

Capítulo XI

*Estudo comparativo entre ferramentas de quantificação
da variação da linha de costa: Estudo de caso do
Balneário Hermenegildo/RS - Brasil*



ESTUDO COMPARATIVO ENTRE FERRAMENTAS DE QUANTIFICAÇÃO DA VARIACÃO DA LINHA DE COSTA: ESTUDO DE CASO DO BALNEÁRIO HERMENEGILDO/RS - BRASIL

Lauren Farias Cruz¹; Miguel da Guia Albuquerque²; Jean Marcel de Almeida Espinoza³; Tiago Borges Ribeiro Gandra²

¹ Universidade Federal do Rio Grande – FURG – Campus Carreiros, Av. Itália, km 8, Rio Grande - RS, Brasil, CEP: 96203-900 (laurenfcruz@gmail.com). ² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Rio Grande, Rua Engenheiro Alfredo Huch, 475, Rio Grande-RS, Brasil, CEP: 96201-460 (miguel.albuquerque@riogrande.ifrs.edu.br; tiago.gandra@riogrande.ifrs.edu.br). ³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Campus Caçador, Avenida Fahdo Thomé, 3000, Caçador - SC, Brasil, CEP: 89500-000 (jean.espinoza@ifsc.edu.br).

RESUMO

No contexto do monitoramento dos ambientes costeiros, os efeitos causados por eventos extremos devem ser analisados e quantificados com intuito de avaliar se os impactos ocorreram em todo segmento costeiro ou em áreas pontualmente suscetíveis. A linha de costa pode ser utilizada como um indicador natural para avaliar tais impactos, a medida que é empregada em uma análise comparativa da movimentação da linha de costa ao longo do tempo. Esse estudo se propôs a traçar um comparativo entre a técnica *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) e Polígono de Mudança, para quantificar o processo erosivo ocorrido na praia do Hermenegildo, Sul do Brasil. A localidade foi escolhida por apresentar desde o fim dos anos de 1990 um processo erosivo consolidado. O deslocamento da linha de costa foi calculado a partir de uma série histórica de imagens dos anos de 2000 a 2018. Os resultados demonstram que tanto para o DSAS quanto para o Polígono de Mudança, a praia do Hermenegildo apresenta um caráter erosivo. A principal diferença entre as ferramentas está na forma de apresentação dos resultados. O DSAS tem como limitação a estimativa do deslocamento da linha de costa em forma de transectos, o que pode dificultar a interpretação espacial das informações quando comparadas a dados *in situ*. O Polígono de Mudança apresenta essas mudanças na forma de áreas erodidas e acrescidas, o que facilita a visualização e interpretação dos resultados. Independente da abordagem utilizada é importante que os gestores costeiros conheçam as vantagens, limitações e erros dessas ferramentas, de forma a se ter uma abordagem mais efetiva junto a problemática da erosão.

Palavras-chave: Deslocamento da linha de costa, DSAS, Polígono de Mudança.

Comparative study between tools for quantification of coastline variation: Case study of the Hermenegildo beach/RS - Brazil

ABSTRACT

In the context of coastal environments monitoring, the effects caused by extreme events must be analyzed and quantified in order to assess whether the impacts occurred in the entire coastal segment or in areas that are occasionally susceptible. The shoreline can be utilized as a natural indicator to evaluate such impacts, as they are used in a comparative analysis of shoreline movement in the time. This study aims a comparative between the techniques *Digital Shoreline Analysis System* and the *Change Polygon*, to quantify the erosive process occurring at Hermenegildo beach, southern Brazil. The location was chosen because it has had a consolidated erosive process since the late 1990s. The shoreline displacement was calculated from a historical series of images from the years 2000 to 2018. The results showed that for both DSAS and *Change Polygon*, Hermenegildo Beach has an erosive character. The main differences among the tools are in the way of presenting the results. The DSAS has the limitation of estimating the shoreline displacement in the form of transects, which can make it difficult to spatially interpret the information when compared to data *in situ*. The *Change Polygon* presents these changes in the form of eroded and added areas, which facilitates the visualization and interpretation of the results. Regardless of the approach used, it is important that coastal managers know the advantages, limitations and errors of these tools, in order to have a more effective approach to the problem of erosion.

Keywords: Shoreline movement, DSAS - *Digital Shoreline Analysis System*, *Change Polygon*.

INTRODUÇÃO

A linha de costa é uma feição geomorfológica com topografia variável e sujeita a alterações repentinas na escala de tempo-espço, podendo sofrer grandes mudanças em poucas horas, como na ocorrência de ondas de tempestades. Praias arenosas ocupam um terço da costa global (LUIJENDIJK *et al.*, 2018) e têm sido densamente povoadas devido a comodidade e estética que proporcionam (PONTEE, 2003). Desta forma, um conhecimento da dinâmica e comportamento da linha de costa é relevante para auxiliar a gestão de áreas costeiras e minimizar riscos e prejuízos causados pelas variações na linha de costa.

O ambiente costeiro possui uma natureza dinâmica, que geralmente é incompatível com a fixação de infraestruturas ou construções resultantes da ocupação antrópica. Para uma ocupação humana equilibrada do litoral é necessário primeiro identificar os padrões temporais e espaciais na dinâmica litorânea. Aplicações práticas dos estudos das oscilações da linha de costa estão inseridas no contexto de identificação de áreas de risco, quantificação da perda de terrenos, determinação de linhas de recuo para construção e a delimitação de zonas suscetíveis à inundação (NRC, 2001). Contudo, o desconhecimento das flutuações da linha de costa em diferentes escalas temporais e espaciais ou a interpretação falha desses dados conduz gestores de municípios costeiros e engenheiros a tomar decisões equivocadas (STIVE *et al.*, 2002).

A rapidez com que as alterações nos sistemas costeiros estão acontecendo torna necessária a obtenção de dados precisos, de forma rápida e que permita uma atualização constante. Desta forma, o emprego de imagens de sensores orbitais de diferentes épocas, de técnicas de detecção de mudança e das geotecnologias são ferramentas essenciais para a quantificação dessas taxas de recuo, bem como para projeção das posições futuras da linha de costa.

