

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

KAROLAINY DE OLIVEIRA DOS REIS

**ANÁLISE DE VULNERABILIDADES PARA PROPOSTA DE MANEJO NO
BALNEÁRIO ATLÂNTIDA SUL E BALNEÁRIO MARIÁPOLIS, OSÓRIO- RS**

PORTO ALEGRE

2021

KAROLAINY DE OLIVEIRA DOS REIS

**ANÁLISE DE VULNERABILIDADES PARA PROPOSTA DE MANEJO NO
BALNEÁRIO ATLÂNTIDA SUL E BALNEÁRIO MARIÁPOLIS, OSÓRIO- RS**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber

PORTO ALEGRE

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Reis, Karolainy de Oliveira dos
ANÁLISE DE VULNERABILIDADES PARA PROPOSTA DE MANEJO
NO BALNEÁRIO ATLÂNTIDA SUL E BALNEÁRIO MARIÁPOLIS,
OSÓRIO- RS. / Karolainy de Oliveira dos Reis. --
2021.
78 f.
Orientador: Nelson Luiz Sambaqui Gruber.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa
de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS,
2021.

1. Gerenciamento costeiro. 2. Manejo de dunas. 3.
Erosão costeira. 4. Litoral Norte do Rio Grande do
Sul. 5. Gestão de praias. I. Gruber, Nelson Luiz
Sambaqui, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia onde tive a oportunidade de fruir de disciplinas que contribuíram imensuravelmente para a minha formação e pude conviver com professores extremamente qualificados e humanos.

Ao meu orientador professor Nelson Luiz Sambaqui Gruber pela confiança, orientação e parceria ao longo da pesquisa, sempre esteve solícito e disponível para atender meus questionamentos e ideias.

Ao Luiz Tabajara pela oportunidade, troca e experiência proporcionada ao longo dos trabalhos e saídas a campo com a Seagrass. As aulas e conversas durante o campo foram essenciais para a composição do trabalho.

À Samanta Cristiano pelos ensinamentos no ArcGis e no campo, por compartilhar seus saberes, conversas e materiais para a pesquisa.

À Marília Cerciná pelo auxílio fundamental ao longo da qualificação e pesquisa, disponibilizando seu tempo e conhecimento para ajudar.

Aos meus pais, Waldecir e Clarice, pelo apoio em todas as minhas escolhas e pela paciência, suporte e incentivo nos momentos que mais precisei.

Ao Gabriel e ao Yuri, pelo carinho e apoio ao longo do trabalho.

Aos amigos que conquistei durante a graduação em geografia Diego Castillo, Javyer Mendes e Josiane Sanches pelo apoio em todas as conversas. Aos demais amigos e familiares que torcem e vibram junto comigo as minhas conquistas, obrigada pelo afeto e apoio.

Aos municipais de Osório, Denise e Luciane pela disponibilidade e acesso aos dados dos balneários e, principalmente ao subprefeito do distrito de Atlântida Sul, Luis Carlos Rosa agradeço pelas conversas e troca de informações sobre a praia e Osório.

A todos os professores que tive ao longo da minha trajetória, em especial Luciano Zasso, culpado por despertar o meu interesse e encantamento pela temática costeira.

Por fim, agradeço a Deus, pois com fé, trabalho e dedicação tudo alcançamos.

