Revista da ANPEGE. v. 17. nº. 33, p. 183 - 208, ANO 2021. e-ISSN: 1679-768X
https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege. // DOI 10.5418 / ra2021.v17i33.10736

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS DA ORLA DOS BALNEÁRIOS DA COSTA CENTRAL E SUL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – BRASIL

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS EN EL BORDE COSTERO EN LAS PLAYAS DE LA COSTA CENTRAL Y SUR DEL ESTADO DE RIO GRANDE DEL SUR – BRASIL

GEOMORPHOLOGICAL ASPECTS OF THE BEACH SHORE OF THE CENTRAL AND SOUTHERN COAST OF THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL – BRAZIL

Ulisses Rocha Oliveira | Rodrigo Silva Simões | Guilherme Silva Rodrigues | Monique Macedo | Luis Zúñiga Maureira | Lauro Júlio Calliari

RESUMO

O presente trabalho visa analisar a orla oceânica dos balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí, localizados no extremo sul do Brasil, do ponto de vista geomorfológico, como subsídio ao planejamento e gestão. Foram caracterizadas a barreira arenosa costeira (onde estão inseridos os balneários) e o sistema praia-duna das orlas urbanizadas. A partir disso, foram apontadas questões sobre o planejamento e gestão, enfatizando as dunas frontais. As áreas de estudo apresentam alguns aspectos semelhantes no âmbito do Quaternário costeiro e do sistema praia duna atual, havendo variações intrarregionais. Ao comparar as áreas, há relevantes aspectos distintos, podendo subdividir em orlas um pouco mais estáveis, onde as dunas conseguem se manter e até se desenvolver (Cassino e Mar Grosso), e orlas onde o mar avança mais, diminuindo ou até suprimindo as dunas situadas entre as áreas urbanizadas e a faixa de praia (Hermenegildo, Mostardense e Barra do Chuí).

Palavras-chave: Dinâmica costeira; urbanização da orla; planejamento e gestão.

ABSTRACT:

This paper aimed to analyze the oceanic coastline that stretches along Mostardense, Mar Grosso, Cassino, Hermenegildo and Barra do Chuí beaches, which are in the extreme south of Brazil, from the geomorphological point of view, as data for planning and management. Both the coastal sandy barrier (where these beaches are located) and the beach-dune system of urbanized coastlines were characterized. Based on it, questions about planning and management were brought up, with emphasis on front dunes. Study areas exhibited some aspects that were similar to the ones found in the coastal Quaternary and in the current beach dune system, with intraregional variations. When areas were compared, relevant aspects were found; they were divided into slightly stable coastlines, where dunes can stay and even develop (Cassino and Mar Grosso), and coastlines where the sea advances more and where dunes located between urbanized areas and the beach strip may be mitigated or suppressed (Hermenegildo, Mostardense and Barra do Chuí).

Key-words: Coastal dynamics; urbanization along the waterfront; planning and management.

RESUMEN:

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la costa oceánica de los balnearios de Mostardense, Mar Grosso, Cassino, Hermenegildo y Barra do Chuí, ubicados en el extremo sur de Brasil, desde el punto de vista geomorfológico, como ayuda para la planificación y la gestión. Fueron caracterizados la barrera arenosa costera (donde están insertos los balnearios) y el sistema playa-duna de las costas urbanizadas. A partir de esto, fueron planteadas preguntas sobre planificación y gestión, enfatizando las dunas frontales. Las áreas de estudio presentan algunos aspectos semejantes en el ámbito del Cuaternario costero y el sistema playa-duna actual, habiendo variaciones intrarregionales. Al comparar las áreas, hay aspectos relevantes distintos, que se pueden subdividir en costas ligeramente más estables, donde las dunas consiguen mantenerse e incluso desarrollarse (Cassino y Mar Grosso), y costas donde el mar avanza más, disminuyendo o incluso suprimiendo las dunas situadas entre las zonas urbanizadas y la franja de playa (Hermenegildo, Mostardense y Barra do Chuí).

Palabras clave: Dinámica costera; urbanización de la costa; planificación y gestión.

Introdução

Orla oceânica pode ser definida como a zona de contato entre as terras emersas de continentes e ilhas e as águas dos oceanos e mares (Guerra e Guerra, 2010) sendo definida, no Brasil, como uma faixa contida na zona costeira, de largura variável, que compreende uma porção marítima e outra terrestre (Brasil, 2004). Embora abranja uma estreita faixa, possui uma grande importância socioambiental. Em termos naturais, está inserida na zona costeira como interface entre os ecossistemas terrestres e marinhos e, quando preservada, é responsável pela prevenção de inundações, da intrusão salina e da erosão costeira, principalmente durante tempestades (Santos, 2005). No que diz respeito à vida social, aparece como área de grande atrativo para a ocupação, visto que, historicamente, constitui região/espaço de adensamento populacional e de difusão de fluxos povoadores (Moraes, 2001).

No Brasil, com seus mais de 8 mil quilômetros, a orla apresenta diversas características físico-naturais, como praias diversas, desde dominadas por ondas até planícies de maré, dunas móveis e fixas, falésias, recifes de arenito e de corais, manguezais e marismas, promontórios rochosos, dentre outras (Silveira, 1964; Muehe, 1998; Domingues, 2004; Villwock *et al*., 2005). A orla está sujeita aos mais diversos problemas e impactos ambientais ocasionados por inúmeras formas de uso e pelas mudanças climáticas globais. Para planejar ou gerir estes impactos, diversas políticas públicas são implantadas há décadas na costa do Brasil, sendo a mais relevante o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC (Brasil, 1988, 2004), que engloba a governança de toda zona costeira brasileira. Também se destaca o Projeto Orla, que foi uma ação governamental brasileira realizada no âmbito da Secretaria do Patrimônio da União (SPU/MP) (Projeto Orla, 2002), inserido no contexto do PNGC, mas com foco na orla. Recentemente, foi instituído o Programa Nacional de Conservação da Linha de Costa (PROCOSTA) (Brasil, 2018), que visa promover a gestão integrada da linha de costa, seu conhecimento técnico-científico, suas variações conforme os eventos extremos e mudanças de clima, usos múltiplos e proteção dos ecossistemas marinhos e costeiros. Além disso, a gestão costeira tem suas diretrizes estaduais, partindo para ações mais efetivas na escala municipal.

No extremo sul da costa brasileira, se insere a orla oceânica do Estado do Rio Grande do Sul. O Estado mais meridional da costa do Brasil, sob ação de clima subtropical úmido e meteorologia bastante instável, apresenta, genericamente, relativa homogeneidade de suas características geomorfológicas, com barreiras arenosas costeiras que isolam corpos lagunares na retaguarda (Villwock e Tomazelli, 1995), praias alongadas em regime de micromaré que estão sujeitas a eventos de alta energia de onda (Pereira *et al*., 2010; Calliari e Toldo Jr, 2018), presença de dunas costeiras formadas a partir da costa oceânica com sentido preferencial da deriva eólica ocorrendo de nordeste para sudoeste (Tomazelli, 1993, 1994), além de pequenas redes de drenagem chamadas de canais sangradouros (Pereira Da Silva, 1998), as quais fragmentam o sistema praia duna. No entanto, estudos neste segmento de costa mostram que há variações espaçotemporais nos segmentos da barreira holocênica, podendo ser identificadas ao longo da costa barreiras retrogradacional, agradacional e progradacional coexistentes (Dillenburg *et al*., 2005, 2009); praias arenosas oceânicas com características e comportamentos variados (Pereira *et al*., 2010); além de dunas costeiras com características, níveis de estabilidade e desenvolvimento distintos (Calliari *et al*., 2005; Fitzpatrick, 2017).

No Estado do Rio Grande do Sul, a partir do final do século XIX, passaram a se inserir áreas urbanas na planície costeira próximas da linha de costa, com objetivo de proporcionar o uso da faixa de praia, sobretudo para banho de mar durante o verão. A expansão dessas áreas urbanas construindo estruturas fixas junto a linha de costa, substituiu feições com caracterísitcas dinâmicas ao longo do tempo (ex. Dunas e vegetação costeira) por estruturas rígidas. Sobre estas áreas regem, atualmente, regulações e diretrizes, como o próprio PNGC e Projeto Orla, mas também uma dinâmica costeira bastante atuante, imposta pelo mar e pela atmosfera. Soma-se a esta dinâmica costeira, a tendência de subida do nível

relativo do mar no Planeta, já em curso, que irá aumentar o risco de erosão, inundação e salinização costeira de forma significativa até o final do presente século (Oppenheimer *et al.*, 2019). O presente trabalho visa, a partir da revisão bibliográfica e de dados produzidos por diversas geotecnologias, analisar a orla dos principais balneários da costa central e sul do Estado do Rio Grande do Sul do ponto de vista geomorfológico, englobando o Quaternário costeiro onde estão inseridos e a morfodinâmica do sistema praia-duna local. A partir do estabelecimento de algumas relações entre a dinâmica costeira e as ocupações, foram apontadas, no final do texto, algumas sugestões para o planejamento e gestão das dunas costeiras frontais a cada balneário.

Material e métodos

A área de estudo contempla áreas urbanizadas defrontantes ao mar, chamados balneários costeiros, ou oceânicos. Na costa central e sul do Estado do Rio Grande do Sul, a urbanização é pontual, entre as quais há centenas de quilômetros de orlas relativamente naturais ou preservadas, exceto em áreas de silvicultura, onde também há forte antropização da costa. Essas áreas urbanizadas estão num segmento de costa com cerca de 435 km de extensão no sentido geral NE-SW. Dentro deste recorte espacial, foram analisadas cinco áreas (polígonos): Balneário Mostardense, município de Mostardas, situado mais ao norte da área de estudo; Balneário Praia do Mar Grosso em São José do Norte, norte da desembocadura da Lagoa dos Patos; Balneário Cassino, município de Rio Grande, sul da desembocadura da Lagoa dos Patos; Balneário Hermenegildo e Balneário da Barra do Chuí, localizados no extremo sul da área de estudo, município de Santa Vitória do Palmar (Figura 1).

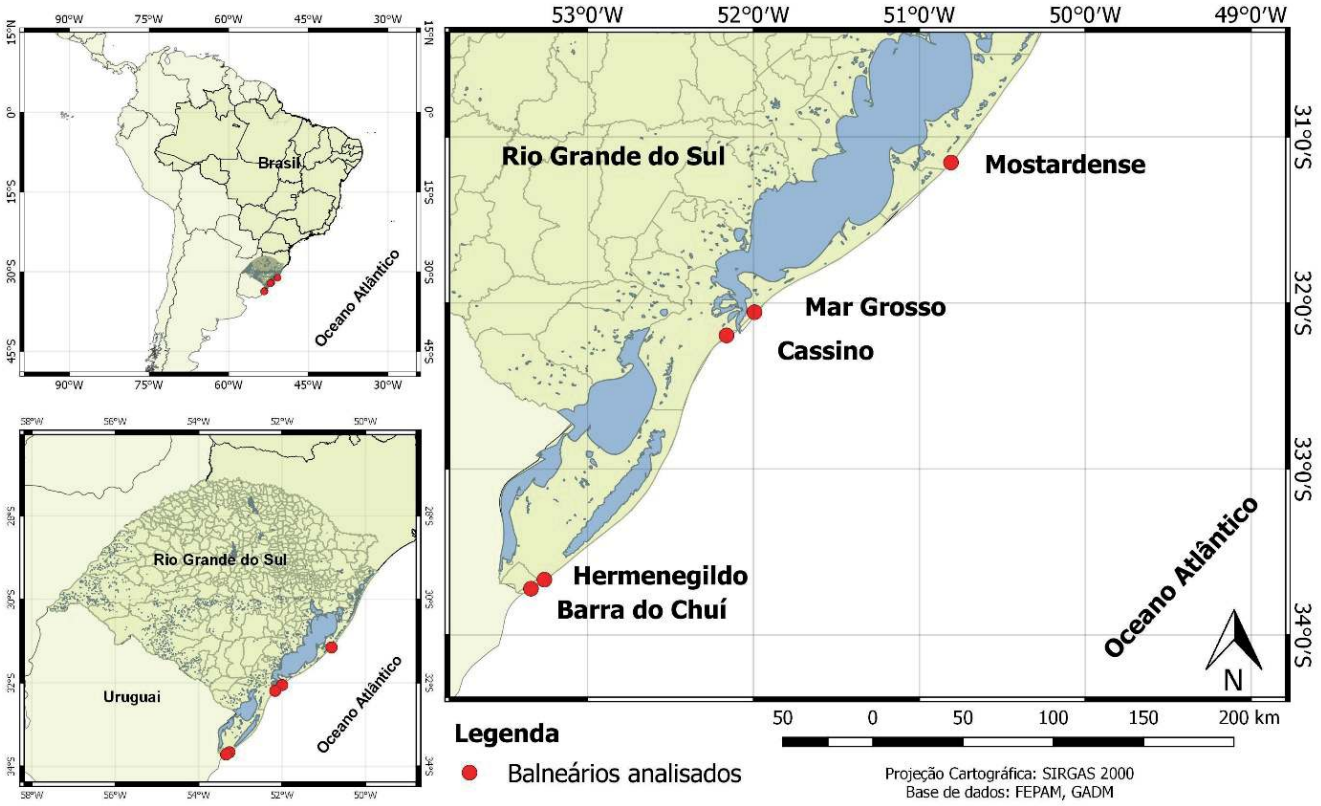

Figura 1. Mapa localização área de estudo.