Nas últimas décadas, a zona costeira do Brasil vem sofrendo com uma maior intensidade de eventos extremos (ressacas marítimas, elevação no nível médio do mar, dentre outros aspectos). Para o

litoral do Rio Grande do Sul (RS), embora 76% da sua costa não seja urbanizada e menos de 4% de sua população esteja vivendo nos municípios costeiros (ESTEVES *et al.*, 2000), eventos erosivos tem provocado diversas perdas econômicas.

O avanço da linha de costa em direção ao continente pode ocasionar prejuízos à zona costeira, como mudanças na dinâmica praias e desgaste de construções civis, além de poder resultar também em impactos de ordem socioeconômica (PAULA & FARRAPEIRA NETO, 2017). Na literatura costeira existem diversas técnicas que podem ser utilizadas para quantificar de forma métrica, as variações ocorridas em um segmento costeiro. Dentre as mais conhecidas se destacam o *Digital Shoreline Analysis System* - DSAS (LUIJENDIJK *et al.*, 2018; DEL RIO *et al.*, 2013; THIELER *et al.*, 2009; THIELER *et al.*, 1994) e o Polígono de Mudança (*Change Polygon* - CP) (LEAL *et al.*, 2018; ANFUSO *et al.*, 2016; ALBUQUERQUE *et al.*, 2013; SMITH & CROMLEY, 2012). Estudos que levam em conta o uso dessas e de outras técnicas existentes são de grande importância para os gestores, tendo em vista que muitos municípios costeiros do Brasil têm apresentado problemas sérios ligados à erosão. A partir do exposto, o presente estudo visou um comparativo entre as ferramentas DSAS e Polígono de Mudança, para quantificar as variações espaço-temporais ocorridas na linha de costa da Praia do Hermenegildo, litoral do Rio Grande do Sul.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Balneário Hermenegildo localiza-se no município de Santa Vitória do Palmar, na porção ao Sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1). As primeiras ocupações na região são datadas de 1947, e são catalogadas como sendo sobre a região do campo de dunas. Após um evento extremo catalogado em 1999, a paisagem da região passou a se caracterizar pela presença de construções para a proteção das casas, as quais estão alocadas sobre as dunas frontais (ALBUQUERQUE, 2013).

A linha de costa da praia do Hermenegildo possui uma orientação NE-SW, com direção dos ventos

predominantemente NE, e clima de ondas provenientes dos quadrantes Sul e Nordeste (MACHADO, 2014). Em termos morfodinâmicos, a localidade apresenta uma

classificação que varia do estado dissipativo a intermediário, segundo a classificação proposta por WRIGHT & SHORT (1984).

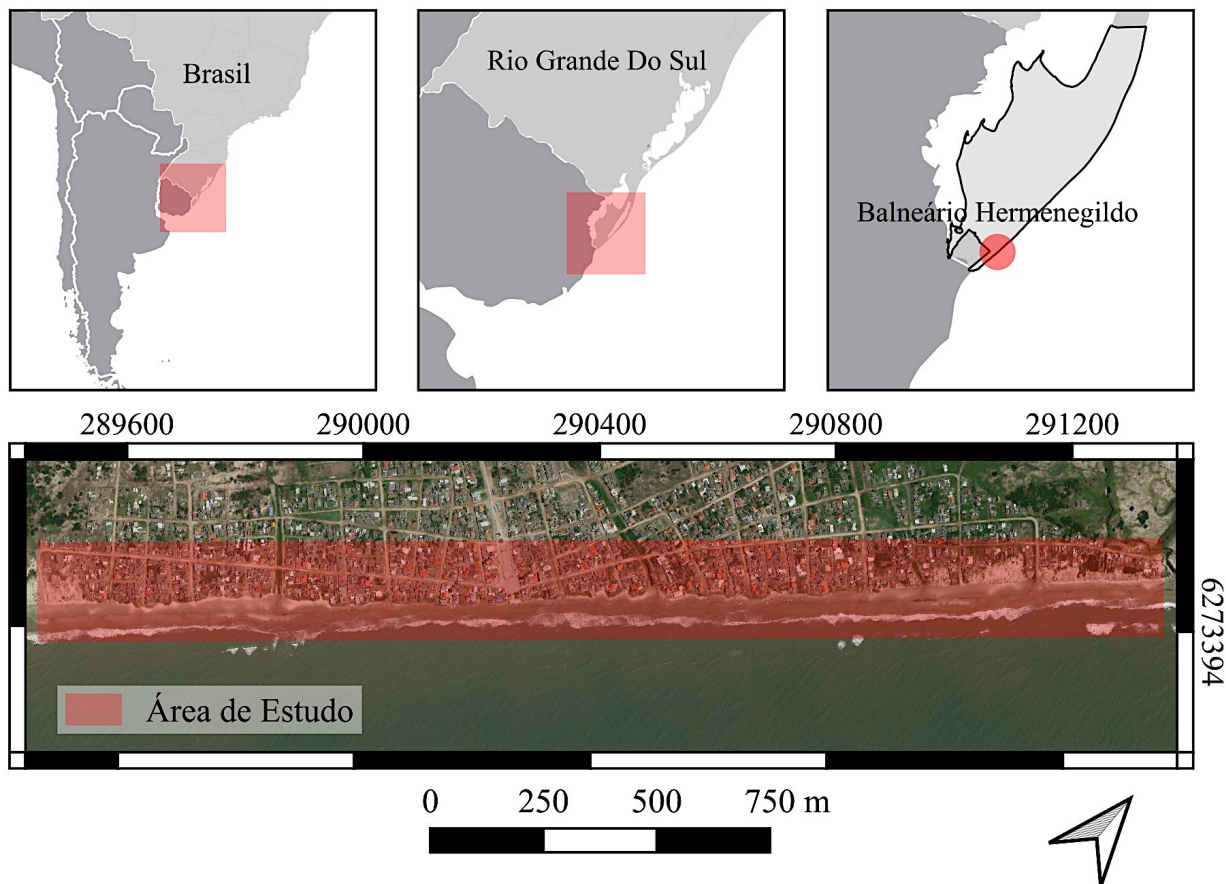


Figura 1. Localização da área de estudo.

