesmo valores aproximados por metro linear (**Equação 3**). Com isso, foi possível estimar a variação morfológica em cada período e determinar se a área encontra-se estável, em processo de erosão e acresção de sedimentos. Contudo, foi possível estabelecer uma análise do padrão evolutivo do pontal.

Equação 2:

$$\text{E ou A (m}^2\text{/ano)}_{2004-2005} = \frac{\text{Erosão ou Acresção Total (m}^2\text{)}_{2004-2005}}{\Delta t_{2004-2005}}$$



Onde: $\Delta t_{2004-2005}$ é a diferença de tempo entre a captura das imagens 2005 e 2004.

Equação 3:

$$E \text{ ou } A(m^2/m)_{2004-2005} = \frac{\text{Erosão ou Acresção Total } (m^2)_{2004-2005}}{L_{\text{costa}}}$$

Onde: L_{costa} é o comprimento aproximado da linha de costa.

Cabe salientar que foram analisados dados de nível da Lagoa dos Patos, provenientes do sistema Hidroweb da ANA (Agência Nacional de Águas) e também dados de direção e intensidade do vento, provenientes do BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Inmet), a fim de refinar os resultados obtidos com as vetorizações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados obtidos através do método do polígono de mudança, é possível observar que as margens oeste e leste apresentam comportamentos distintos. A margem oeste, na qual é possível observar uma barra arenosa em formação, apresenta perfil nitidamente acrescivo, enquanto a margem leste apresenta um perfil estável (**Figura 04**).

Além das áreas de cada polígono, as datas de cada imagem de satélite e da fotografia aérea de 1964 também foram consideradas. A fim de se estimar valor total de erosão/ acresção e a taxa por ano, bem como a taxa de m^2/m (utilizando o comprimento da linha base). Essas informações são evidenciadas para a margem oeste (**Quadro I**), e para a margem leste (**Quadro II**).

MARGEM OESTE				
ANO	EROSÃO/ACRESCÇÃO TOTAL (m ²)	EROSÃO/ACRESCÇÃO (m ² /m)	TEMPO (anos)	E/A Por ano (m ² /m)
1964 a 2004	47.947,662	14,47819554	39,925	0,362635866
2004 a 2005	3.217,592	0,971578656	1,253	0,775563061
2005 a 2013	30.583,844	9,235046141	7,630	1,210374401
2013 a 2015	-7.876,720	-2,378441287	2,257	-1,053983492
2015 a 2016	22.563,636	6,813277579	1,189	5,732261966
2016 a 2018	-1.135,432	-0,342853022	1,333	-0,257139767
Somatório 2004 a 2018	24.217,484	7,313	13,850	6,407
Somatório 1964 a 2018	72.165,145	21,791	53,775	6,770

Quadro I: Representação das taxas de variação (erosão/acresção) obtidas pela análise de imagens de satélite e fotografia aérea, Margem Oeste. Valores negativos são relacionados à erosão, e valores positivos são relacionados à acresção.

MARGEM LESTE				
ANO	EROSÃO/ACRESCÇÃO TOTAL (m ²)	EROSÃO/ACRESCÇÃO (m ² /m)	TEMPO (anos)	E/A Por ano (m ² /m)
1964 a 2004	-1.767,952	-0,797416472	39,925	-0,019972918
2004 a 2005	-1.420,405	0,640658982	1,253	-0,511406295
2005 a 2013	14.972,487	6,753185896	7,630	0,885093935
2013 a 2015	-6.932,027	-3,126619199	2,257	-1,385531373
2015 a 2016	4.803,373	2,166511765	1,189	1,822766333
2016 a 2018	3.118,461	1,406549674	1,333	1,054912255
Somatório 2004 a 2018	4.739,230	2,138	13,850	1,866
Somatório 1964 a 2018	2.971,278	1,340	53,775	1,846



Quadro II: Representação das taxas de variação (erosão/acresção) obtidas pela análise de imagens de satélite e fotografia aérea, Margem Leste. Valores negativos são relacionados à erosão, e valores positivos são relacionados à acresção.