Em cada um dos cinco balneários escolhidos, em grande parte com base na revisão bibliográfica, as quais serão especificadas a seguir, foram caracterizadas: as barreiras arenosas costeiras onde estão inseridos os balneários, no âmbito do Quaternário costeiro; o sistema praial no que tange aos seus parâmetros morfométricos e comportamento de variação da linha de costa; e as dunas frontais aos balneários, no que tange a morfodinâmica e aspectos de gestão.

Quanto ao contexto que cada balneário se insere no âmbito do Quaternário costeiro, trabalhos como Villwock e Tomazelli (1995); Tomazelli e Villwock (2005); Dillenburg *et al.* (2000); Dillenburg *et al.* (2005); Lima (2008); Dillenburg *et al.* (2009), Buchmann *et al.* (2009), Rosa *et al.* (2017) e Barbosa *et al.* (2018), entre outros, classificaram, com base em dados de mapeamento geológico, aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e estratigrafia, as barreiras arenosas costeiras das cinco áreas analisadas. Os primeiros estudos formaram a base do conhecimento da província costeira do Rio Grande do Sul, enquanto que os mais recentes vêm utilizando novas técnicas de análise e detalhando a análise da província costeira. Estes estudos citados acima foram realizados no âmbito do Centro de Estudos Costeiros da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CECO-UFRGS). Utilizando a terminologia de Mortom (1994), Dillenburg et al. (2000) e Dillenburg *et al.* (2005) classificaram a barreira costeira holocênica da costa do Rio Grande do Sul em barreira progradacional, barreira agradacional e em barreira retrogradacional, que, segundo os mesmos, coexistem na área de estudo. A barreira retrogradacional (com gênese mais erosiva) pode ser considerada mais vulnerável para a presença dos balneários, pois nestas áreas pode predominar numa escala geológica a erosão marinha e a transgressão eólica rumo ao interior da planície, enquanto que na barreira progradacional, tende a haver migração da linha de costa em direção ao oceano e a presença de depósitos eólicos ativos situados mais junto a linha de costa. No entanto, a barreira progradacional pode apresentar menores cotas altimétricas, favorecendo a inundação. Para este trabalho apenas se definiu em que contexto se insere cada balneário no âmbito do Quaternário costeiro, identificando o tipo de barreira.

Quanto a caracterização da praia, dividiu-se em análise de parâmetros morfométricos, ou morfossedimentares, e análise de deslocamento, ou comportamento, da linha de costa.

Em relação aos parâmetros morfométricos, utilizou-se os sugeridos pela chamada escola australiana de geomorfologia costeira (Short e Hesp, 1982; Wright e Short, 1984), aplicados nas áreas de estudo em monitoramentos de perfis praiais com periodicidade geralmente mensal durante um ano. Basicamente os dados compilados por este trabalho foram medidos na década de 1990 e início dos anos 2000 pelo Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade Federal do Rio Grande (LOG-FURG). Tais parâmetros foram medidos por Calliari e Klein (1993) e Tozzi (1999) nos balneários Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí, Barletta (2000) no balneário Mostardense; Silva e Calliari (2001) no balneário Praia do Mar Grosso; sendo estes dados compilados no trabalho de Pereira *et al.* (2010). Estes parâmetros relacionam por exemplo a granulometria (Mz) e a declividade da face da praia (medida em graus), definindo numericamente praias mais planas, praias com inclinação intermediária e praias com maior inclinação na face praial. Também caracterizam praias com face praial morfologicamente mais ou menos estável. Foi identificado um azimute para cada segmento de costa em relação ao norte, definido também em graus. O azimute é importante na medida que, na região estudada, praias mais voltadas para sul se apresentam mais expostas a ondulações de sul-sudeste, que tendem a ser mais energéticas e contribuem mais na sobre-elevação da maré, enquanto praias mais voltadas para leste recebem mais ondas de leste-nordeste, teoricamente menos energéticas na região e que contribuem em geral em níveis de maré mais baixos. Há também a questão da orientação da linha de costa em relação aos ventos locais que mais transportam sedimentos por ação eólica.

Se por um lado estudos de monitoramento praial com base na medição de perfis predominaram até o início dos anos 2000 na área de estudo, nos últimos 15 anos se destacam trabalhos que medem o deslocamento da linha de costa (ou comportamento

da linha de costa). A melhoria da resolução espacial dos sensores remotos (satélites) e novos equipamentos de topografia e aerofotogrametria influenciaram nisso. A grande maioria destes estudos foram realizados também no âmbito das Universidades e Institutos Federais do Estado (FURG, UFRGS, IFRS), englobando cursos de Oceanologia, Geologia, Geografia, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, dentre outros, indicando aqui um maior número de Grupos de Pesquisa envolvidos se comparado à análise das barreiras arenosas costeiras e do monitoramento de perfis de praia. Lélis (2003) analisou a variação da linha de costa adjacente a desembocadura da Lagoa dos Patos utilizando imagens orbitais. Esteves (2004) analisou a variação da linha de costa no Estado do Rio Grande do Sul com um DGPS acoplado a um veículo automotor. Speranski e Calliari (2006), analisaram modelos de refração de onda na costa do Estado, definindo áreas mais ou menos propícias a erosão. Toldo Jr *et al.* (2006) analisaram a variação da costa usando imagens orbitais e posicionamento por satélite (DGPS). Albuquerque *et al.* (2013) e Sfredo (2017) analisaram respectivamente a variação da linha de costa nos balneários Hermenegildo e Barra do Chuí numa escala decadal. Goulart (2014) analisou o comportamento da linha de costa no balneário Cassino com base no videomonitoramento (ARGUS) durante quase 10 anos. Simões (2015) e Leal *et al.* (2018) analisaram, a partir de imagens orbitais disponíveis no software Google Earth, dados de variação do limite praia duna para orlas balneárias. Simões (2018) analisou a variação da linha de costa no balneário Mostardense utilizando imagens orbitais e fotografias aéreas de drone. Nicolodi *et al.* (2018) analisaram a variação em toda costa do Rio Grande do Sul, também com um DGPS acoplado a um veículo, atualizando os dados analisados anteriormente por Esteves (2004) e Toldo Jr *et al.* (2006). Além dos estudos realizados no âmbito regional, destaca-se o trabalho de Luijendijk *et al.*, (2018), que analisaram a variação global da linha de costa entre 1984 e 2016, usando sensores orbitais. Dos trabalhos citados acima, apenas este último não foi realizado no âmbito regional. A partir disso, foram definidas praias predominantemente erosivas (-), praias predominantemente acrecivas (+) e praias relativamente estáveis (=). Em relação a estas praias relativamente estáveis, não significa que não sofram variação morfológica, e sim que sua posição vem se mantendo relativamente estável, dada a indefinição de estabelecer claramente uma tendência erosiva, ou acreciva, da linha de costa no referido local pelos estudos realizados. Em relação a tendência de variação da linha de costa, as praias predominantemente erosivas foram consideradas as mais vulneráveis para o balneário adjacente, visto que a distância entre as edificações e a ação marinha nestes casos vem sendo subtraída. Ressalta-se que a "linha de costa" analisada não foi a mesma em todos os trabalhos, dividindo-se basicamente em estudos que analisaram o limite entre a praia seca e a praia molhada, situada na porção central do pós-praia e estudos que analisaram o limite entre a praia e a duna, ou limite superior da praia. Este fator pode ter algum impacto nos resultados, mesmo que se espere o deslocamento dessas linhas no mesmo sentido, dado o comportamento predominantemente.

Para a análise das dunas situadas entre os cinco balneários analisados e a faixa de praia, foi feita uma revisão bibliográfica de estudos sobre a dinâmica das dunas costeiras no Estado do Rio Grande do Sul, destacando os de Tomazelli (1993, 1994), Calliari *et al.* (2005), Fitzpatrick (2017) e Zúñiga (2019), e estudos com ênfase na gestão das dunas costeiras, tais como os de Tabajara *et al.* (2000), NEMA (2008), Chiaffitelli (2012), Scussel (2012), Portz (2012) e Cunha (2013). Também foram analisadas de forma quali-quantitativa diversas imagens orbitais adquiridas no software Google Earth PRO e fotografias aéreas adquiridas por um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), chamado popularmente de drone, modelo DJI Phantom 3 Professional, adquiridas no âmbito do projeto de pesquisa "Variação espaço-temporal do sistema duna praia junto a orla urbana dos balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí – RS", no qual este trabalho está inserido.

Resultados e discussão

Os cinco principais balneários da costa oceânica central e sul do Estado do Rio Grande do Sul analisados estão inseridos em vastos segmentos de planície costeira em uma costa aberta dominada por ondas, onde há presença de dunas costeiras e pequenas drenagens, chamadas de sangradouros. No entanto, ocorrem diferenças no que tange ao tipo de barreira holocênica, parâmetros morfométricos e deslocamento da faixa de praia, além da variação nas dunas defrontantes as localidades analisadas, sobretudo quando comparadas.

Quaternário costeiro regional

Na costa central do Estado, chamado também de litoral médio, o balneário Mostardense é a principal localidade. Neste local, a barreira tende a retrogradacional no segmento sul e há indicios que possa ser agradacional mais ao norte no referido trecho da planície costeira (Dillenburg *et al.*, 2009). Nesta área, a linha de costa é convexa (projetada), com partes ora mais retilínea, ora mais convexa. Há alguma presença de materiais formados mais no interior da planície expostos na faixa de praia, como turfas, sobretudo ao sul dessa área. A barreira holocênica é em grande parte recoberta por depósitos eólicos ativos, com dunas parabólicas e transgressivas, que serão descritas posteriormente.

Nas adjacências da desembocadura da Lagoa dos Patos, segmento onde situam-se os balneários Mar Grosso e Cassino, a barreira adjacente é progradacional (Dillenburg *et al.*, 2009; Barbosa *et al.*, 2018), marcada por cordões litorâneos. O balneário Praia do Mar Grosso situa-se em meio a uma barreira costeira holocênica progradacional (Barbosa *et al.*, *op. cit.*), bastante vegetada na retaguarda. Já no balneário Cassino a largura da barreira progradacional é substancialmente maior que nas adjacências do balneário Mar Grosso. Nestes locais a linha de costa passa a ser geometricamente côncava (embaiada), numa vista em planta. Já as dunas costeiras ativas atualmente se resumem a ocorrer mais próximas da linha de costa, embora ocorram indícios mais antigos destas mais a retaguarda.