Desde os anos 1990 diversos autores (e.g., ESTEVES *et al.*, 2000; SPERANSKI & CALLIARI, 2006; ALBUQUERQUE *et al.*, 2013) têm relatado que o balneário apresenta uma tendência erosiva da sua linha de costa, sendo que as causas desse fenômeno ainda não são consolidadas. Segundo ESTEVES *et al.* (2000), o evento de alta energia que atingiu o Balneário Hermenegildo em abril de 1999 resultou na perda de parte de casas ou terreno de 82% dos residentes próximos à linha de costa entrevistados no estudo, exemplificando o potencial destrutivo da erosão. No estudo de SPERANSKI & CALLIARI (2006), foi apontado o estado erosivo da praia como consequência da complexa batimetria da antepraia e plataforma interna, a qual apresenta uma lente côncava coincidente com a direção das ondas que chegam ao Balneário. As taxas de recuo da linha de costa do Balneário Hermenegildo de 1947 a 2012

foram descritas por ALBUQUERQUE (2013), atingindo os seguintes resultados médios: de 1947 a 1964, 0,2m/ano; de 1964 a 1975, 0,61m/ano; de 1975 a 1996, 0,41m/ano; de 1996 a 2000, 6,29m/ano; de 2000 a 2005, 2,37m/ano e de 2005 a 2006, 5,25m/ano. Após 2006 todos os valores encontrados são inferiores a 1m/ano, o que foi justificado pelo fato das edificações nas dunas frontais já terem sido consolidadas a partir desse período.

Além de fatores naturais, a forma de uso e ocupação humana da costa pode ser apontada como um fator agravante do processo erosivo na região. Uma vez que existem construções edificadas sobre as dunas frontais, há o favorecimento da diminuição das barreiras naturais entre continente e mar, bem como a diminuição de área de estoque de areia (dunas), que podem alterar o equilíbrio de sedimentos entre os meses de acúmulo (verão) e perda (inverno).

MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho teve como ponto de partida a organização de um banco de dados composto por informações de variação da linha de costa, obtidos por levantamento bibliográfico, e a aquisição e processamento (*e.g.*, ajuste de coordenadas e correção) de um conjunto de cenas obtidas por sensores orbitais de altíssima resolução espacial ($\sim 0,5\text{m}$) e fotografias aéreas obtidas por VANT. As linhas de costa foram vetorizadas em tela e utilizadas como dados de entrada em duas diferentes ferramentas: (1) *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS¹), desenvolvida pelo Woods Hole Coastal and Marine Center e disponibilizado como complemento do software ArcGIS; e (2) o método de Polígono de Mudança (CP) através de ferramentas de análise vetorial no software QGIS 3.1.

As taxas de variação da linha de costa, bem como os prós e contras de cada um dos métodos foram apontados, permitindo avaliar o desempenho das duas ferramentas na quantificação de variações da linha de costa no ambiente costeiro estudado. Os procedimentos aplicados foram resumidos no fluxograma da Figura 2.

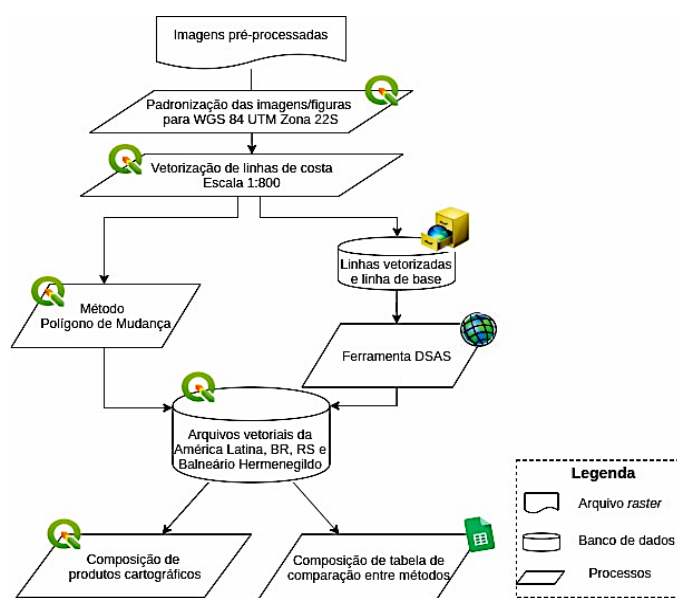


Figura 2. Fluxograma metodológico.

¹ <https://www.usgs.gov/centers/whcmssc/science/digital-shoreline-analysis-system-dsas>

Aquisição e tratamento prévio de dados

Para composição do banco de dados espacial com as informações sobre a dinâmica da linha de costa ao longo da área de interesse, foram utilizadas imagens orbitais dos sensores da série de satélites GeoEye® (e complementarmente Quickbird®, ADAR e AIBOTIX-X6), para o intervalo temporal compreendido entre os anos de 2000 e 2018, descritas na Tabela I. Essas datas foram selecionadas devido à disponibilidade em acervo, a não presença de nuvens, utilizadas para vetorização manual da linha de costa posteriormente descrita.

Tabela I. Imagens orbitais empregadas na análise territorial da área de interesse.

| Sensor/ Resolução | Ano de aquisição | Erro médio quadrático (RMS) |
|---|------------------|-----------------------------|
| ADAR/ 0,50m | 2000 | 0,460m |
| Quickbird/ 0,50m | 2005 | 0,490m |
| Geoeye/ 0,50m | 2006 | 0,410m |
| Geoeye/ 0,50m | 2007 | 0,489m |
| Geoeye/ 0,50m | 2010 | 0,345m |
| Geoeye/ 0,50m | 2013 | 0,443m |
| Nikom/ 0,20m | 2016 | 0,386m |
| Geoeye/ 0,50m | 2018 | 0,228m |
| Erro médio quadrático do banco de dados | | 0,406m |

O processo de correção espacial e adequação de coordenadas foi realizado por meio de pontos de controle coletados na imagem-base a cena GeoEye® do ano de 2013, que por sua vez foi georreferenciada por meio de pontos de controle coletados com GPS-RTK com erro médio quadrático (RMS) de 0,44m (ALBUQUERQUE, 2013). O sistema de coordenadas projetadas foi o Universal Transverso de Mercator (UTM), datum de referência WGS84, zona 22-Sul.