RESUMO

Os Balneários de Atlântida Sul e Mariápolis são Balneários pertencentes ao Município de Osório que está inserido no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, os dois Balneários possuem uma faixa litorânea com cerca de três quilômetros de norte a sul. A urbanização dessa região altera o ambiente praias, a instalação de obras de lazer e comércio acabam por modificar a paisagem natural da faixa litorânea. A construção de quiosques, estruturas de lazer e passarelas sem a compreensão da fragilidade do ecossistema litorâneo, e sem planejamento e estudo prévio geram problemas graves como erosão costeira, poluição, extinção e supressão de ecossistemas e modificações na morfologia dessa pequena faixa de território altamente permeável. Neste sentido, o estudo tem como objetivo analisar a vulnerabilidade de dunas que ocorre na orla costeira dos Balneários Atlântida Sul e Mariápolis frente a processos erosivos naturais e intervenções antrópicas. Para atingir o propósito foi feito um estudo da morfodinâmica e morfologia praias, dos processos erosivos naturais e antrópicos e posteriormente desenvolvido o diagnóstico da vulnerabilidade de dunas. Para isso, foi feito um levantamento bibliográfico com os principais teóricos e conceitos da orla costeira, realizadas saídas a campo com pesquisa exploratória e registro fotográfico da morfologia atual das dunas e a subdivisão dos balneários em treze segmentos para a aplicação do método *checklist* que consiste em uma lista de controle para a medição dos índices de vulnerabilidade do sistema de dunas frontais. A partir da pesquisa foi possível ter conhecimento dos processos erosivos naturais, perceber as consequências da ocupação desordenada e os impactos das estruturas na orla da praia. Além disso, obtivemos o diagnóstico de vulnerabilidade de dunas e determinou as seções mais emblemáticas e prioritárias para o planejamento e manejo de dunas. É indispensável a percepção dos processos erosivos na praia para planejamento e manejo dos mesmos, visto que, estamos inseridos em um cenário de mudanças climáticas que acarretará consequências principalmente na zona costeira.

Palavras-chave: Vulnerabilidade de dunas; Processos Erosivos; Dunas Frontais.

ABSTRACT

The resorts of Atlântida Sul and Mariápolis are resorts belonging to the municipality of Osório, which is located on the North Coast of Rio Grande do Sul, both spas have a coastal strip of about three kilometers from north to south. The urbanization of this region changes the beach environment, the installation of leisure and commercial works end up modifying the natural landscape of the coastal strip. The construction of kiosks, leisure structures and walkways without understanding the fragility of the coastal ecosystem, and without prior planning and study, generate serious problems such as coastal erosion, pollution, extinction and suppression of ecosystems and changes in the morphology of this small strip of highly permeable territory . In this sense, the study aims to analyze the vulnerability of dunes that occur on the coastline of the Atlântida Sul and Mariápolis spas against natural erosive processes and anthropogenic interventions. To achieve the purpose, a study of the morphodynamics and beach morphology, natural and anthropic erosive processes was carried out, and a diagnosis of dune vulnerability was subsequently developed. For this, a bibliographic survey was carried out with the main theorists and concepts of the coastline, field trips were carried out with exploratory research and photographic record of the current morphology of the dunes and the subdivision of the spas into thirteen segments for the application of the checklist method which consists of a checklist for measuring the vulnerability indices of the frontal dune system. From the research, it was possible to gain knowledge of natural erosion processes, understand the consequences of disorderly occupation and the impacts of structures on the beachfront. In addition, we obtained the diagnosis of dune vulnerability that was fundamental to determine the most emblematic and priority sections for dune planning and management. The perception of erosive processes on the beach is essential for planning and managing them, since we are inserted in a scenario of climate change that will have consequences, especially in the coastal zone.