No extremo sul do Estado, no balneário do Hermenegildo, a barreira adjacente tende a ser novamente retrogradacional (Lima, 2008), com projeções costeiras ao norte da área, região chamada de Concheiros. Há um estreitamento dessa barreira holocênica em direção ao sul. Entre os balneários Hermenegildo (7km ao sul deste) e Barra do Chuí (3km ao norte deste) situa-se a localidade de Maravilhas, um pequeno balneário. Neste local ocorrem vastos afloramentos de turfas e lamas lagunares (Buchmann *et al.*, 1998), indicadores de retrogradação de barreira costeira. Junto ao balneário do Hermenegildo, a barreira IV, mesmo com características retrogradacional, é, em parte, coberta de espécies vegetais nas adjacências, tendo esta, influência do plantio de vegetação exótica pelo ser humano ao longo do século passado (Grabski *et al.*, 2017, Oliveira *et al.*, 2018). No entanto, analisando regionalmente, este segmento de barreira é em maior parte recoberto por dunas transgressivas. Estes depósitos eólicos serão mais abordados na sequência do trabalho.

No balneário da Barra do Chuí, a área urbana está assentada sobre depósitos pleistocênicos, num patamar mais elevado que as demais áreas urbanas analisadas (Moller, 2014; Rodrigues, 2017). A escarpa da barreira pleistocênica junto a linha de costa é assimétrica em relação a orientação atual da praia, influenciada pelo antigo traçado da desembocadura do Arroio Chuí. No balneário da Barra do Chuí, extremo sul da área de estudo, ocorre o que se chama de *mainland beach* (Buchmann *et al.*, 2009), que indica um sistema praia duna acoplado a um terreno de idade mais antiga, no caso uma barreira de idade pleistocênica.

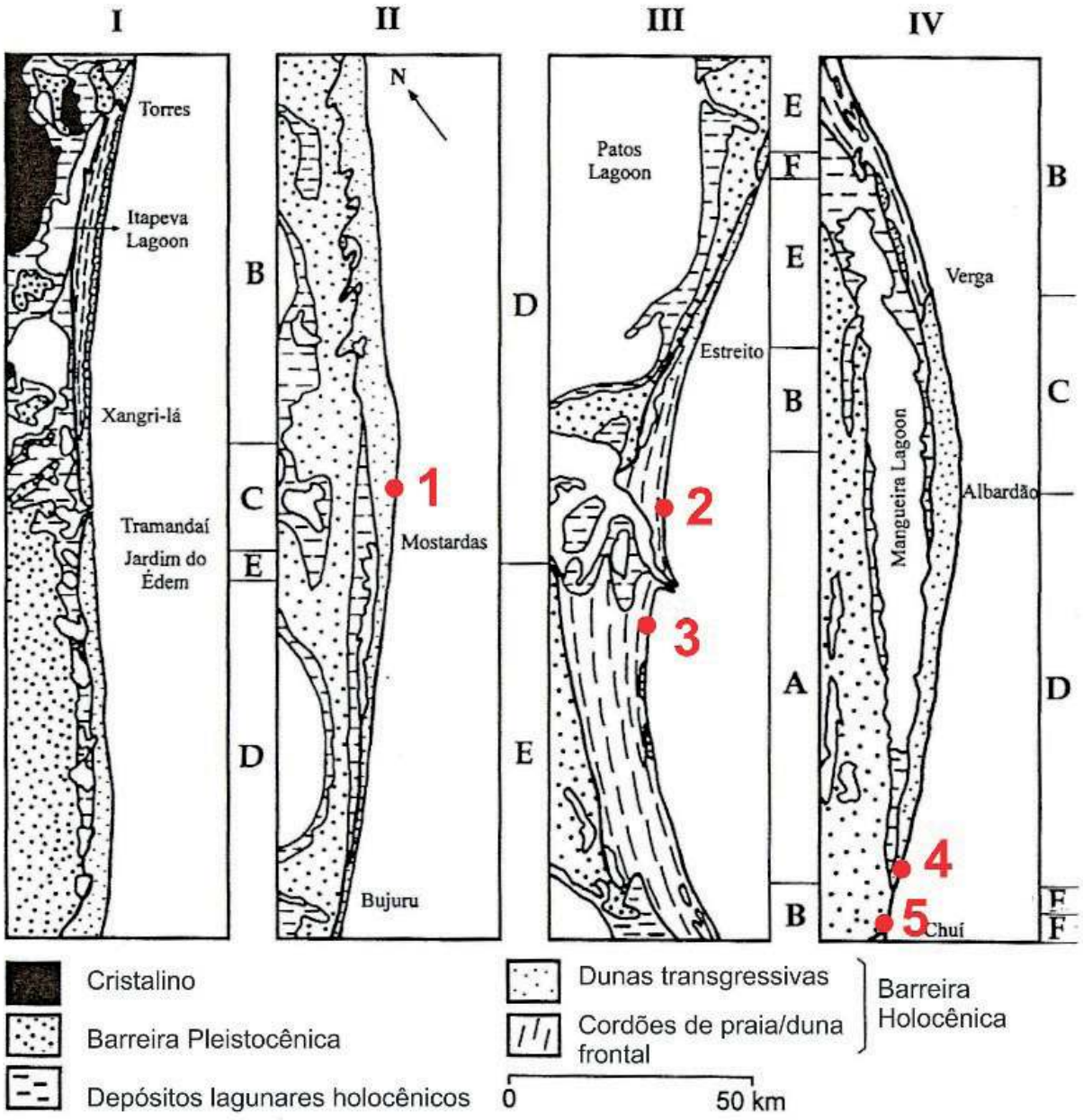

Figura 2. Mapa geomorfológico da planície costeira do Rio Grande do Sul, em compartimentos, destacando os balneários: 1 – Mostardense; 2 – Mar Grosso; 3 – Cassino; 4 – Hermenegildo; 5 – Barra do Chuí.

Fonte: Modificado de Dillenburg et al. (2000).

Morfodinâmica das praias

Em relação aos parâmetros morfométricos, ou morfossedimentares das praias, ocorrem homogeneidades e heterogeneidades (Pereira *et al.*, 2010). Quanto aos aspectos comuns, as praias são expostas à ação das ondas, sendo compostas predominantemente por areia fina quartzosa, resultando geralmente em inclinações suaves do perfil praial. Observam-se diferenças entre os cinco segmentos analisados (Tabela 1). Em Mostardas as areias tendem a um diâmetro levemente mais grosso, seguido das praias da Barra do Chuí e Hermenegildo, enquanto que nos balneários Cassino e Praia do Mar Grosso as areias praiais apresentam

diâmetro do grão um pouco mais fino e as praias são ainda mais planas (Figueiredo e Calliari, 2006). Em relação a mobilidade do perfil da praia, numa escala mensal de análise (Parâmetros E, F, G), a praia do Cassino se demonstrou mais estável no que tange a mobilidade do perfil de praia, seguida pela praia do Mar Grosso. De Oliveira e Calliari (2006) realizaram estudo com base no monitoramento mensal de perfis transversais na praia do Mar Grosso, constatando taxas de erosão e acreção, além de diferenças sazonais na morfologia da praia. No entanto, a praia do Mar Grosso, que tem um nome que remete uma praia com mar agitado quando comparado a outras porções do Estuário da Lagoa dos Patos, tende a apresentar menor energia de onda se comparado as praias mais ao norte (Mostardense) e mais ao sul (Hermenegildo). Segundo os estudos analisados, as praias com diâmetro médio do grão levemente maior tiveram mais mobilidade ao longo do perfil da praia subaérea.

Tabela 1. Parâmetros morfossedimentares das praias junto aos balneários analisados, com base em dados de: Calliari e Klein, 1993; Tozzi, 1999; Barletta, 2000; Silva e Calliari, 2001, Pereira *et al*., 2010.

Parâmetros BALNEÁRIO	A	B	C	D	E	F	G	H
MOSTARDENSE	9*	2,22*	25*	2,3*	12*	19*	15*	46*
MAR GROSSO	21	2,72	1	2	7	12	10	39
CASSINO	38	2,88	4	1,5	4	3	2	42
HERMENEGILDO	7	2,5	16	2,6	12	19	11	48
BARRA DO CHUÍ	5	2,5	12	2,2	8	20	12	48

*Parâmetros: (A) Número de perfis medidos; (B) Diâmetro médio do grão na face da praia (Phi); (C) Porcentagem de areia média (%); (D) Declividade da face praial (graus); (E) Índice de mobilidade do pós-praia (%), (F) Variação de volume da praia subaérea (m3/m); (G) Desvio Padrão de VV (m3/m); (H) Orientação da linha de costa em relação ao azimute norte (graus). *Medido em local próximo.*

Em relação ao deslocamento, ou comportamento, da linha de costa nos segmentos de praia analisados, ressalta-se que as praias em questão apresentam clima de ondas bastante dinâmico. Quando são atingidas por tempestades, associadas a sistemas frontais e a ciclones extratropicais, ocorrem ondas provenientes do quadrante sul (Romeu *et al*., 2012) acompanhadas de sobre-elevações de marés significativas (marés meteorológicas positivas), com potencial para ocasionar erosão no perfil praial (Calliari e Klein, 1993), processo conhecido por "ressaca do mar" (Melo *et al*., 2016). Já processos de acreção da praia estão comumente associados à baixa energia de onda na costa. O transporte longitudinal de sedimentos de fundo ocorre em duas direções, de SW-NE e NE-SW. Todavia o transporte mais efetivo ocorre durante a passagem de frentes frias, transportando os sedimentos de SW para NE (Calliari e Toldo JR. 2018), atuando de forma mais efetiva no limite superior da praia, próximo as dunas e as edificações, enquanto o transporte para sul pode ser mais contínuo na face da praia, visto que a ação de ondas de ENE são acompanhadas de níveis de marés mais baixos. A princípio, estes aspectos de deriva seriam comuns as diferentes áreas analisadas, embora possa haver alguma diferença regional.

A partir da revisão bibliográfica existente, pode-se inferir que o comportamento da linha de costa vem sendo variável entre as cinco localidades analisadas no espaço-tempo (Tabela2). No caso dos balneários Hermenegildo e Cassino, há consenso na literatura quanto ao comportamento de deslocamento da linha de costa ocorrido nos últimos anos.

No balneário do Hermenegildo, uma das localidades mais estudadas, há um histórico relacionado a erosão costeira, inclusive com implantação de estruturas de contenção a erosão costeira no local (Esteves *et al*., 2000; Oliveira e Koerner, 2015; Oliveira *et al*., 2018). Neste segmento de orla, mesmo com o consenso quanto ao comportamento erosivo, Albuquerque *et al*. (2013) indicou que, nos últimos 50 anos, em certos períodos houve significativa retração, enquanto que em outros uma relativa estabilidade da linha de costa. No caso do balneário Hermenegildo, por conta do incremento das estruturas de contenção a erosão costeira nos últimos anos, houve aumento da reflexão de ondas, sobretudo quando ondas de alta energia atingem tais estruturas. Este aumento na reflexão das ondas pode dificultar a formação de bermas na face da praia, diminuindo a declividade da face praial. Além disso, tais estruturas diminuem a largura da praia subaérea defrontante ao local, tanto por estarem projetadas em relação as dunas frontais nas adjacencias como por promoverem o processo de reflexão de ondas em períodos erosivos.

Já no balneário Cassino, vem apresentando um comportamento predominantemente acrecivo da costa, inclusive com significativo aumento na largura do campo de dunas nos últimos anos, dado o aporte de sedimentos a partir da faixa de praia. Neste período mais recente, a praia do Cassino apresentou períodos de alta deposição sedimentar (Goulart, 2014; Calliari *et al*., 2016), sendo estes, em parte, compostos por depósitos de lama fluída, os quais geram alterações substanciais na praia (Porto, 2016). Estes depósitos de lama, embora tenham causado alto impacto ambiental, auxiliaram na sedimentação na praia, tendo relevância no comportamento de deslocamento da linha de costa no local. O aumento do aporte de depósitos de lama para a praia do Cassino pode ter influência de vários fatores relacionados ao aporte de sedimentos a partir do estuário da Lagoa dos Patos, tais como: desmatamento das matas ciliares ao longo da bacia hidrográfica do sistema Patos-Mirim-Guaíba, aumento da vazão do estuário da Lagoa dos Patos, ações de dragagens portuárias para aprofundamento do canal de acesso portuário e desembocadura, com deposição de sedimentos lamosos para a antepraia.