Com o banco de dados ajustado e com sua imprecisão estimada, foi efetuada a vetorização manual da linha de costa em escala fixa em 1:800 para cada uma das cenas. A delimitação da linha de costa geralmente é feita a partir de um indicador o qual, segundo BOAK & TURNER (2005), é utilizado para representar a linha de costa verdadeira. O indicador de linha de costa utilizado foi a linha de escarpa das estruturas, a qual é coincidente com a escarpa das dunas frontais em alguns locais do segmento costeiro.

Aplicação das ferramentas de análise de linha de costa

Digital Shoreline Analysis System

O *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) é uma aplicação que tem como função computar estatísticas relacionadas à taxa de mudança da linha de costa para uma série temporal de vetores (THIELER *et al.*, 2009). O DSAS exige a criação de linhas adicionais, que são representadas na Figura 3, sendo elas: (1) uma linha de mesma extensão das linhas de costa e paralela a elas na porção continental e sem vértices, denominada como linha de base continental; (2) uma linha de mesma extensão das linhas de costa e paralela a elas na

porção oceânica e sem vértices, denominada como linha de base oceânica; e, (3) duas outras linhas posicionadas nas extremidades da linha anterior e ortogonais a essa, denominadas como fechamentos, em virtude de limitarem a área de análise.

Para a implementação do DSAS, alguns detalhes tiveram de ser conferidos: (1) sistema de coordenadas dos dados em UTM, (2) a criação de coluna na tabela de atributos de cada vetor linha do banco de dados com os parâmetros “incerteza” e “data”, que devem respeitar o mesmo intervalo de tempo entre datas consecutivas. Foi construindo um GeoDataBase com os vetores das linhas de costa e linha de base, com o uso da ferramenta ArcCatalog® do sistema ArcGIS®.

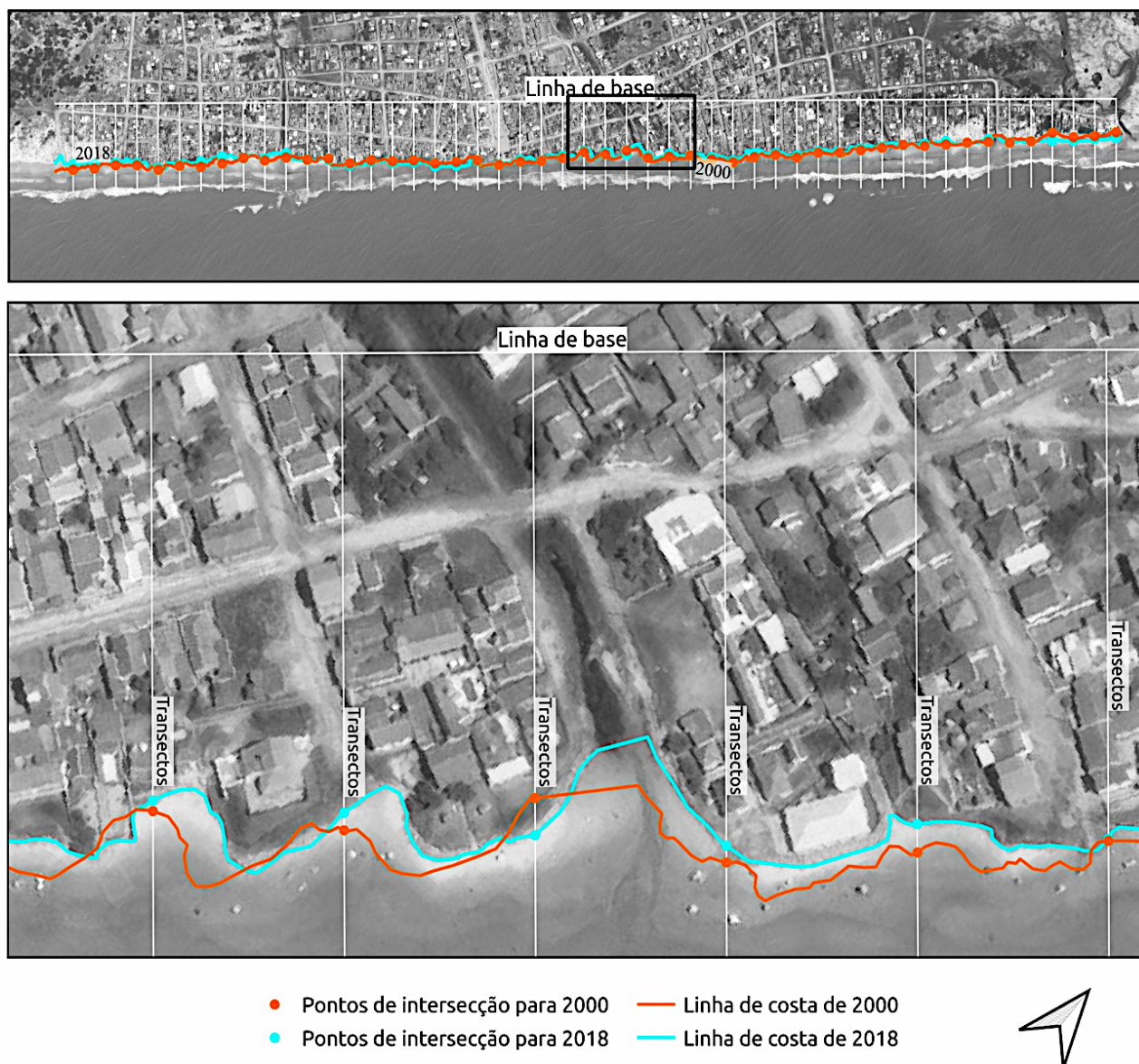


Figura 3. Representação dos elementos do processo DSAS.

Em uma primeira etapa, foram gerados transectos para cada data, em intervalos equidistantes de 50m. Estes transectos são utilizados para o cálculo dos pontos de interseção entre as linhas de costa e cada transecto, para posterior cálculo da distância entre os pontos de interseção com as linhas de base. Com isso a ferramenta estima a taxa de variação média da linha de costa e por transecto para cada intervalo temporal por meio de distintos de métodos. O método estatístico escolhido neste trabalho foi o *Linear Regression Rate* - LRR.