Keywords: Dune vulnerability; Erosive Processes; Foredunes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa da Localização da área de estudo.	15
Figura 2 – Mapa e esquema do Sistema Laguna-Barreira.....	16
Figura 3 - Mapa do Sentido da Deriva Litorânea nos Balneários Atlântida Sul e Mariápolis.....	21
Figura 4 – Evolução da Linha de Costa 1984-2021..	23
Figura 5 - Denominação das regiões da zona costeira.	25
Figura 6 - Espécies exóticas plantadas no Balneário Mariápolis.	29
Figura 7 - Mapa com a divisão dos treze trechos nos Balneários Atlântida Sul e Mariápolis para aplicação da metodologia	36
Figura 8 - Gráfico representando o Método de Checklist adaptado de WILLIAMS et al. 2001 para classificação de vulnerabilidade nos balneários de Osório.	37
Figura 9 - Dendograma com a classificação dos treze trechos dos balneários em estudo.	40
Figura 10 - Resultados da setorização da orla considerando a vulnerabilidade do sistema de dunas.	41
Figura 11 - Resultados da setorização da orla considerando os níveis de degradação das dunas da orla de Osório.	42
Figura 12 - Gráficos T0 e T1, áreas classificadas em extremamente vulneráveis em níveis críticos.....	43
Figura 13 - Vista da praia trecho T0, limite do Balneário Atlântida Sul com Balneário Imara. Dunas erodidas e estrada danificada.....	44
Figura 14 - Estrada interpraias trecho 0 parcialmente interrompida após evento que provocou erosão e danificação nas dunas e estrutura.	45
Figura 15 - Asfalto da antiga interpraias aflorando no trecho T1 após processos erosivos.....	46
Figura 16 – Gráficos dos trechos T6 e T7 que configuram áreas extremamente vulneráveis em nível de alta vulnerabilidade.....	47
Figura 17 - Estruturas degradadas após maré de tempestade em 2010.	48

Figura 18 - Sequência histórica de processos erosivos no calçadão em Atlântida Sul.....	49
Figura 19 - Estruturas de lazer, calçadão e quiosques nos trechos T6 e T7.....	51
Figura 20 - Áreas de calçadão e dunas degradados nos trechos T6 e T7 após marés de tempestade.....	52
Figura 21 - Quiosque particular sobre as dunas frontais, área de preservação permanente no trecho T7.	53
Figura 22 - Gráficos dos trechos T2, T4 e T10 que configuram áreas vulneráveis em áreas de transição.....	54
Figura 23 - Dunas escarpadas no trecho T2.....	56
Figura 24 - Vegetação Exótica <i>Casuarina Equisetifolia</i> no trecho T10.....	58
Figura 25 - Sangradouros no trecho T4 Agosto de 2011, Fevereiro de 2021 e Agosto de 2021.	59
Figura 26 - Acesso de veículos nos trechos T2 e T4.	60
Figura 27 - Gráficos dos trechos T5 e T11 que configuram áreas vulneráveis em nível de atenção.....	61
Figura 28 - Santuário e afloramento de asfalto no trecho T5.	62
Figura 29 - Prédio em construção localizado no trecho T11.	63
Figura 30 - Gráfico do trecho T8 que configura área vulnerável em nível de atenção.	64
Figura 31 - Dunas degradadas no trecho T8.....	65
Figura 32 - Gráficos dos trechos T9 e T12 que configuram áreas vulneráveis em nível de atenção.....	66
Figura 33 - Fuga de areia para o continente no trecho T9.....	67
Figura 34 - Vegetação exótica <i>casuarina equisetifolia</i> e <i>carpobrotus sp</i> presentes no trecho T12.	68
Figura 35 - Gráfico do trecho T3 que configura a área manejada.....	69
Figura 36 - Gestores evidenciando área de <i>blowouts</i> no trecho T3.....	70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
1.2 Procedimentos Metodológicos	13
1.3 Análise dos capítulos e abordagens	13
2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: BALNEÁRIO ATLÂNTIDA SUL E BALNEÁRIO MARIÁPOLIS, OSÓRIO- RS...15	
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 Processos erosivos naturais	19
3.2 Condicionantes Antrópicos	27
3.3 Eventos Extremos	30
4. METODOLOGIA.....	33
4.1 Projeto Orla como instrumento de Gestão Costeira.....	33
4.2 Método de <i>Checklist</i>	35
5. RESULTADOS	39
5.1 Orla Extremamente Vulnerável	42
5.2 Orla Vulnerável	54
5.3 Orla Manejada.....	69
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
7. REFERÊNCIAS	75

1. INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul cada vez mais pessoas estão migrando para a região litorânea, principalmente para o litoral norte. A praia é uma área de grande valorização, tanto econômica quanto ambiental, visto que, contempla uma paisagem diferenciada. O ambiente costeiro é dinâmico, sujeito a modificações em curto prazo e por isso de extrema fragilidade quando alterado. Para assegurar a preservação da praia é necessário um gerenciamento costeiro eficiente e uma urbanização planejada. O adensamento populacional e a negligência em planejamentos podem ser grandes agentes para a alteração e degradação do meio ambiente.