LEMKE (2015) realizou um amplo estudo na enseada de São Lourenço do Sul, encontrando uma predominância de ondas vindas dos quadrantes leste e sudeste, e o diâmetro dos sedimentos (D50) de 0,564mm. Estando a área de estudo a menos de 10 km dessa enseada, são grandes as chances do Pontal do Quilombo, ser formado por sedimentos de granulometria semelhante. O pontal fica localizado em região adjacente ao delta do Rio Camaquã (Figura 05), portanto é esperado um alto aporte sedimentar ao local.



Figura 05: Delta do Rio Camaquã.

Até o momento, os dados referentes ao nível da lagoa e vento estão sendo considerados de maneira qualitativa, porém em algumas amostras de imagens, com pequenos intervalos de tempo, já é possível tecer análises quantitativas. De acordo com as análises das vetorizações, se tem que entre 2004 e 2005 houve um processo de acresção, na margem oeste do pontal, de 3.217,592m² (0,3217592 ha) e de erosão, de 1.420,405m² (0,1420405ha), na margem leste.

Já entre 2005 e 2013 ambas as margens apresentaram acresção, com 30.583,844m² (3,0583844 ha) na margem oeste e 14.972,487m² (1,4972487 ha) na margem leste. Entretanto, nesse período há uma diferença de nível de 45 cm, o que pode ter intensificado esses valores de acresção, visto que o nível na segunda imagem está mais baixo, o que poderia ter deixado mais área exposta na segunda imagem. Cabe observar que essa diferença, levando em conta a resolução das imagens e o tipo de sedimento que caracteriza as margens, acarretaria em erros pequenos, que seriam diluídos no processo de vetorização. É evidente que diferenças de nível superiores, acima de 1 metro, por exemplo, podem e devem ser considerados.

No período entre 2013 e 2015, ambas as margens apresentaram erosão, a oeste 6.440,760m² (0,644076 ha) e a leste 18.863,340m² (1,886334 ha). De 2015 a 2016 a margem oeste mostrou uma erosão de 2.007,760m² (0,200776 há), enquanto na margem leste houve uma acresção de 6.932,027m² (0,6932027 ha). Entre 2016 e 2018, a margem oeste apresentou uma erosão de 1.135,432m² (0,1135432 ha), enquanto a margem leste uma acresção de 3.118,461m² (0,3118461 ha).

A comparação entre áreas mais independente da variação de nível foi feita entre as vetorizações dos anos de 2013 e 2016, com diferença de nível de apenas três centímetros, na qual a margem oeste teve uma erosão de 8.448,520m² (0,844852 ha), enquanto a margem leste apresentou uma erosão de 11.931,313m² (1,1931313 ha). Essa erosão, no entanto, não se confirma em todo o período analisado, de 2004 a 2018, no qual a margem oeste apresentou acresção de 24.217,484m² (2,4217484 ha), enquanto a margem leste mostrou acresção de apenas 4.739,230m² (0,473923 ha).



Cabe observar que as altas taxas de acreção observadas na margem oeste podem estar relacionadas ao desenvolvimento de uma barra arenosa emersa (**Figura 06 - A**), aparentemente formada apenas por sedimentos arenosos, que ganhou cerca de trezentos metros em extensão, entre 2004 e 2018. Acredita-se que a principal fonte de sedimentos para a formação e para a manutenção da barra arenosa e do banco arenoso intermitentemente emerso/submerso (**Figura 06 - B**) seja o Delta do Rio Camaquã.

A partir dos resultados obtidos, é possível concluir que a formação e o desenvolvimento do Parque Estadual do Camaquã obedecem a padrões semelhantes aos propostos por ZENKOVICH (1967) e SERIZAWA (2012), no qual se considera que uma grande lagoa possui a tendência a formar esporões, que acabam se fechando e formando pequenas lagoas.