Método do Polígono de Mudança

Para a ferramenta Polígono de Mudança (CP), o processamento se resumiu a quatro etapas: (1) união das linhas de base e das linhas de fechamento com a

linha de costa de cada data de interesse, gerando assim um polígono para cada data analisada; (2) conversão desse polígono em um raster para cada data; (3) subtração dos rasters de datas sequentes, gerando um raster diferença que representou a diferença entre as datas e, (4) conversão do raster diferença em um vetor polígono e cálculo de suas características geométricas (área e perímetro), como demonstra a Figura 4.

Os resultados obtidos para o polígono diferença de cada data foram (A) áreas sem mudança, indicadas com valores zero na imagem diferença, (B) áreas com acresção indicadas com valores positivos na imagem diferença e (C) áreas com erosão, indicadas com valores negativos na imagem diferença.



Figura 4. Representação do processo do Polígono de Mudança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o DSAS (Figura 5), os intervalos amostrais mais representativos foram 2000 a 2005, onde o segmento costeiro apresentou uma acresção de 0,46m, com deslocamento anual de 0,092m/ano; 2005 a 2007 que apresentou uma retração de -0,189m, com deslocamento anual de -0,095m/ano. Os intervalos de 2007 a 2010, 2010 a 2013, e 2013 a 2016 se apresentaram estáveis. Por fim, o intervalo de 2016 a 2018 apresentou uma acresção de 0,193m, com um deslocamento anual de 0,097m/ano.

Para o período de 2000 a 2018, a taxa de deslocamento médio da linha de costa foi de 1,45m, com uma taxa de deslocamento anual de 0,08 m/ano. Diversos estudos apontam que a praia do Hermenegildo se encontra em um processo erosivo

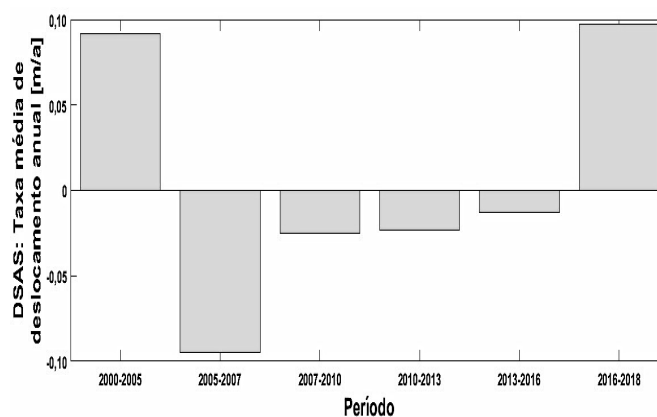


Figura 5. Taxa média de deslocamento da linha de costa através da ferramenta DSAS.

(e.g. LEAL *et al.*, 2018; MACHADO, 2014; ALBUQUERQUE *et al.*, 2013; ESTEVES *et al.*, 2000) dessa forma, o padrão acrescivo apresentado pelo DSAS para o período de 2000 a 2018 está em desacordo com o comportamento registrado

localmente a partir de monitoramentos *in situ* realizados preteritamente.

Estudos realizados por ANFUSO *et al.* (2016) e ALBUQUERQUE *et al.* (2013) têm demonstrado que para segmentos costeiros que apresentam muitas reentrâncias, como é o caso da praia do Hermenegildo, dados obtidos pelo DSAS podem, por vezes, subestimar ou superestimar as taxas de deslocamento da linha de costa. Para o litoral estudado, o setor central apresentou uma maior estabilidade, pois apresenta estruturas rígidas de contenção, as quais proporcionam uma maior fixação da linha de costa. Em contrapartida, os extremos

do segmento costeiro apresentaram as maiores variações, pois são caracterizadas pela presença de um campo de dunas frontais.

Quando analisada a variação média temporal de cada transecto foi observado que para o DSAS, os transectos iniciais apresentam maiores taxas de erosão (Figura 6), justamente por ser um setor do segmento costeiro com a presença de um campo de dunas e sem estruturas costeiras rígidas. Nota-se algumas variações altas em meio a transectos com uma variação baixa, sendo estradas e canais que desembocam na praia.

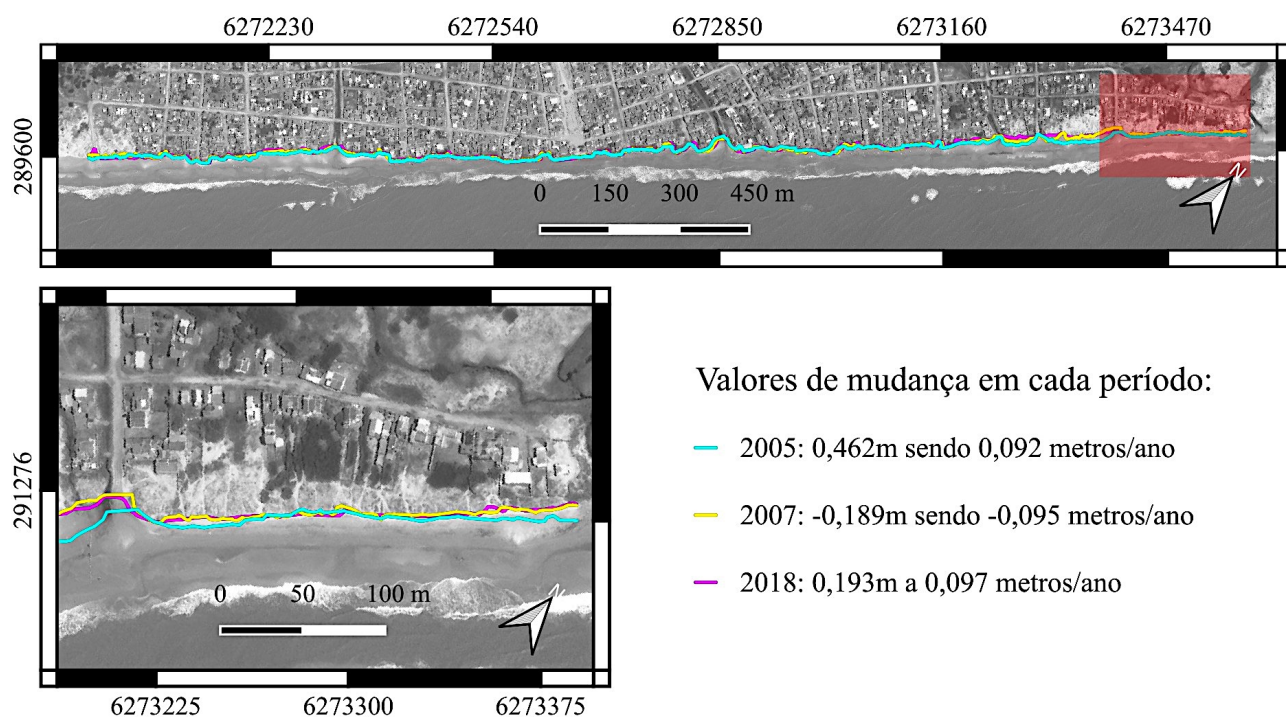


Figura 6. Comportamento da linha de costa com taxas da ferramenta DSAS, para os períodos de 2000 a 2005, 2005 a 2007 e 2016 a 2018.