Os processos erosivos são problemas em ambientes costeiros, algumas praias em determinados setores costeiros têm tendência natural de déficit sedimentar ocasionando em erosões. Contudo, a urbanização não planejada nesses ambientes é um fator de fragilização costeira, as alterações antrópicas no ambiente praial podem causar ou acentuar processos erosivos já existentes.

Numa perspectiva que estamos vivenciando uma situação de mudanças climáticas e aquecimento dos oceanos, há uma tendência no aumento de tempestades e ciclones extratropicais no litoral. Estima-se que as atividades humanas tenham causado cerca de 1,0°C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, com uma variação provável de 0,8°C a 1,2°C. É provável que o aquecimento global atinja 1,5°C entre 2030 e 2052, caso continue a aumentar no ritmo atual. Tendências apontam para alterações nos regimes de chuvas com o aumento de chuvas torrenciais, maior incidência de ciclones extratropicais e tempestades (IPCC, 2021). Com isso, é esperado o aumento também da frequência de marés de tempestade corroborando para a potencialização de erosões e fragilização das dunas no litoral do Rio Grande do Sul. Por isso, é fundamental compreender como ocorrem as dinâmicas naturais da praia e os fatores externos que impactam no ambiente, com essas informações pode-se planejar e atingir uma gestão costeira adequada.

Com base nesses argumentos a pesquisa discorre sobre **como os fatores naturais e antrópicos influenciam no aumento progressivo de erosões nos Balneários Atlântida Sul e Mariápolis?**

Para isso se faz necessário a compreensão da morfologia dos balneários em estudo, as feições praias presentes, os agentes dinâmicos naturais atuantes e diagnosticar as dunas que são o principal indicativo de preservação da orla praial.

A resolução do problema está sustentada pela hipótese da pesquisa de que os processos erosivos estão sendo progressivamente acentuados no Balneário Atlântida Sul e Balneário Mariápolis por condicionantes naturais e intervenção antrópica alterando a morfologia do ambiente e ocasionando na vulnerabilidade das dunas.

1.1 Objetivos

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a vulnerabilidade de dunas no Balneário Atlântida Sul e Balneário Mariápolis frente a questões naturais e ocupação antrópica. Tem por objetivos específicos: analisar as erosões do ponto de vista morfodinâmico; verificar o processo de ocupação usando como base o projeto orla; interpretar a vulnerabilidade de dunas através do método de checklist.

Para atingir o objetivo da pesquisa buscou-se realizar um levantamento bibliográfico dos conceitos e autores que trabalham com a temática costeira no Litoral Norte do Rio Grande do Sul; identificar os processos erosivos ocorrentes nos balneários por condicionantes naturais e antrópicos; diagnosticar a vulnerabilidade de dunas nos balneários em estudo. Por conseguinte, foram realizadas saídas a campo em fevereiro de 2020, julho de 2020, fevereiro de 2021 e agosto de 2021. Os três primeiros estudos a campo consistiram no método de pesquisa exploratória e registros fotográficos da orla praia.

1.2 Procedimentos Metodológicos

Obtivemos dados por meio de VANT (veículo aéreo não tripulado) cedidas pela empresa de gerenciamento costeiro Seagrass, as imagens foram posteriormente interpretadas no software ArcGis e juntamente com última saída a campo foi aplicado o método de checklist, que consiste em uma lista de controle de vulnerabilidades criada por WILLIAMS et al. (2001) adaptada para o ambiente em estudo. Esse método é amplamente utilizado em estudos de diagnóstico para o manejo de dunas, pois possibilita o delineamento do problema, a partir da listagem e avaliação das principais características a respeito da vulnerabilidade e da proteção das dunas costeiras (CRISTIANO et al., 2017).