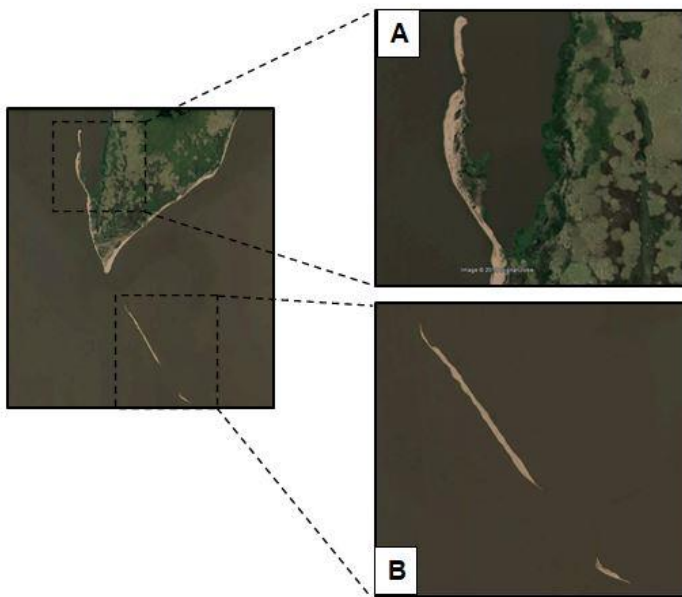


Figura 06: Banco intermitentemente emerso/submerso no Pontal do Quilombo.

CONCLUSÕES

A aplicação do método do polígono de mudança se mostrou eficaz para estimar a evolução de uma porção de costa lagunar. Entretanto, seria interessante a complementação e corroboração dos dados obtidos através de um levantamento de campo, o qual não foi passível de realização devido às dificuldades de acesso ao local, ausência de estradas, além da presença de banhados adjacentes. A presença desses empecilhos reforça a importância, aplicabilidade e facilidade do emprego de geotecnologias para levantamento e controle de modificações morfológicas na linha de costa.

Ademais, o refinamento dos resultados, a partir de dados de nível da Lagoa dos Patos, deve ser considerado, a fim de gerar taxas de erosão e acreção mais fiéis à realidade, principalmente em praias de sedimentos finos e pendente suave. Para resultados mais acurados é recomendável uma série temporal de imagens mais longa, para averiguar se as variações da linha de costa medidas não são influenciadas pela dinâmica do nível da lagoa.

O Pontal do Quilombo, durante o período analisado, se mostrou relativamente estável, e as maiores diferenças entre erosão e acreção podem ser atribuídas à barra arenosa formada na margem oeste. Devido à proximidade do Delta do Camaquã e ao regime de micro maré da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, é esperado que as margens do Pontal do Quilombo sejam formadas por sedimentos arenosos grosseiros (LEMKE, 2015), que não são facilmente carregados pela hidrodinâmica local. É esperado que o Pontal do Quilombo continue a crescer, porém alterações significativas deverão ser observadas em uma escala temporal mais extensa.

Para a continuidade deste estudo está prevista a análise de uma gama maior de imagens, além da contemplação de toda a linha de costa do Parque Estadual,



visando aumentar a aplicação das análises para o gerenciamento ambiental.

Vale ressaltar que a aplicação do Método do Polígono de Mudança em imagens de satélites mais antigas pode ser de grande dificuldade, visto que a resolução das imagens não é tão boa, o que complica o processo de identificação das feições entre áreas emersas e submersas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBURQUERQUE, M.; ESPINOZA, J.; TEIXEIRA, P.; DE OLIVEIRA, A.; CORRÊA, I. & CALLIARI, L. 2013. Erosion or Coastal Variability: An Evaluation of the DSAS and the Change Polygon Methods for the Determination of Erosive Processes on Sandy Beaches. *Journal of Coastal Research* 65(sp2):1710-1714. (doi:10.2112/SI65-289.1).