A alta variabilidade dos transectos em determinados locais do segmento costeiro tem corroborado com as discussões levantadas nos trabalhos de ANFUSO *et al.* (2016), ALBUQUERQUE *et al.* (2013) e ALBUQUERQUE (2013). Segundo os autores, para segmentos costeiros caracterizados por muitas reentrâncias, uma análise do deslocamento da linha de costa por setores, levando em conta a presença ou ausência de estruturas rígidas, e o tipo de material das estruturas (*e.g.* madeira, concreto, entre outras), são mais representativas e traduzem melhor a situação atual, quando comparadas a dados pretéritos coletados *in situ*.

Para a ferramenta Polígono de Mudança (CP) foi estimado que entre o período de 2000 a 2005 houve um processo de retração, com estimativas de taxas médias de recuo de -0,39m/ano. Nos dois intervalos seguintes (período de 2005 a 2007 e 2007 a 2010) a região continuou com uma tendência erosiva, com taxas médias de -0,851m/ano e -0,288m/ano, respectivamente (Figura 7).

O intervalo amostral 2010-2013 apresentou uma taxa de acreção de 0,185 m/ano. Contudo, o período de 2013 a 2016 foi o que apresentou a maior taxa de retrogradação (-1,151 m/ano). Entre 2016 a 2018, o segmento costeiro voltou a

apresentar um acúmulo de sedimentos, com valores de deslocamento da linha de costa de 1,283 m/ano (Figura 6). Essa inferência corrobora o compor-

tamento registrado localmente realizado por ALBUQUERQUE *et al.* (2013), onde a área se mostra com comportamento erosivo.

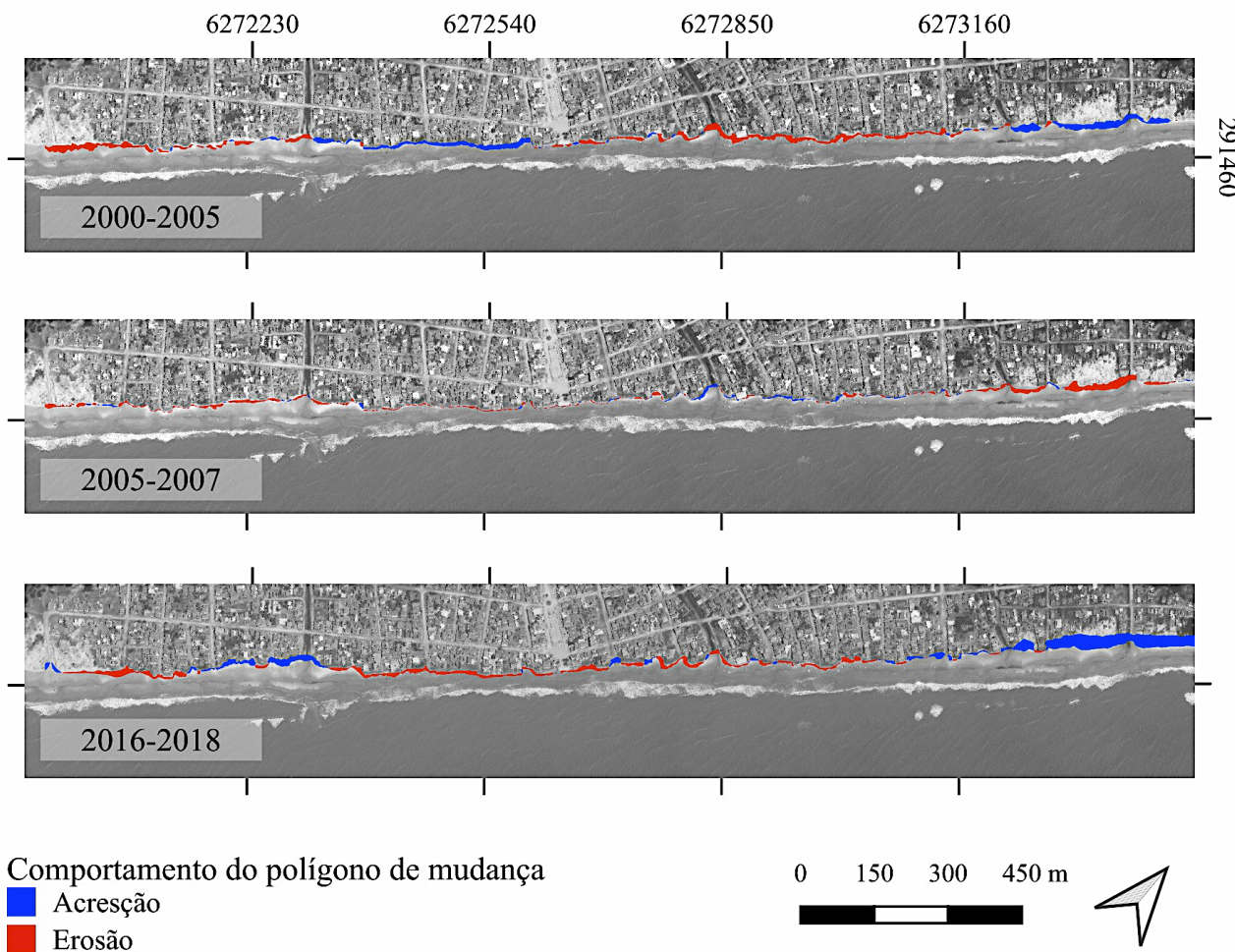


Figura 7. Comportamento da linha de costa pela ferramenta Polígono de Mudança, para os períodos de 2000 a 2005, 2005 a 2007 e 2016 a 2018.