Após a aplicação do método e obtenção dos índices de vulnerabilidade definimos e agrupamos trechos conforme o nível de degradação e necessidade de manejo, discorremos sobre os dados estatísticos alcançados e as características morfológicas e de erosão em cada trecho.

1.3 Análise dos capítulos e abordagens

A dissertação está estruturada em 6 capítulos, sendo o primeiro capítulo a presente Introdução contemplando os objetivos e a análise dos capítulos e abordagens. O capítulo 2, **ÁREA DE ESTUDO: BALNEÁRIO ATLÂNTIDA SUL E BALNEÁRIO MARIÁPOLIS, OSÓRIO -RS** visa apresentar a área de estudo da pesquisa, sua localização, características naturais, aspectos ambientais, uso e ocupação e a breve história dos balneários.

O capítulo 3 denominado **REFERENCIAL TEÓRICO**, procura compreender os processos erosivos ocorrentes no ambiente costeiro. Trata-se inicialmente os processos erosivos por condicionantes naturais, após isso, os processos erosivos

por condicionantes antrópicos. Por fim, apresentamos o cenário de aumento de eventos extremos e o seu impacto na zona costeira.

No capítulo 4, **METODOLOGIA**, fazemos uma retomada do projeto orla como instrumento para a gestão costeira, exploramos os processos metodológicos utilizados na pesquisa, explicamos o método e abordagens utilizadas para aplicação do diagnóstico de vulnerabilidade de dunas.

No capítulo 5, **RESULTADOS**, geramos o diagnóstico de vulnerabilidade de dunas nos balneários em pesquisa e classificamos trechos estudados dos balneários conforme o nível de degradação das dunas e orla praial, propondo os trechos que compõem a orla extremamente vulnerável, a orla vulnerável e a orla manejada.

Por fim, no capítulo 6 desenvolvemos as **CONSIDERAÇÕES FINAIS** para o fechamento da dissertação. Reafirmamos os processos erosivos atuantes nos balneários em estudo, as consequências das intervenções antrópicas desordenadas no ambiente costeiro e a vulnerabilização das dunas decorrente dos mesmos. Além disso, reafirmamos a preocupação com o ambiente costeiro em decorrência do aumento dos eventos extremos e a necessidade de manejos e planejamento, sugerimos um trabalho futuro que contemple o manejo das dunas e suas vulnerabilidades.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: BALNEÁRIO ATLÂNTIDA SUL E BALNEÁRIO MARIÁPOLIS, OSÓRIO- RS.

Os Balneários de Atlântida Sul e Mariápolis são balneários pertencentes ao Município de Osório que designa Atlântida Sul como um distrito, o distrito possui uma subprefeitura responsável pelos dois balneários. Localizam-se na região Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Estão inseridos no Bioma Mata Atlântica, na formação geológica Planície Costeira do Rio Grande do Sul do período Cenozóico, banhados pelo Oceano Atlântico, são praias arenosas constituídas no Sistema Laguna/Barreira IV (Villwock & Tomazelli 1989). Agrega uma variedade de ecossistemas de grande suscetibilidade. O clima dessa região é classificado, segundo sistema geral de Köppen-Geiger como subtropical úmido, com verões quentes (Cfa), precipitação anual superior a 1.200 mm e temperatura média de 18,9 °C (CASTRO; MELLO, 2013). Na Figura 1 temos o recorte do município de Osório, a direita, e o recorte do distrito de Atlântida Sul, a esquerda, que é composto pelos balneários em estudo.