Nas outras três áreas analisadas, balneários Mostardense, Mar Grosso e Barra do Chuí, não há consenso na literatura existente sobre o comportamento de deslocamento da linha de costa, podendo indicar variabilidade temporal e/ou a aplicação de métodos de levantamento de dados distintos. Em relação a diferenças de metodologia, alguns estudos mais regionais utilizam como linha de costa o limite entre a praia seca e a praia molhada (Lélis, 2003; Nicolodi *et al*., 2018), enquanto outros utilizaram o limite entre a praia e as dunas frontais para analisar o deslocamento (Albuquerque *et al*., 2013; Simões, 2015; Leal *et al*., 2018; Simões, 2018). Também pode ocorrer a mudança no deslocamento ou comportamento da linha de costa ao longo do tempo. No balneário Mostardense, há certa indefinição decorrente da variação espacial ao longo deste segmento de costa. Alguns estudos apontam que a área mais ao norte, é mais estável e acreciva, enquanto que mais ao sul, nas proximidades do Farol da Conceição, a costa é bastante erosiva, estando o referido balneário situado neste limiar entre um segmento predominante acrecivo e outro mais erosivo. Dentre os estudos mais amplos (regionais), há divergências. Já os estudos com mais detalhamento da área mostram erosão significativa no limite praia duna-frontal desde o início dos anos 2000 (Simões, 2015; Leal *et al*., 2018; Simões, 2018). Em relação ao balneário Praia do Mar Grosso, a maior parte dos estudos indica o predomínio acrecivo, embora haja estudos que indiquem um comportamento erosivo, mostrando que possa estar havendo variações no tempo, ou divergências quanto ao método e/ou teoria de transporte sedimentar para este local. Da mesma forma que no balneário Mostardense, entre os estudos mais amplos (regionais), há divergências. Já os estudos mais detalhados mostram que na última década o limite praia duna frontal ao balneário vêm se mantendo relativamente estável (Simões, 2015; Leal *et al*., 2018), com períodos acrecivos e erosivos alternados. Já no caso da Barra do Chuí, alguns estudos lá realizados indicam um comportamento predominantemente erosivo, enquanto que outros indicam um comportamento estável a acrecivo. Leal *et al*. (2018) descreveu a dificuldade em se vetorizar a linha do limite praia-

duna frontal neste local, dada a complexidade morfológica e a significativa presença de depósitos eólicos sobre a faixa de praia em alguns períodos. Já os trabalhos de Sfredo (2017) e Luijendijk *et al.*, (2018) mostram variações morfológicas influenciadas pela fixação da desembocadura do Arroio Chuí.

Tabela 2. Comportamento de variação da linha de costa predominantemente erosivo (-), predominante acrecivo (+) ou relativamente estável (=) segundo Lélis (2003) (1); Esteves (2004) (2); Speranski e Calliari (2006) (3); Toldo Jr *et al*. (2006) (4); Albuquerque *et al*., 2013 (5); Moller (2014) (6); Goulart (2014) (7); Simões (2015) (8); Sfredo (2017) (9); Leal *et al.* (2018) (10); Simões (2018) (11); Nicolodi *et al*. (2018) (12); Luijendijk *et al*., (2018) (13).

Parâmetros / BALNEÁRIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
MOSTARDENSE		=	=	-				-		-	-	+	-
MAR GROSSO	-	+	-	-				+		+		-	+
CASSINO	+	+	+	+		+	+			+		+	+
HERMENEGILDO		-	-	-	-	-						-	-
BARRA DO CHUÍ		-	-	-		-			=	=		=	+

Em outubro de 2016, um excepcional evento de alta energia de onda atingiu a costa sul do Brasil. Oliveira *et al*. (2019) e Rodrigues (2020) mediram o efeito desse evento nas áreas urbanas analisadas no presente estudo, discorrendo sobre taxas erosivas significativas na área de estudo. Segundo Oliveira *et al*. (*op. cit*.), a erosão do limite praia-duna frontal medida foi de 13,82m no balneário Mostardense. Rodrigues (2020) registrou uma retração da linha de costa de 15,01m na praia da Barra do Chuí devido a este evento, o maior valor dentre os cinco balneários analisados. Já nos balneários Mar Grosso e Cassino, áreas com barreira progradacional e mais influência estuarina na antepraia, Oliveira *et al*. (*op. cit*.) registraram menor retração se comparado aos balneários Mostardense e Barra do Chuí, com valores de retração de 9,62m e 4,06m respectivamente. No caso do balneário Cassino ressalta-se a influência dos depósitos de lama no contexto. Estes dados exemplificam que os balneários analisados estão susceptíveis a erosão costeira, embora nos locais onde há menor perda de energia de onda antes de atingir a costa, a mobilidade sedimentar do perfil praial tenda a ser maior, enquanto nas áreas de barreiras progradacional, onde há menor declividade na antepraia, a inundação pode ser destaque em detrimento da erosão do limite praia-duna frontal, mesmo na ocorrência de ambas durante a ação de eventos extremos de alta energia de onda. No caso do balneário do Hermenegildo, a retração foi de 9,94m, havendo também neste local uma menor taxa erosiva decorrente deste evento extremo se comparado aos balneários Mostardense e Barra do Chuí, mas neste caso por conta da presença de estruturas de contenção em alguns segmentos medidos por Oliveira *et al*. (2019).

Depósitos eólicos defrontantes as orlas urbanizadas

Na costa oceânica do Estado do Rio Grande do Sul, ocorrem depósitos eólicos resultantes da atividade na faixa da praia, onde ventos predominantes transportam sedimentos para a planície costeira adjacente. A presença de vegetação e/ou irregularidades na topografia permite desenvolver diferentes tipos de morfologias nas dunas frontais e dunas embrionárias. Como trata-se de uma zona de constante mudança, tanto a vegetação como a influência antrópica e os fatores climáticos, limitam tanto seu desenvolvimento como sua consolidação. De qualquer forma, tais depósitos eólicos apresentam algum grau de atividade.

Na área de estudo dominam os ventos de leste-nordeste (ENE) ao longo do ano, apresentando estes uma maior intensidade dentre os demais componentes registrados (Braga, 1997; Braga e Krusche, 2000). Braga (1997) verificou que o mês de janeiro apresenta a maior intensidade da média da velocidade do vento de ENE. Já durante os meses de maio, junho e julho, de acordo a Krusche *et al.*, (2002), ocorrem com mais frequência os ventos de oeste-sudoeste (OSO). Estes ventos de OSO também apresentam intensidades altas, mas com menor frequência que os ventos do ENE, em geral estando relacionados com a passagem das frentes frias (Zúñiga, 2019). Em termos de umidade relativa, esta é maior no mês de junho e menor em dezembro, tendo uma variação do 7%, o que são características de regiões costeiras que possuem uma ampla disponibilidade de vapor de agua ao longo do ano (Krusche *et al.*, 2002). Na área de estudo, a umidade e a precipitação são maiores nos meses de inverno e menor nos meses de verão, onde há também uma maior radiação solar, denotando a sazonalidade em condições meteorológicas. Também há uma influência da variação de temperatura na costa (Zúñiga, 2019). No outono, quando ocorrem mais frentes frias, a temperatura da superfície emersa está mais fria que a do mar, aquecido pelo verão anterior. Neste período o vento sopra mais da terra para o mar. Nesta situação as dunas se mantem um pouco estáveis, dada a maior umidade relativa do ar, embora em condições específicas possa haver variação morfológica. Já na primavera e início do verão, a temperatura da terra emersa se eleva mais que a marinha, ocasionando amplo predomínio de ventos soprando do mar para a terra. Neste período, em geral, os sedimentos tendem a ser mais transportados pelo vento, tendo as taxas de transporte alguma influencia da diminuição da umidade relativa do ar e aumento da radiação solar.

Segundo Zúñiga (2019), a sazonalidade das variáveis meteorológicas influencia no desenvolvimento das dunas costeiras, principalmente no transporte de sedimentos. Na primavera e verão, as condições de transporte são mais favoráveis, permitindo que o material fornecido pela praia seja transportado para as zonas das dunas, onde, dependendo do nível de estabilização, os sedimentos podem gerar morfologia incipiente ou influenciar na formação das dunas frontais. Nestas, a presença de corredores de deflação, gerados pela atividade erosiva do vento ou pela atividade antrópica, permite que o sedimento seja transportado para a zona mais interior da planície, produzindo dunas parabólicas ou afetando áreas urbanas que ficam nas zonas interdunares ou logo na retaguarda das dunas frontais. Nas áreas onde há ausência de áreas urbanizadas e presença de dunas livres em zonas posteriores da depressão interdunar, os sedimentos fornecem as morfologias que se desenvolvem nelas. Já no inverno, as condições de transporte tendem a variar levemente. A presença de ventos que vem de OSO, produzem variações na morfologia em dunas ativas, mas estas condições têm que ser ideais, devido ao aumento da precipitação neste período, o que dificulta o transporte, dado ao aumento da umidade dos sedimentos. Quando as condições são ideais, os efeitos são variações na orientação da duna, erosão em morfologias onde tem baixa densidade de vegetação. No entanto, a presença do vento predominante permite a recuperação gradual de sua condição morfológica anterior.

Ao comparar as diferentes localidades costeiras analisadas no presente trabalho, observou-se anteriormente variações substanciais, tanto no âmbito das barreiras costeiras sobre as quais estão dispostas, quanto nas características e mobilidade das praias, as quais interferem na sua dinâmica e aporte sedimentar. Isso, de certa forma, se materializa na própria ação eólica e na configuração das dunas em conjunto com os processos eólicos atuantes.

Retomando brevemente os itens analisados anteriormente, na costa oceânica do Rio Grande do Sul, onde ocorrem as barreiras retrogradacionais, a praia tende a apresentar mais energia de onda, havendo grande potencial disso ocasionar uma maior mobilidade sedimentar. Nestas áreas, os campos de dunas tendem a ser mais extensos em direção ao interior da planície costeira. Na área de estudo, tais aspectos são encontrados nos balneários Mostardense e Hermenegildo. Já nas costas mais progradacionais, como nos balneários Mar Grosso e Cassino, onde as ondas dissipam mais energia antes de adentrar na zona de surfe, as praias são mais planas e largas, servindo de fonte sedimentar para a formação de dunas frontais. Nestes últimos casos, as dunas incipientes podem, mais frequentemente, ocorrer de forma sazonal sobre a praia, indicando períodos deposicionais ou acrecivos, podendo se tornarem dunas frontais. No entanto, nestas áreas, os depósitos eólicos ativos não migram tanto em direção ao interior da planície costeira. Os eventos extremos de alta energia de onda por vezes erodem significativamente as dunas frontais em todos os segmentos. No entanto as taxas erosivas podem diferir entre estas distintas áreas, como foi descrito no final do item anterior. Além disso, Calliari *et al.* (2005) apontam que a orientação da linha de costa em relação aos ventos com maior poder de transporte eólico local, são um fator relevante para formação e regeneração das dunas frontais, dado o aporte sedimentar eólico. Na orla dos balneários Mostardense, Mar Grosso e Cassino, os ventos de ENE, que transportam mais sedimentos eólicos, atingem com mais obliquidade a costa. No caso dos balneários Hermenegildo e Barra do Chuí recebem mais sedimentos eólicos de leste-sudeste (ESE), atingindo estes mais perpendicularmente a orientação da costa (Fitzpatrick, 2017). Assim como nos itens anteriores e de uma maneira geral, embora haja aspectos comuns, pois trata-se de uma região costeira com aspectos homogêneos numa visão mais abrangente, cada localidade analisada tem suas peculiaridades também quanto as dunas.