Considerando todo o período da análise, compreendido entre os anos de 2000 a 2018, a praia do Hermenegildo foi enquadrada como de comportamento erosivo, apresentando uma taxa média de movimentação da linha de costa de -0,094 m/ano. A porção centro-sul apresentou uma tendência de acresção, quando comparada a todo o segmento costeiro. Esse fenômeno se deu muito em função da presença de estruturas rígidas de contenção à erosão na localidade, as quais possibilitaram a deposição e contenção de sedimentos. No extremo norte da área em questão, foi observado um pequeno trecho em acresção. A região em questão não apresenta estruturas de contenção, de forma que a deposição de sedimentos

ocorreu em função da recomposição do campo de dunas frontais.

Para ambos os métodos, os saldos de deslocamento médio da linha de costa não corroboram, quando comparados os intervalos analisados (Figura 8). Um estudo feito por ALBUQUERQUE *et al.* (2013) para a mesma localidade, demonstrou o mesmo padrão de saldo de deslocamento médio observado no presente estudo. A explicação para tal discrepância se dá no fato de que a ferramenta Polígono de Mudança permite que se trabalhe com a área de todo o segmento costeiro. O mesmo não ocorre com o DSAS, que utiliza uma linha base arbitrária e transectos equidistantes como fonte de medição costeira.

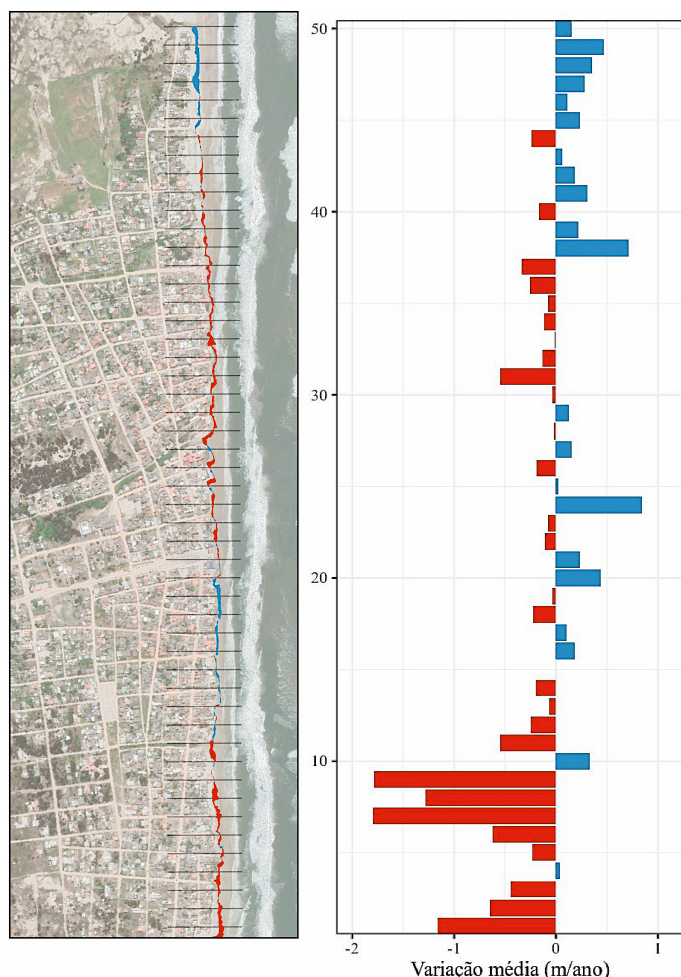


Figura 8. Comparação de valores médios de deslocamento da linha de costa para o período de 2000 a 2018 entre DSAS e Polígono de Mudança.

Para o DSAS, ALBUQUERQUE *et al.* (2013) e ALBUQUERQUE (2013) discutiram que os valores obtidos para taxa de deslocamento da linha de costa tendem a ser subestimados ou superestimados, dependendo da distribuição espacial dos transectos. Em caso de regiões que apresentem muitas reentrâncias no segmento costeiro, é possível transectos estejam localizados sobre pontos excessivamente erosivo ou acrescivo, ou em estruturas rígidas de contenção, influenciando nas taxas médias de variação da linha de costa.

Quando comparados, por exemplo, os resultados deste estudo obtidos pelo DSAS e Polígono de Mudança para o intervalo 2013-2016, com os resultados apresentados por ALBUQUERQUE *et al.* (2018), se observa que os deslocamentos obtidos pelo DSAS estão subestimados. Segundo ALBUQUERQUE *et al.* (2018), no ano de 2016 a praia do Hermenegildo apresentou

um pico de retração no setor norte de 5,91m, devido a evento extremo ocorrido dia 26 de outubro de 2016 com valores médios de 3,45m de retração segundo o método de polígono de mudança e insignificantes pelo DSAS (0,04 m).

Outros estudos (*e.g.*, LEAL *et al.*, 2018; ANFUSO *et al.*, 2016; ALBUQUERQUE *et al.*, 2013 e SMITH & CROMLEY, 2012) destacaram que a ferramenta Polígono de Mudança (CP) tem sido a melhor abordagem a ser utilizada, quando se trata de áreas costeiras com muitas reentrâncias. A utilização de duas linhas de costa obtidas em datas distintas, feitas pelo Polígono de Mudança, ao invés de uma linha base arbitrária (utilizada pelo DSAS), tem se mostrado satisfatório para os estudos comparativos visando quantificar as taxas de deslocamento da linha de costa.

Os efeitos causados pela incidência de eventos extremos, por ações antrópicas, dentre outros fatores, devem ser analisados e quantificados com intuito de avaliar se o impacto desses eventos ocorreu em todo segmento costeiro ou em áreas pontuais. Nessa perspectiva, diferentes abordagens apresentam potencialidades e restrições, como apontadas na Tabela II, sendo importante para os gestores costeiros conhecer as vantagens, desvantagens de cada uma das ferramentas.