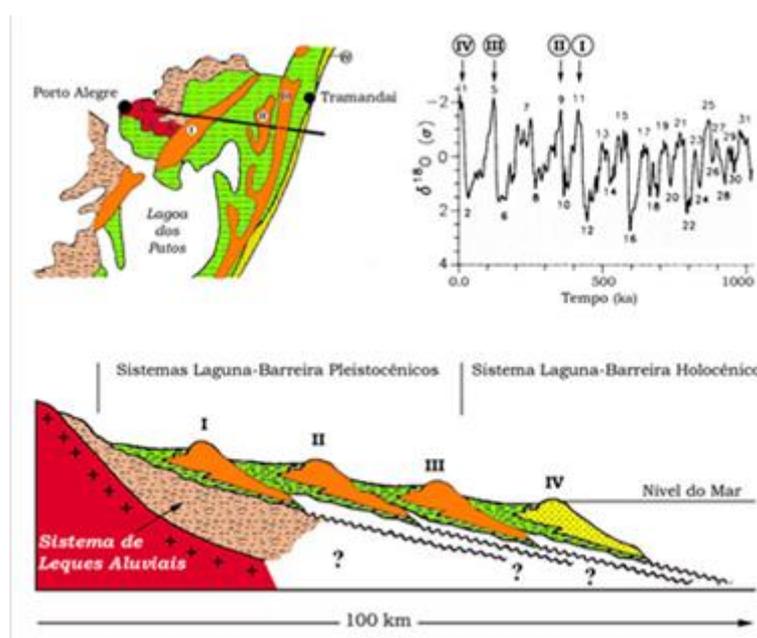
Figura 1- Mapa da Localização da área de estudo.



Fonte: IBGE, elaboração Seagrass (2021).

A presente planície costeira teve seu processo de formação no quaternário, era geológica em que o planeta foi marcado por alternar períodos glaciais e interglaciais. O resultado disso foram flutuações no nível do mar, as quais ocasionaram as transgressões e regressões da linha de costa, flutuações que foram diretamente responsáveis pelo processo de formação da planície (ZASSO, 2007, p.10). A planície costeira evoluiu para leste através da coalescência lateral de quatro sistemas deposicionais do tipo “laguna-barreira”, ilustrados na Figura 2. Cada um destes sistemas registra o pico de uma transgressão, seguida de um evento regressivo. Os sedimentos mais antigos, aflorantes na planície costeira, foram gerados num sistema de leques aluviais acumulados a partir das encostas das terras altas que constituem o bordo oeste das bacias por processos gravitacionais e aluviais (VILLWOCK, 1994).

Figura 2 – Mapa e esquema do Sistema Laguna-Barreira



Fonte: VILLWOCK 1984.

Os Balneários fazem divisa ao sul com o Balneário Imara pertencente ao Município de Imbé e divisa ao norte com o Balneário Rainha do Mar pertencente ao Município Xangri-lá. Com a Lei 2.376 de 25 de setembro de 1991, o distrito Mariápolis passa a denominar-se Atlântida Sul e ter sede nesse balneário.

Anteriormente eram separados por distritos. Tem como principal acesso rodoviário a RS- 389 conhecida como Estrada do Mar.

Inicialmente com o nome Cruzeiro do Sul e loteado pelo Banco Habitasul tinha uma proposta de ser uma praia popular, depois passou a se chamar Balneário América, por fim passou a responsabilidade do loteamento para a Construtora Bolognesi, o senhor Ronaldo Bolognesi proprietário da construtora fez um concurso entre funcionários e a população local que definiu o nome como Atlântida Sul.

A construtora era responsável pela infraestrutura, abrir ruas e construir as casas que eram no mesmo padrão e planta. O Banco Habitasul financiava os terrenos e casas por valores acessíveis, visto que, a praia não tinha pavimentação, era de difícil acesso, seu público alvo eram pessoas de menor poder aquisitivo.

No Rio Grande do Sul cada vez mais pessoas estão migrando para a região litorânea, no Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (2000-2010) dos dez municípios com maior crescimento populacional sete estão inseridos no litoral. O município de Osório possui uma população de 40.906 pessoas de acordo com o censo do IBGE de 2010. Estima-se que Atlântida Sul tenha uma população fixa de mais de 1500 pessoas e no veraneio aumenta cerca de 500%. O adensamento populacional reflete na necessidade de serviços. Os balneários de estudo são considerados bairros em que a ocupação predominante é o turismo de segunda residência. Atualmente as ruas dos balneários são pavimentadas, as principais vias são asfaltadas.