O balneário Mostardense situa-se num segmento marcado por dunas parabólicas e extensos campos de dunas transgressivas (barcanas e barcanóides) na planície costeira, as quais avançam de nordeste para sudoeste, obliquamente ao sentido predominante da linha de costa (Figura 3A). As dunas frontais (a linha de costa) e as dunas parabólicas são fragmentadas por pequenas redes de drenagem (canais sangradouros), os quais provêm das áreas alagadas que ficam nas depressões interdunares, e também pela abertura de vias de acesso a praia. Estas áreas alagadas, assim como a própria urbanização, interrompem a progressão das dunas parabólicas. Quanto as dunas frontais, há presença destes depósitos eólicos em toda a orla do balneário Mostardense, entre a faixa de praia e as edificações, sendo estes mais largos ao norte, devido ao traçado da urbanização (Figura 3B). Já na porção central e sul deste balneário, a urbanização situa-se mais próxima da faixa de praia e os depósitos eólicos estão mais confinados e fragmentadas por arruamentos, redes de drenagens e pela ação da erosão costeira (Figura 3C). Nos últimos anos tem sido mensurada a erosão da linha de costa no local ocasionada por eventos de alta energia de onda (Leal *et al.*, 2018; Simões, 2018), acarretando numa diminuição da área de dunas (depósitos eólicos) defrontante a área urbana. Com isto, as dunas frontais comumente apresentam escarpas decorrentes da erosão costeira. Somado ao processo erosivo causado pelo mar, ocorre a abertura de arruamentos, além do pisoteio e o trânsito de veículos sobre as dunas frontais, fato verificado *in loco* em saídas de campo, em registros na morfologia e em conversas com moradores, fatores que prejudicam o desenvolvimento da vegetação pioneira, que tem papel fundamental na fixação dunar, contribuindo para uma maior atividade eólica. Estes fatores somados ocasionam transporte de sedimentos eólicos sobre edificações, conforme descrito por Simões (2015) (Figura 3D).

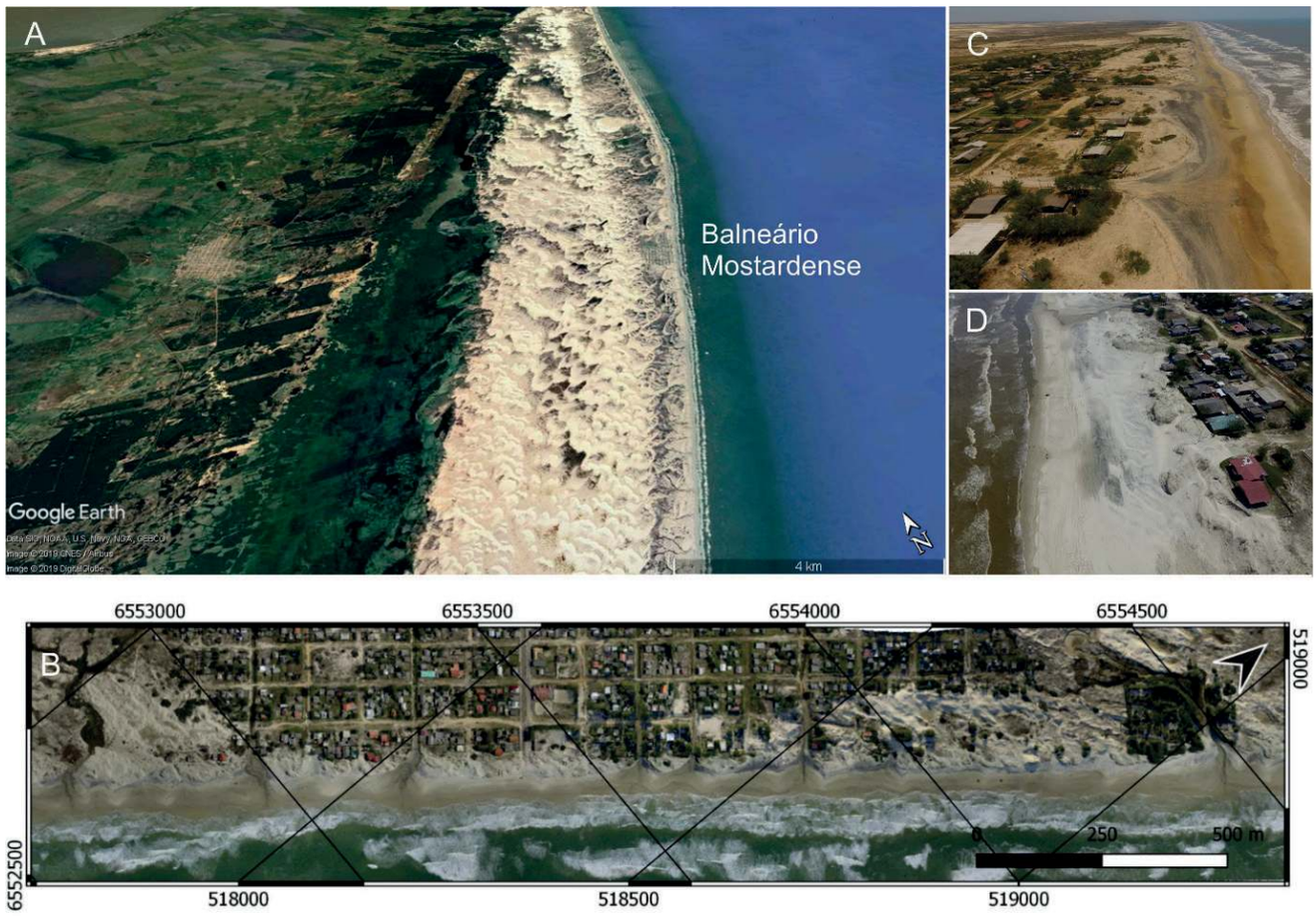

Figura 3. A) Mosaico de imagens orbitais do entorno do balneário Mostardense, em 2018. *Fonte: Google Earth. B) Mosaico de fotografias aéreas verticais obtidas por drone da orla do balneário Mostardense, em 14-7-2018. C) Fotografia aérea obliqua obtida por drone do segmento norte da orla urbana do balneário Mostardense, em 1-12-2017. D) Fotografias aérea obliqua obtida por drone do segmento centro-sul da orla urbana do balneário Mostardense, em 29-12-2018. Fotos de drone: Autores.*

No balneário Praia do Mar Grosso, o vento NE atua mais frontalmente que no balneário Mostardense. No entanto, não se observa no local atualmente um transporte eólico significativo para retroterra, tendo influência da vegetação estabilizadora na zona posterior da duna frontal. Há presença de transporte de sedimentos eólicos em direção ao interior da planície costeira ao norte dessa área (Figura 4A), derivado da mudança de orientação da linha de costa, e também ao sul da área, junto a desembocadura da Lagoa dos Patos, próximo ao molhe leste. No segmento de costa onde está localizado o balneário Praia do Mar Grosso, ocorre uma menor taxa de deriva eólica potencial se comparada com a área onde se situa o balneário Mostardense (Tomazelli, 1993). Com o menor transporte eólico de sedimentos no local, acabam se desenvolvendo apenas dunas frontais e dunas parabólicas menores se comparadas ao balneário Mostardense. Na praia do Mar Grosso, a linha base das dunas frontais apresenta menos reentrâncias que no balneário Mostardense, apresentando em segmentos de dunas frontais, o limite praia duna mais retilíneo (Figura 4B). As dunas são mais ativas próximo ao limite superior da praia, tendo relativa estabilidade a retroterra (Figura 4C, 4D), onde se apresentam parcialmente recobertas pela cobertura vegetal. Neste local, houve recente um plano de manejo de dunas bem-sucedido defrontante a área urbana mais próxima ao mar (Cunha, 2013). Embora o balneário Praia do Mar Grosso possa estar atualmente numa situação relativamente estável quanto ao deslocamento da linha de costa (LEAL et al., 2018), a diminuição do aporte sedimentar para o local, a ação de eventos extremos de alta energia de onda ou a tendência de subida do nível relativo do mar esperada (Oppenheimer *et al.*, 2019), pode comprometer essa relativa estabilidade.



Figura 4. A) Mosaico de imagens orbitais do entorno do balneário Mar Grosso em 2018.
Fonte: Google Earth. B) Mosaico de fotografias aéreas verticais obtidas por drone da orla do balneário Praia do Mar Grosso, em 15-7-2018. C) Fotografia aérea obliqua obtida por drone da orla urbana do balneário Mar Grosso, em 23-11-2017. D) Fotografia aérea obliqua obtida por drone do segmento central da orla urbana do balneário Mostardense, em 15-7-2018. Fotos de drone: Autores.

No balneário Cassino, situado ao sul da desembocadura da Lagoa dos Patos (Figura 5A), os depósitos eólicos situados entre a área urbana e a faixa de praia podem superar os 100 metros de largura atualmente (Porto, 2016; Rodrigues, 2017) (Figura 5B). O sistema dunar é bem amplo devido ao significativo aporte sedimentar e também a implantação de um plano de manejo para conservação das dunas, realizado pelo Núcleo de Monitoramento e Educação Ambiental (NEMA) em conjunto com a Prefeitura Municipal do Rio Grande (NEMA, 2008; Costa, 2014). Este plano de manejo teve como intuito promover a recuperação das dunas costeiras, com fechamento de arruamentos de acesso à praia, abrangendo procedimentos de educação ambiental, recuperação de áreas degradadas e a construção de uma passarela sobre as dunas afim de minimizar o pisoteio (Figura 5C). Nos últimos anos a praia vem ocasionando aporte sedimentar, gerando certa capacidade de crescimento das dunas a partir da formação de novas dunas embrionárias (Figura 5D, E), embora as mesmas possam sofrer processos erosivos decorrentes de eventos de alta energia de onda (Oliveira *et al.*, 2019). Assim como no balneário Praia do Mar Grosso, atualmente as dunas não migram de forma significativa sobre edificações, se comparado ao balneário Mostardense, sendo mais vegetadas na retaguarda (Figura 5F). No entanto, Porto (2016), analisando cerca de 20 km de costa nesta porção, identificou que as dunas são mais estreitas na orla urbana que nas adjacências, mostrando que, mesmo que sejam largas e bem desenvolvidas, apresentam algum confinamento por conta das edificações.

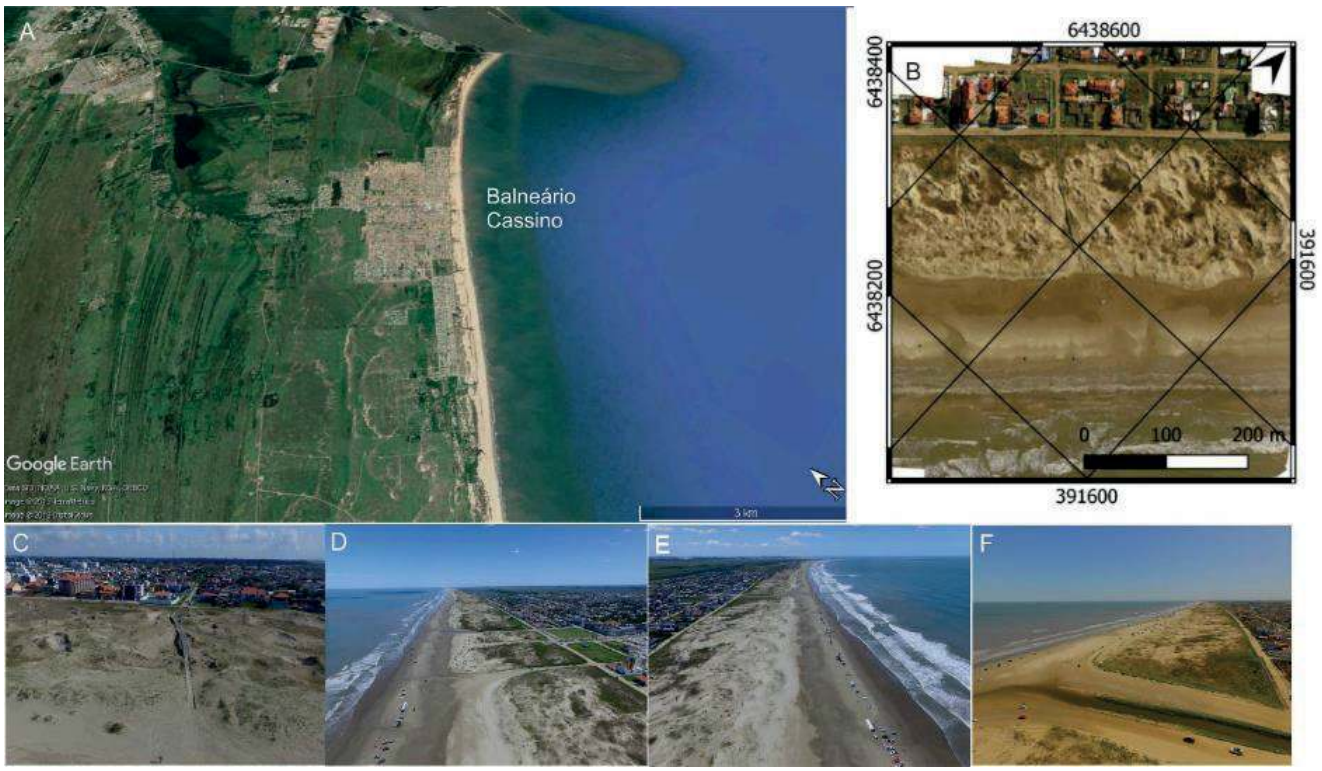

Figura 5. A) Mosaico de imagens orbitais do entorno do balneário Cassino em 2018.