Tabela II. Comparativo entre as características das ferramentas DSAS e Polígono de Mudança.

| Características | DSAS | Polígono de Mudança |
|--|---|--------------------------------------|
| Área de mudança | Não realiza cálculo | É o seu principal resultado |
| Distância entre linhas | É o seu principal resultado | A distância média pode ser calculada |
| Interface gráfica intuitiva | Parcialmente | Não se aplica |
| Produtos estatísticos | Sim | Não |
| É ferramenta automatizada | Sim | Não |
| Disponibilidade em sistemas operacionais | Windows | Windows, Linux, IOS |
| Resultados gráficos automáticos | Não | Não |
| Licença comercial | Não, mas funciona em software que necessita | Depende do software utilizado |

Um dos principais entraves ao uso do DSAS, por exemplo, está no fato das estatísticas serem calculadas pontualmente em cada transecto, dispensando a região entre os mesmos. Além desse fator, se soma como entrave ao uso do DSAS a necessidade do sistema proprietário ARCGIS®, o que acarreta em custos adicionais ao usuário.

Contudo, independente da abordagem empregada é importante que os gestores tenham conhecimento das características de ambas as ferramentas utilizadas nesse estudo, de forma a auxiliar nos processos de tomada de decisão.

CONCLUSÕES

Independente da abordagem utilizada para realizar o cálculo do deslocamento da linha de costa da praia do Hermenegildo, ambas as proposições utilizadas nesse estudo apresentaram diferentes pontos de vista quanto à robustez e limitações. Diversos estudos têm mostrado que os resultados da ferramenta Polígono de Mudança, quando comparada a DSAS, têm apresentado uma boa resposta para segmentos litorâneos que apresentam muitas reentrâncias ou falta de homogeneidade na movimentação da linha de costa.

Como esperado, os métodos DSAS e Polígono de Mudança mostraram sua conformidade geral com os resultados, diferindo, principalmente, quanto à forma de apresentação. Como limitação, a apresentação das estimativas sob a forma de transectos, em analogia aos dados que se obtinha em levantamentos de perfis de praias, acaba por dificultar uma interpretação espacial do comportamento total e contínuo da praia. Por outro lado, o método CP, por apresentar os resultados na forma de áreas erodidas ou acrescidas, facilita a visualização e interpretação dos resultados por parte do usuário. A aplicação dessas metodologias corrobora com a certeza de que a utilização de métodos automatizados auxilia na avaliação da dinâmica da linha de costa por meio de linhas vetorizadas digitalmente, ajudando a diminuir a subjetividade neste tipo de monitoramento.

Tendo em vista que as diferentes abordagens apresentam potencialidades variadas, um conhecimento dos erros e limitações de cada uma das ferramentas é fundamental para um melhor planejamento de ações junto às zonas costeiras que se encontram em erosão. Por fim, estudos que levam em consideração a abordagem comparativa entre metodologias são de grande importância, visto que os gestores costeiros municipais necessitam de um conhecimento da dinâmica da região para então

traçar as melhores estratégias de mitigação a problemática.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Rio Grande, pelo auxílio e incentivo à pesquisa científica. Ao professor Deivid Cristian Leal Alves pelas suas contribuições para realização do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, M.; LEAL ALVES, D.C.; ESPINOZA, J.; OLIVEIRA, U.R. & SIMÕES, R. 2018. Determining shoreline response to meteorological events using remote sensing and unmanned aerial vehicle (UAV): case study in Southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, 85(SI): 766–770.
- ALBUQUERQUE, 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(SI): 1710–1714.
- ALBUQUERQUE, M.G. 2013. *Análise Espaço-Temporal das Causas da Variabilidade da Linha de Costa e Erosão na Praia do Hermenegildo*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 127p.
- ANFUSO, G.; BOWMAN, D.; DANESE, C. & PRANZINI, E. 2016. Transect based analysis versus area based analysis to quantify shoreline displacement: spatial resolutions issues. *Environment Monitoring Assessment*, 188(10): 568. (doi:10.1007/s10661-016-5571-1).
- BOAK, E.H. & TURNER, I.L. 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 214: 688–703.
- ESTEVES, L.S. ; PIVEL, M.A.G. ; SILVA, A.R.P. ; BARLETTA, R.C.; VRANJAK, M.P.; OLIVEIRA, U.R. & VANZ, A. 2000. Beachfront owners

- perception of beach erosion along an armored shoreline in southern Brazil. *Pesquisas em Geociências (UFRGS)*, 27(2): 97-109.
- LEAL, K.B.; OLIVEIRA, U.R. & ESPINOZA, J.M.A. 2018. Variação do limite praia duna nos Balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí – RS no intervalo entre 2003-2015. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 9(1): 25-37.
- LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGUE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G. & AARNINKHOF, S. 2018. The state of world's beaches. *Nature*, 8: 6641.
- MACHADO, A.A. 2014. *Estudo dos padrões atmosféricos sinóticos geradores de eventos extremos de altura de onda, intensidade de vento, marés meteorológicas e erosão na costa do Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande, Brasil. 87p.
- NRC. 2001. *Marine Protected Areas: Tools for Supporting Marine Ecosystems*. National Research Council [s.l: s.n.].
- PAULA, D.P. & FARRAPEIRA NETO, C.A. 2017. Resposta de uma praia arenosa a um evento de ressaca do mar: o caso da Praia do Icaraí (Caucaia, Ceará, Brasil). *Ateliê Geográfico*, 11: 184-204.
- PONTEE, N. 2013. Defining coastal squeeze: A discussion. *Ocean & Coastal Management*, 84: 204-207.
- 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.
- SPERANSKI, N.S. & CALLIARI, L.J. 2006. Padrões de refração de ondas para a costa do Rio Grande do Sul e sua relação com a erosão costeira. In: MUEHE D. (Ed.). *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*, pp. 446-454. Brasília, Ministério do Meio-Ambiente (MMA), Governo Federal.
- STIVE, M.J.F.; AARNINKHOF, S.G.J.; HAMM, L.; HANSON, H.; LARSON, M.; WIJNBERG, K.M.; NICHOLLS, R.J. & CAPOBIANCO, M. 2002. Variability of shore and shoreline evolution. *Coastal Engineering*, 47(2): 211–235.
- 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 changes. U.S. Geological Survey Open-file Report, pp. 1008-1278.
- WRIGHT, L.D. & SHORT, A.D. 1984. Morphodynamic variability of beaches and surf zones, a synthesis. *Marine Geology*, 56: 92-118.