A ocupação dos balneários é bastante diversificada, as casas que eram de mesmo padrão e planta baixa já foram modificadas ou demolidas para dar espaço para novas residências. Com o tempo, novas casas com outras configurações foram surgindo, inclusive há um condomínio residencial horizontal de alto padrão já consolidado e outro em processo de loteamento.

A economia desses balneários depende substancialmente do turismo. Não possuem indústrias, tem o comércio predominantemente de venda e locação de imóveis e alimentação (restaurantes, quiosques, food-trucks), bastante atuantes na época do veraneio.

As praias do RS têm atraído as pessoas para a costa há mais de um século, assim como um grande número de visitantes aos balneários e áreas turísticas durante os períodos de férias e lazer. A utilização deste ambiente tem sido de importância crescente para a economia dos municípios litorâneos, sendo que a gestão destas áreas tornou-se necessária para lidar com uma variedade de problemas que surgem (PORTZ 2012).

Portanto, há a necessidade de preservação e conservação da morfologia da praia, os balneários estando em vulnerabilidade apresentarão cenários de degradação, não serão esteticamente agradáveis e possuirão uma paisagem prejudicada afastando e descontentando a população frequentadora que advém do turismo.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

As praias têm importância fundamental como fonte de diversão e lazer para grande parte da população. Sua beleza estética tem grande atrativo turístico, além de trazer recursos esportivos, recreativos, pesca, entre outros. Para entendimento do ambiente costeiro é necessário que tenhamos conhecimento dos agentes hidrodinâmicos, eólicos, condições climáticas e alterações fluviais, que são atuantes nos balneários em estudo.

Além disso, é indispensável à compreensão dos processos erosivos na praia em função dos condicionantes naturais e as intervenções antrópicas que impactam no ambiente praial. Com isso, almejamos uma gestão costeira eficiente, que tome conhecimento do dinamismo costeiro, dos processos erosivos ocorrentes e as vulnerabilidades da orla praial, para o planejamento e manejo adequado desses ambientes.

3.1 Processos erosivos naturais

Os ventos são grandes responsáveis pela dinâmica costeira, além de originar as ondas e correntes que por sua vez erodem, transportam e depositam sedimentos atuando efetivamente no sistema de dunas. No litoral do Rio Grande do Sul o vento dominante é originado no Anticiclone sul proveniente de NE, sopra o ano todo, mas tem predominância no verão e na primavera. O vento secundário é originário do Anticiclone Móvel Polar proveniente de W-SW com maior incidência no outono e inverno (TOMAZELLI, 1993). Além disso, com os sedimentos secos fica facilitada a exposição e transporte pelos ventos. Grandes quantidades de areias são movimentadas pelos ventos ao longo das linhas de costa, atuando na formação, transporte e erosão de dunas. As dunas tendem a migrar na direção SW, estações de verão e primavera, em resposta a esses ventos.

As ondas são geradas pelos ventos. Conforme MOTTA (1967) são três tipos de ondas dominantes: ondulação, vagas e ondas de tempestade. A ondulação (swell waves) corresponde a ondas mais regulares provenientes do quadrante sul, como afirmado por Davies “o principal centro de geração desta ondulação está no cinturão tempestuoso subpolar do Atlântico Sul” (DAVIES 1980). As vagas (sea waves) são provenientes de ventos locais costeiros normalmente vindas do quadrante nordeste, são bastante irregulares. As ondas de tempestade (storm waves) são as de menor incidência e maior energia, normalmente vindas de sudeste, podem causar fortes impactos e erosões no ambiente praias, verificando-se a necessidade da conservação das dunas para barrar esse agente. Segundo Villwock e Tomazelli “A costa do Litoral Norte do Rio Grande do Sul pode ser classificada como uma costa que, em toda sua extensão, é francamente dominada pela ação das ondas” (1992, p.4).