Fonte: Google Earth. A) Mosaico de imagens orbitais do entorno do balneário Mostardense, em 2018. Fonte: Google Earth. B) Mosaico de fotografias aéreas verticais obtidas por drone da orla do balneário Mostardense, em 14-7-2018. C) Fotografia aérea obliqua obtida por drone do segmento norte da orla urbana do balneário Mostardense, em 1-12-2017. D) Fotografias aérea obliqua obtida por drone do segmento centro-sul da orla urbana do balneário Mostardense, em 29-12-2018. Fotos de drone: Autores.

No balneário do Hermenegildo, a urbanização ocupou um segmento bastante dinâmico do ponto de vista eólico, estabilizando antropicamente dunas parabólicas e campos de dunas transgressivos num dado segmento (Figura 6A) (Grabski *et al*., 2017; Oliveira *et al*., 2018). Para ocorrer a estabilização e a supressão dessas dunas, foram necessárias décadas de diversas intervenções humanas, somadas a contribuição do aumento pluviométrico regional e erosão costeira (Oliveira *et al., op. cit.*). Com isto, as dunas frontais são praticamente inexistentes na porção defrontante ao balneário, ocorrendo apenas nas adjacências da área urbana (Figura 6B). Ao norte da área urbana, há remanescentes de dunas frontais e nebkas. Os sedimentos aportados pela praia são transportados ao interior do sistema dunar, permitindo o desenvolvimento das dunas parabólicas. Em contraste, ao sul do balneário é visível os efeitos da estabilização arbórea, limitando a presença de nebkas e de dunas frontais. Na orla urbanizada, sem a zona de amortecimento natural, o mar atinge mais frequentemente as edificações, havendo colocação de estruturas rígidas de contenção à erosão costeira para preservar as edificações, que acaba por suprimir as dunas e diminuir a largura da praia subaérea (Figuras 6C, 6D). Há registros de migração das dunas sobre edificações, mas, com o crescimento urbano, os depósitos eólicos estão praticamente descaracterizados na área urbanizada.

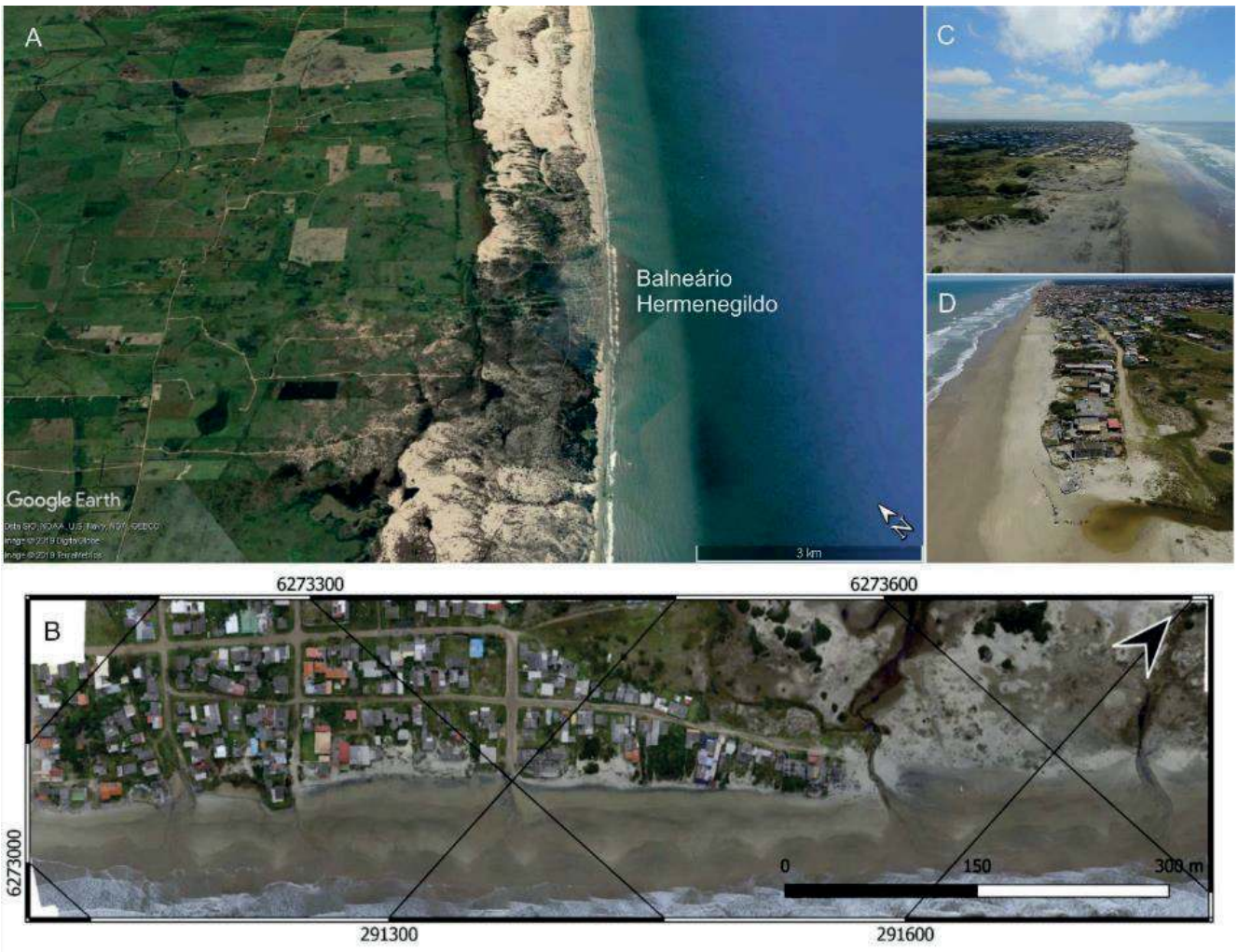

Figura 6. A) Mosaico de imagens orbitais do entorno do balneário Hermenegildo em 2018.

Fonte: Google Earth. A) Mosaico de imagens orbitais do entorno do balneário Hermenegildo em 2018. Fonte: Google Earth. B) Mosaico de fotografias aéreas obtidas por drone do extremo norte do balneário, em 30-7-2018. C, D) Fotografias aéreas obliquas obtida por drone da orla urbana do balneário Hermenegildo, respectivamente a partir do limite sul, em 27-9-2016, e do limite norte, em 10-12-2018. Fotos de drone: Autores.

O balneário da Barra do Chuí, situado junto a desembocadura do Arroio Chuí (Figura 7A), apresenta mais transporte sedimentar eólico de ESE e ENE (Fitzpatrick, 2017; Rodrigues, 2020). Na orla correm depósitos eólicos ao longo de praticamente todo segmento urbanizado (Figura 7B). Falésias pleistocênicas vêm sendo erodidas pelo mar na porção nordeste do balneário. Há deslocamento de sedimentos eólicos para retroterra, sobre a barreira pleistocênica, atingindo edificações (Figura 7C) (Rodrigues, 2020). Na porção central e sudoeste, também ocorre a transgressão de sedimentos eólicos sobre depósitos pleistocênicos e sobre edificações (Figura 7D). Neste segmento, há influência do pisoteio e trilhas de veículos automotores, que degradam a vegetação pioneira de dunas e aumentam sua instabilidade, promovendo movimentação eólica sobre a orla urbanizada.



Figura 7. A) Mosaico de imagens orbitais do entorno do balneário Barra do Chuí em 2018.

Fonte: Google Earth. B) Mosaico de fotografias aéreas verticais obtidas por drone da orla do balneário da Barra do Chuí, em 30-7-2018. C) Fotografia aérea obliqua obtida por drone da orla urbana do balneário Barra do Chuí, localidade Alvorada, em 10-12-2018. D) Fotografia aérea oblíqua obtida por drone do segmento central da orla urbana do balneário Barra do Chuí, em 12-9-2017. Fotos de drone: Autores.

Subsídios ao planejamento e gestão da orla costeira

Retomando uma análise conjunta das localidades analisadas, há sobre estas, diversas influências da própria ocupação e da gestão dos locais analisados. No balneário do Hermenegildo, em nenhum momento as dunas frontais foram privilegiadas em relação a urbanização, sendo progressivamente suprimidas entre a área urbana e a faixa de praia (Oliveira *et al.*, 2018). Neste local, tentativas de manejo dunar, ainda que ocorram, não estão apresentando resultados significativos. Cabe salientar que, embora exista um plano de manejo de dunas do município de Santa Vitória do Palmar, que prevê áreas para novas edificações ao sul do balneário do Hermenegildo, no reverso das dunas ativas atuais (Mota, 2017), este plano pouco menciona a orla do balneário, onde as ações são privadas e em grande parte referem-se à colocação de enrocamento para contenção a erosão costeira, visando apenas a proteção do patrimônio edificado. O balneário Barra do Chuí, no mesmo município, e o balneário Mostardense, município de Mostardas, parecem também priorizar as edificações em detrimento das dunas, embora no balneário Mostardense ainda haja registros de edificações sendo retiradas do local, visando a integridade ambiental da orla.

Já nos balneários Cassino e Mar Grosso houveram ações de manejo e reconstituição de dunas costeiras (NEMA, 2008; Cunha, 2013; Costa, 2014). A proximidade da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), com estudos voltados ao ecossistema costeiro, e do Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental (NEMA), uma ONG pioneira no manejo costeiro brasileiro, influenciaram nestas ações (Chiaffitelli, 2012). No caso do balneário Cassino, o fato de grande parte do mesmo se situar no reverso da Avenida Beira Mar, de domínio público, parece ter facilitado as ações de gestão.

O presente estudo demonstrou que o aumento ou diminuição da área de dunas defrontante a cada área urbana tem relação com o deslocamento, ou comportamento da linha de costa. Em costas com predominância erosiva, as dunas frontais vêm diminuindo entre a praia e a orla urbana, que apresenta estruturas fixas em relação ao ambiente sedimentar adjacente. Esta situação é bem característica da orla do balneário Hermenegildo e vem se mostrando no balneário Mostardense. Já nas costas predominantemente estáveis ou acrecivas, como no balneário Cassino, a distância se mantém ou aumenta, caso as edificações permaneçam no mesmo local. Já o deslocamento da linha de costa parece ter alguma similaridade com os compartimentos regionais do Quaternário Costeiro, talvez um reflexo do aporte sedimentar no deslocamento da linha costeira. Nos locais urbanizados analisados onde há barreira retrogradacional e as dunas ocupam grande área de planície adjacente, vem ocorrendo maior erosão das dunas frontais pela ação marinha. Essa relação entre os processos físico-naturais e as ações de gestão tem sua maior oposição entre Cassino e Hermenegildo, onde no primeiro ocorreram ações de gestão somadas a sedimentação enquanto no segundo faltaram ações efetivas de gestão das dunas para um ambiente erosivo, onde há déficit sedimentar.