ALBURQUERQUE, M.; ESPINOZA, J. & ALVES, D. C. L. 2018. Uso de geotecnologias no gerenciamento de riscos associados à ação de eventos meteorológicos de grande intensidade no extremo sul do Brasil. In: *Mares e litorais: Perspectivas transdisciplinares*. 187p., FGEL-UERJ, Brasil. il. - (Rede BRASPOR ; tomo VII). (e-ISBN 978-85-87245-02-1)

ALVES, A. R. 2006. Modelagem numérica aplicada ao estudo da origem e evolução morfológica dos esporões da Lagoa de Araruama-RJ. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. 99 p.

BRASIL. Decreto Estadual nº 23.798, de 12 de março de 1975. Cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas, e dá outras providências. *Diário Oficial*, Porto Alegre, RS, 14 de março de 1975.

HANSEN, M. A. F. 2007. Unidades de Conservação Ambiental: Delta do Camaquã e Matas e Banhados da Pacheca, RS (estudo de caso). 256p., Editora Unisinos, Brasil. (ISBN: 8574313114, 9788574313115).

LEMKE, N. 2015. Morfodinâmica da embocadura do arroio Carahá. Lagoa dos Patos, São Lourenço do Sul - RS. Tese (Doutorado em Oceanografia Física, Química

e Geológica). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, Brasil. 346 p.

LOPES, Â. L. de O. 2016. Zoneamento Ambiental do Parque Estadual do Camaquã: Subsídios ao Plano de Manejo. Relatório de Qualificação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Geografia). Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil, 119p.

LOPES, Â. L. O. ; SIMON, A. L. H. 2017. Progradação deltaica e alterações na linha de costa lagunar no Parque Estadual do Camaquã, RS. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Campinas, SP. (doi: 10.20396/sbgfa.v1i2017.1985)

MARTINS, L. R.; TABAJARA, L. L. & FERREIRA, E. R. 2004. Linha de costa: problemas e estudos. *Gravel*. Porto Alegre, RS. 1(2): 40-56. (ISSN: 1678-5975)

MAZZER, A. M.; DILLENBURG, S. R. 2009. Variações Temporais da Linha de Costa em Praias Arenosas Dominadas Por ondas do Sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). *Pesquisas em Geociências* 36(1): 117-135. (doi:10.22456/1807-9806.17880)

SERIZAWA, M.; UDA, T. & MIYAHARA, S. 2012. Development of Sand Spits and Cuspate Forelands with Rhythmic Shapes and Their Deformation by Effects of Construction of Coastal Structures. *Computational and Numerical Simulations*, 19:419-450. (doi:10.5772/57043)

SEMA-RS (s/d). Parque Estadual do Camaquã. Secretaria do Meio Ambiente e Agricultura – online, Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível <https://www.sema.rs.gov.br/parque-estadual-do-camaqua>. (acesso: 2019).

SILVA, M. J. B. & SERPA, C. G. 2015. Estudo da evolução morfodinâmica do campo de dunas da praia do Cassino (Brasil) a partir de geotecnologias. *Scientia Plena* 11(2):1-13.

SMITH, M.J.; CROMLEY, R.G. 2012. Measuring historical coastal change using GIS and the change



polygon approach. *Transactions in GIS*, 16(1):3-15. (doi:10.1111/j.1467-9671.2011.01292.x)

SOUTO, L. R. 2013. Breve análise das unidades de conservação estaduais do Rio Grande do Sul e a disponibilidade dos planos de manejo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental). Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, RS, Brasil. 51 p.

STOCKDON, H.F.; SALLENGER, A.H.; LIST, J.H.; HOLMAN, R.A. 2002. Estimation of Shoreline Position and Change Using Airborne Topographic Lidar Data. *Journal of Coastal Research*, 18(3):502-513. (ISSN:0749-0208)

THIELER, E.R.; HIMMELSTOSS, E.A.; ZICHICHI, J.L. & ERGUL, A. 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. (doi:10.3133/ofr20081278)

ZENKOVITCH, V. P. 1959. On the genesis of cusped spits along lagoon shores. *Journal of Geology*. 67(3):269-277. (doi:10.1086/626583)

ZENKOVICH, V.P. 1967. *Processes of Coastal Development*. 738p., Interscience Publishers New York, EUA. (ISBN:0050017284, 978-0050017289)