Dessa forma, é necessário compreender questões físico-naturais, como objetivou o presente estudo, mas também realizar ações de conscientização ambiental, abrangendo gestores e os próprios moradores ou usuários dos locais em questão. Como sugestões para os segmentos de orla analisados estão: não haver novas ocupações junto a faixa de praia e dunas frontais, apenas em direção a retroterra em relação as já construídas, definindo em planos detalhados que sigam a legislação vigente, zonas de não edificação (zona de recuo ou amortecimento) e possíveis planos de remoção e alocação de edificações situadas próximas a faixa de praia, levando também em consideração as previsões de aumento da subida do nível relativo do mar dadas as mudanças climáticas em curso; preservar e priorizar o plantio de vegetação nativa ou endêmica nas dunas frontais, não promovendo o plantio de vegetação exótica, como vem sendo feito em alguns pontos para fixação de dunas e contenção de transporte eólico; reduzir o número de acessos de veículos automotores a praia, pois estes fragmentam as dunas defrontantes aos balneários, mantendo nos locais onde há drenagens pluviais, que devem ser mantidas e gerenciadas especificamente; inibir o pisoteio e o trânsito de veículos nas dunas frontais, visto que estas ações acabam promovendo o aumentando do transporte eólico para retroterra, em direção a área urbana; construir mais passarelas de acesso ao mar, sobre as dunas, criando uma cultura de observação de dunas no âmbito do turismo, utilizando melhor tais estruturas, associada com a melhor preservação das dunas, visto que nos cinco balneários analisados, há apenas uma passarela sobre as dunas, situada no balneário Cassino; promover mais ações de fiscalização e educação ambiental, tanto no período de veraneio, mas também ao longo do ano, junto aos moradores permanentes.

Com relação as áreas que já sofrem a degradação, em alguns casos, ações de manejo podem ser realizadas para promover melhorias. Estudos como os de Tabajara *et al*. (2000), NEMA (2008), Scussel (2012) e Portz (2012) destacam ações ou métodos que auxiliam na recuperação das dunas costeiras. Dentre eles destacam-se a colocação de "ilhas de galharias", que se constituem-se basicamente na disposição de uma cobertura vegetal morta de cascas de árvores ou galhos sobre as dunas, método que ajuda na contenção do vento sobre a vegetação existente e também é utilizado por pássaros dispersores de sementes; o aporte de matéria orgânica no local para aumento da disponibilidade dos nutrientes; plantio de vegetação nativa ou endêmica, podendo ser mudas de viveiros ou transplantadas de áreas

adjacentes. No entanto, estas são mais ou menos eficazes dependendo da estabilidade da linha de costa, tendo já sido inseridas com êxito nos balneários Cassino e Praia do Mar Grosso. Provavelmente no balneário do Hermenegildo este tipo de ação não seja eficaz.

Quanto ao dimensionamento das áreas para possíveis ações de planejamento e gestão, estas também apresentam variações substanciais. Partindo do extremo norte, o balneário Mostardense não chega a ocupar 2,5km de costa, mas a ocupação está consolidada junto a uma costa erosiva em cerca de 1,5km, estando mais próxima ao mar na porção sul. Já o balneário Praia do Mar Grosso apresenta fragmentos de urbanização, ainda em consolidação, ao longo de cerca de 2,5km de costa, estando também mais próxima ao mar na porção sul do referido segmento. No balneário Cassino, a orla costeira apresenta urbanização consolidada em mais de 6km, mas preserva largos depósitos eólicos entre a orla urbana e a faixa de praia, devendo-se obsrvar a expansão urbana nas extremidades norte e sul da orla urbanizada. No balneário do Hermenegildo, a urbanização é consolidada em cerca de 2,5km, onde as dunas frontais foram substituidas por estruturas de contenção a erosão costeira, que ocupa boa parte desse segmento de orla. No caso da Barra do Chuí, extremo sul da área, o trecho de orla que inspira mais cuidado tem cerca de 1,2km, mas a urbanização mais próxima ao mar é retrita ao segmento nordeste da orla urbanizada.

Considerações finais

A orla dos principais balneários da costa oceânica central e sul do Estado do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, apresenta alguns aspectos semelhantes no âmbito do Quaternário costeiro e do sistema praia duna atual. As orlas analisadas, por exemplo, apresentam alta dinâmica costeira, tanto dos depósitos marinho praiais quanto dos depósitos eólicos. A ação da erosão da costa é um problema que tende a se agravar num futuro próximo, avançando sobre a área urbana. A ação eólica também pode ser alta, com sedimentos podendo avançar sobre edificações. No entanto, ao comparar as áreas, há relevantes aspectos distintos, podendo subdividir em orlas um pouco mais estáveis, onde as dunas conseguem se manter e até se desenvolver, e orlas onde o mar avança mais, diminuindo ou até suprimindo as dunas situadas entre as áreas urbanizadas e a faixa de praia.

A estabilização sedimentar da orla, sobretudo das dunas frontais às áreas urbanas, foi relevante no êxito de ações de planejamento e gestão da orla nos balneários Cassino e Mar Grosso, situados próximos a desembocadura da Lagoa dos Patos. Nestes locais houve recente recomposição dunar e não há indícios significativos de erosão costeira e a ação marinha e eólica parece ser menos impactante sobre as áreas edificadas se comparada aos balneários Mostardense, Hermenegildo e Barra do Chuí. Provavelmente Mar Grosso e Cassino estão recebendo atualmente um maior aporte sedimentar, que pode se depositar no sistema praia duna, cabendo a estudos futuros inferir sobre esse aporte. Este fato de estabilização sedimentar da orla, sobretudo das dunas frontais as áreas urbanas, pode ter sido relevante na implantação exitosa de planos de manejo de dunas na orla dos balneários Cassino e Mar Grosso. Nestes dois locais existe estabilidade maior nas dunas frontais, agindo na manutenção das mesmas, fato que pode ter favorecido o sucesso do planejamento e gestão realizados.

Nos balneários Hermenegildo, Mostardense e Barra do Chuí, há indícios que a costa vem avançando mais sobre as áreas urbanizadas. No balneário Mostardense as dunas vêm sendo erodidas de forma significativa pelo mar nos últimos anos, não havendo recomposição da mesma magnitude. O histórico de erosão costeira é ainda mais antigo no balneário do Hermenegildo, bastante consolidado na literatura, havendo incremento de estruturas de contenção e suprimento dunar, sem parecer haver algum horizonte de mudança no que tange a gestão da orla nesse local. Já no balneário da Barra do Chuí, onde a urbanização foi construída mais afastada da praia, o mar vem erodindo as dunas e a escarpa da barreira pleistocênica e se aproximando das edificações no segmento nordeste deste balneário,

enquanto que dunas transgredirem sobre a orla urbanizada na porção central e sudoeste do mesmo, influenciadas também pelo uso inadequado das dunas defrontantes ao local. Sobretudo nestes segmentos, onde a costa vem avançando mais sobre as áreas urbanizadas, deve-se investir na conscientização acerca da importância de se preservar a orla, para que haja um alinhamento entre a sociedade local, os pesquisadores e a legislação vigente em prol da qualidade ambiental da orla pública, com implantação de planos e ações que visem uma qualidade mais abrangente da orla, podendo englobar, nestes casos, a retirada ou realocação de edificações que podem ser destruídas pela ação marinha ou soterradas pela ação eólica.

Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq (Edital Universal) pelo financiamento do Projeto "Variação espaço-temporal do sistema duna praia junto a orla urbana dos balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí – RS" (Processo 446963/2014-3). Aos Professores Miguel Albuquerque e Jean Espinoza (IFRS), José Antiqueira, Cristian Serpa e Paulo Salati (FURG) pelo auxílio em diversas etapas do referido projeto. Aos ex-alunos Karl Koerner, José Alfredo Cunha, Daniel Costa, Karine Leal, Fabricio Soares Porto, Jade Moreira e Caroline Jardim Porto pelas contribuições no andamento do referido projeto.

Referências:

ALBUQUERQUE, M.G.; ESPINOZA, J.M.A.; OLIVEIRA, A.; CORRÊA, I.; CALLIARI, L.J. 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**, v.65, p.1710-1714, 2013.

BARBOSA, E.G.; ROSA, M.L.C.C.; DILLENBURG, S.R.; WATANABE, D.S.Z.; ESTEVES, T.; MARTINS, E.M.; GRUBER, N.S. Diachronic condition between maximum transgressive and maximum eustatic sea-level in holocene: Subsides for coastal management. **Journal of Coastal Researsh**. v.85, p.446-450, 2018.

BARLETTA, R. C. **Efeito da interação oceano-atmosfera sobre a morfodinâmica das praias do litoral central do Rio Grande do Rio Grande do Sul, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal Rio Grande, Rio Grande. 2000.

BRAGA M. **Análise de variabilidade do vento em Rio Grande, no período 1992-1995.** Tese (Doutorado em Oceanografia), Universidade Federal Rio Grande, Rio Grande. 1997.

BRAGA, M. F. S. E N. KRUSCHE. Padrão de Ventos em Rio Grande, RS, no período de 1992 a 1995. **Atlântica,** v.22, p.27-40, 2000.

BRASIL, 1988. **Lei nº 7.661**, de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. <www.planalto.gov.br>

BRASIL, 2004. ***Decreto nº 5.300***, de 7 de dezembro de 2004. Regulamenta a Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira, estabelece critérios de gestão da orla marítima, e dá outras providências. 2004. <www.planalto.gov.br>

BRASIL, 2018. **Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa.** DOU de 28/03/2018 (nº 60, Seção 1, pág. 161)

BUCHMANN, F. S. C.; BARBOSA, V. P.; VILLWOCK, J. A. Sedimentologia e paleoecologia durante o máximo transgressivo holocênico na Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Acta Geológica Leopoldensia**, v.46/47, p.21-26, 1998.

BUCHMANN, F.S.; CARON, F.; LOPES, R.P.; UGRI, A.; LIMA, L.G. Panorama geológico da planície costeira do Rio Grande do Sul. In: Ribeiro, A.M.; Bauermann, S.G.; Scherer, C.S. (Org.). **Quaternário do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Gráfica Palloti, 2009, p. 35-56.

CALLIARI, L.J., KLEIN, A. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas em Geociências**, v.20, p.48-56, 1993.

CALLIARI, L., PEREIRA, A.O., OLIVEIRA, S.A., FIGUEIREDO. Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul, Brasil. **Gravel**, v.3, p.15-30, 2005.

CALLIARI, L.J.; TOLDO JR, E.E. Chapter 18 – Ocean Beaches of Rio Grande do Sul. In: SHORT, A.D. e KLEIN, A.H.F. (Org.) **Brazilian Beach Systems**. Springer, Boca Raton, Florida – USA, 2016. p.1-36. 2018.

CALLIARI, L.J; MACHADO, A; MARROIG, P, VINZON, S, GIANUCA, N. Mud deposits at Cassino Beach: Natural versus antrophic. **IANC-COPEDEC IX**, Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

CHIAFFITELLI, R. **Análise dos planos de manejo de dunas no contexto do gerenciamento costeiro integrado**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2012, 126p.

COSTA, D.C. **Considerações sobre a evolução morfológica das dunas frontais ao balneário Cassino – RS a partir da implantação de ações de manejo.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia Bacharelado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2014. 37p.

CUNHA, J. **Descrição de ações de manejo ocorridas entre 2005 e 2011 e seus reflexos no crescimento de dunas frontais no balneário do Mar Grosso, São José do Norte, RS.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia Bacharelado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2013. 36p.

DE OLIVEIRA A.O.; CALLIARI L.J. Morfodinâmica da praia do Mar Grosso, São José do Norte/RS. **Gravel**. Vol.4. p,23-36, 2006.

DILLENBURG, S.R.; ROY, P.S.; COWELL, P.J.; TOMAZELLI, L.J. Influence to antecedente topography on coastal evolution as Testes by the Shoreface Translation Model (STM). **Journal of Coastal Researsh**, v.16(1), p.71-81, 2000.

DILLENBURG, S.R. TOMAZELLI, L.J, MARTINS, L.R.; BARBOZA, E.G. Modificações de Longo Período da Linha de Costa das Barreiras Costeiras do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: **Gravel,** v.3, p.9-14, 2005.

DILLENBURG, S.R., BARBOZA, E.G., TOMAZELLI, L.J., HESP, P.A., CLEROT, L.C.P.; AYUP-ZOUAIN, R.N. Chapter 3 – The Holocene Coastal Barriers of Rio Grande do Sul. In: DILLENBURG, S.R.; HESP, P.A. (Org). Springer. **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil.** Berlim, 2009. p.53-91.

DOMINGUES, J.M.L. (2004). The Coastal Zone of Brazil: An Overview. **Journal of Coastal Research**. SI v.39, p.16–20. ICS 2004 (Proceedings)

ESTEVES, L.S.; PIVEL, M.A.G.; SILVA, A.R.P.; BARLETTA, R.C.; VRANJAC, M.C.; OLIVEIRA, U.R.; VANZ, A. Beachfront Owners Perception of Beach Erosion along an Armored Shoreline in Southern Brazil. Porto Alegre: **Pesquisas em Geociências**, v.27, p.93-109, 2000.

ESTEVES, L.S. **Variabilidade espaço-temporal dos deslocamentos da linha de costa no Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004. 150p.

FIGUEIREDO, S. E CALLIARI, L.J. Sedimentologia e suas implicações na morfodinâmica das praias adjacentes as desembocaduras da linha de costa do Rio grande do Sul. **Gravel**. v.4, p.73-87. 2006

FITZPATRICK, C. **A Variabilidade das dunas frontais no litoral sul do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal do Rio Grande. 2017. 70p.

GOULART, E.S. **Variabilidade morfodinâmica temporal e eventos de inundação em um sistema praial com múltiplos bancos**. Tese (Doutorado em Oceanografia). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014, 143p.

GRABSKI, K.R., FARINA, F., AYUP-ZOAUIN, R., SILVA, T.S., 2015. Estudo da dinâmica da urbanização e seus impactos sobre ambientes costeiros baseado em Sensoriamento Remoto e SIG. Caso do município de Santa Vitória do Palmar, RS. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto–SBSR.** Disponível: http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2015/05.31.21.54/doc/@sumario.htm. Acesso: 10 de nov. 2017

GUERRA, A.T. e GUERRA, A.J.T. 2010. **Novo dicionário geológico – geomorfológico**. Bertrand Brasil. 8a Ed. 648p.

KRUSCHE N; SARAIVA J; REBOITA M. (2002) **Normais Climatológicas Provisórias de 1991-2000 para Rio Grande, RS**. v.1, 1-84p.

LEAL, K.B.; OLIVEIRA, U.R.; ESPINOZA, J.M.A. 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**. v.09(1), p.25-37, 2018.

LÉLIS, R. J. F. **Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Oceanologia). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2003. 79p.

LIMA, L.G. **Estratigrafia e Evolução da Barreira Holocênica na Praia do Hermenegildo**, RS. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008. 78p.

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, R.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The State of the World's Beaches. **Nature. Scientific *Reports***. (2018) 8:6641 | DOI:10.1038/s41598-018-24630-6

MELO, E.; MACHADO, D.M; LISBOA, R.C.; ROMEU, M.A.R. Overview of tide, wind and wave conditions along the Brazilian coast for coastal engineering practice. In: IX PIANC-COPEDEC, 9, 2016, Rio de Janeiro. **Anais**... 18p.

MÖLLER, B.A. **Análise da distância da orla urbana dos balneários Cassino, Hermenegildo e Barra do Chuí - RS, em relação à linha de preamar marinha.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia Bacharelado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2014, 56p.

MORAES, A.C.R. 2001. Classificação das praias brasileiras por níveis de ocupação: proposta de uma tipologia para os espaços praiais. In: **Projeto Orla: subsídios de um projeto de gestão.** Ministério do Meio Ambiente, 2001. p.31-42.

MORTON, R.A. Texas Barrier. In: Davis, R.A. (Org.). **Geology of Holocene Barrier Island System**. Springer-Verlag, Berlin, 1994. p.75-114.

MOTA, G.S. **A gênese do risco sob a ótica das dinâmicas naturais e humanas: erosão costeira nas orlas urbanizadas de Águas Dulces/Uruguai e Hermenegildo/Brasil.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2017, 248p.

MUEHE, D. 1998. O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 3ª Ed. Bertrand Brasil. 272-349

NEMA. **Gestão Ambiental das dunas costeiras conservação e manejo.** Núcleo de Educação e Monitoramento Ambiental. Rio Grande. 2008. 28p.

NICOLODI, J.L.; CALLIARI, L.J.; TOLDO JR, E.E.; FIGUEIREDO, S.A.; MACHADO JR., V.C. Rio Grande do Sul. In: Ministério do Meio Ambiente (ORG.). **Panorama da Erosão costeira no Brasil.** Brasília, DF. p.690-760, 2018.

OLIVEIRA, U.R.; KOERNER, K.F. Comportamento das estruturas de contenção à erosão costeira no balneário Hermenegildo. Ponta Grossa: **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.7, p.67-76, 2015.

OLIVEIRA, U.R.; KOERNER, K.F.; SIMÕES, R.S.; MOTA, G.S.; LEAL, K.B.; GAUTÉRIO, B.C. Histórico de antropização e supressão das dunas no balneário Hermenegildo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.11(02), p.687-704, 2018**.**

OLIVEIRA, U.R.; SIMÕES, R.S, CALLIARI, L.J.; GAUTÉRIO, B.C. Erosão de dunas sob ação de um evento extremo de alta energia de ondas na costa central e sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.20(1), p.137-158, 2019.

OPPENHEIMER, M.; GLAVOVIC, B.C.; HINKEL, J.; VAN DEL WAL, R.; MAGNAN, A.K.; ABD-ELGAWAD, A.; CAI, R.; CIFUENTES-JARA, M.; DECONTO, R.M.; GHOSH, T.; HAY, J.; ISLA, F.; MARZEION, B.; MEYSSIGNAC, Z. Sea Level Rise and implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. 2019. *In*: PORTNER, H.O.; ROBERTS, D.C.; MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; TIGNOR, M.; POPOCZANSKA, E.; MINTENBECK, K.; ALEGRÍA, A.; NICOLAI, M.; OKEM, A.; PETZOLD, J.; RAMA, B.; WEYER, M.N. (Eds.) **IPCC. Special Report on the ocean and Cryosphere in a Changing Climate**. p.321-345.

PEREIRA, P.S.; CALLIARI, L.J.; BARLETTA, R.C. Heterogeneity and homogeneity of Southern Brazilian beaches: A morphodynamic and statistical approach. **Continental Shelf Research**, v.30(3-4), p.270-280, 2010.

PEREIRA DA SILVA, R. 1998. **Ocorrência, distribuição e características morfodinâmicas dos sangradouros na zona costeira do Rio Grande do Sul: trecho Rio Grande - Chuí, RS**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1998. 146p.

PORTO, F.S. **Variabilidade morfossedimentar do sistema praia duna ao largo do balneário Cassino – RS no período de 2006 a 2016.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande. 2016. 98p.

PORTZ, L. **Gestão de praias e dunas: aplicações para a costa do Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado em Ciências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012. 188p.

PROJETO ORLA, 2002. **Manual de gestão do PROJETO ORLA**. MMA/SQA. Brasília, MP/SPU. 96p.

RODRIGUES, G.S. **Caracterização da morfologia do sistema praia duna defrontante aos balneários Mostardense, Mar Grosso, Cassino e Barra do Chuí – RS, através de perfis topográficos.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia Bacharelado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2017. 61p.

RODRIGUES, G.S. **Caracterização de vulnerabilidades costeiras no balneário da Barra do Chuí através do uso de geotecnologias.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande. 2020. 81p.

ROMEU, M.A.R.; FONTOURA, J.A.S.; MELO FILHO, E.; MACHADO, V.B. Estimativa dos cenários característicos de agitação marítima para a região oceânica do RS utilizando dados de reanálise do modelo WW3. **Vetor,** v.21(1), p.91-109, 2012.

ROSA, M.L.C.C.; BARBOSA, E.G.; ABREU, V.S.; TOMAZELLI, L.J.; DILENBURG, S.R. High-Frequency Sequences in the Quaternary of Pelotas Basin (coastal plain): a record of degradational stacking as a function of longer-term base-level fall. **Brazilian Journal of Geology**, v.47(2), p.183-207, 2017.

SANTOS, C.R. 2005. **Proposta de critérios de planejamento da gestão integrada da orla marítima do município de Bombinhas, SC.** Pós-Doutorado (Planejamento Regional e Urbano). Universidade de Cádiz, Espanha. 200p.

SCUSSEL, C. **Recuperação ambiental das dunas frontais de um trecho da praia de Morro dos Conventos, Araranguá (SC).** Especialização (Ecologia e manejo de recursos naturais). Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. 2012. p 34.

SFREDO, G.A. 2017. **Variabilidade temporal da desembocadura do Arroio Chuí pela fixação através de molhes**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2017.

SHORT, A.D.; HESP, P.A. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. **Marine Geology**, v.48, p.259-284, 1982.

SILVA, A. R. P. e CALLIARI, L. J. 2001. Erosão versus progradação da linha de costa de praias expostas e contíguas a grandes estruturas. **VIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**, Mariluz, Imbé-RS.

SILVEIRA, J. D. Morfologia do litoral. In: Azevedo, A. (Ed.) **Brasil: A Terra e o homem**. p.253-305, 1964.

SIMÕES, R.S. **Análise da distância média entre as ocupações à beira-mar e o limite superior da praia nos balneários São Simão, Mostardense, Praia do Farol e Mar Grosso, RS.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia Licenciatura). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2015. 84p.

SIMÕES, R.S. **Mobilidade do limite praia duna no balneário Mostardense – RS: monitoramento por drone.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande. 2018. 128p.

SPERANSKI N.S.; CALLIARI, L.J. Padrões de refração de ondas para a costa do Rio Grande do Sul e sua relação com a erosão costeira. In: MUEHE, D. (Org.) **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 446-454.

TABAJARA, L.L.; MARTINS, L.R.; FERREIRA, E.R. Efetividade de métodos estruturais na construção de dunas frontais. **Pesquisas em Geociências**, v.27(1), p.97-109, 2000.

TOLDO Jr, E.E.; ALMEIDA, E.S.B; NICOLLODI, J.L.; MARTINS. L.R. Erosão e acreção da zona costeira. Rio Grande do Sul. In: MUEHE, D. (Org.) **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 468-475.

TOMAZELLI, L.J. O Regime dos Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v.20(1), p.18-26, 1993.

TOMAZELLI, L.J. Morfologia, organização e evolução do campo eólico costeiro do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v.21(1): p.64-71, 1994.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Mapeamento Geológico de Planícies Costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. **Gravel**. v.3, p.109-115, 2005.

TOZZI, H.A.M. **Influência das Tempestades Extratropicais sobre o estoque subaéreo das praias entre Rio Grande e Chuí, RS.** Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1999. 115p.

VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI L. J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: **Notas Técnicas (CECO/IG/UFRGS)**, v.8, 45p, 1995.

VILLWOCK, J.A.; LESSA, G.C.; SUGUIO, K.; ÂNGULO, R.J.; DILLENBURG, S.R. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. 2005. *In*: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K. OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E. (Eds.). **Quaternário no Brasil.** Holos Editora. 94-113.

WRIGTH, L.D.; SHORT, A.D. 1984. Morphodinâmics variability of surf zones in Australia. In: KOMAR (editor), **Handbook of coastal processes and erosion**. CRC Press, Boca Raton, Flórida, 35-64pp.

ZÚÑIGA, L., **Condição morfodinâmica e sedimentação eólica nas dunas interiores da ilha dos Marinheiros, região estuarina da Lagoa dos Patos, RS.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2019.