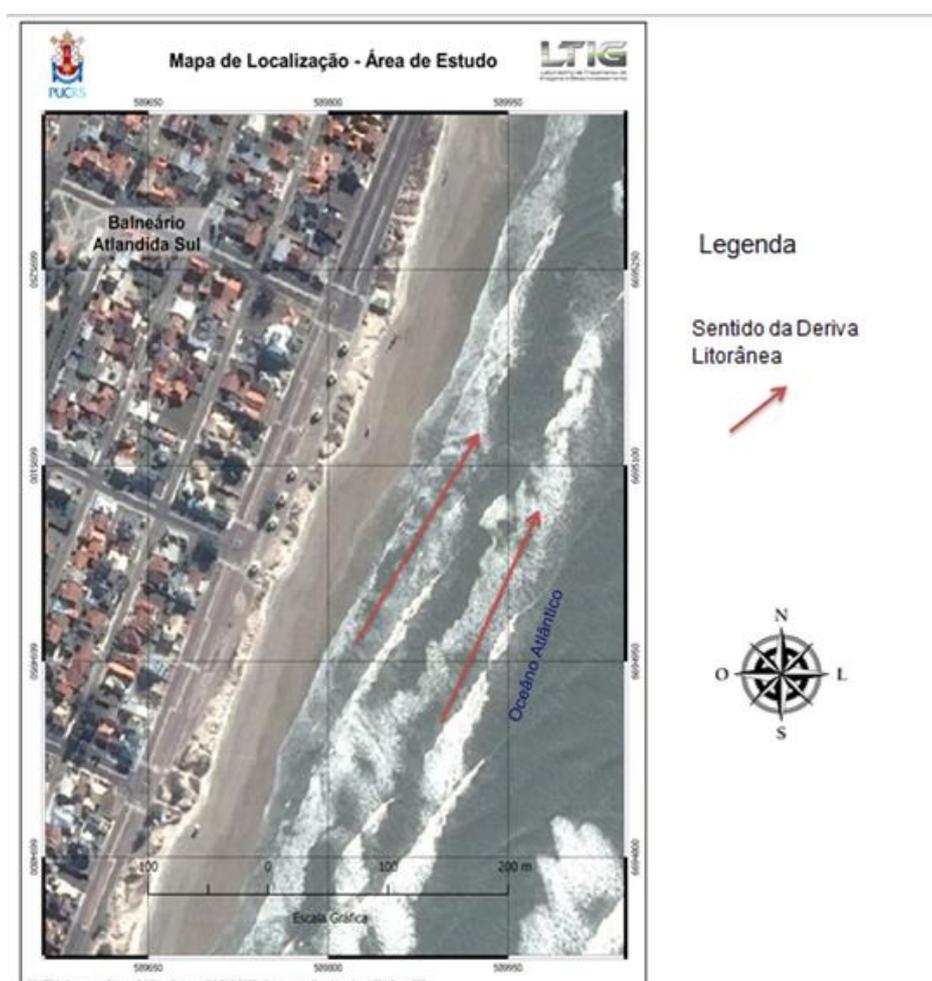
As ondas geradas pelos ventos são importantes transformadores de energia atuando na zona de praia carregando, erodindo e transportando sedimentos. As ondas mais significativas são geradas durante tempestades e possuem fatores críticos e decisivos à erosão que são a velocidade dos ventos, a duração da tempestade dos ventos e a interação do vento com a superfície oceânica. Essas ondas de tempestade acabam por ocasionar um fenômeno chamado maré meteorológica ou maré de tempestade.

As marés de tempestade são ocasionadas por ventos soprados do mar e tempestades com queda abrupta de pressão atmosférica, elevando o nível relativo do mar, como dito anteriormente são comuns no inverno principalmente em função da orientação dos ventos do quadrante sul e maior incidência de ciclones extratropicais. Durante os períodos de tempestade e eventos extremos, os ventos subparalelos de sul ao percorrer a região costeira faz o deslocamento em direção a praia de uma grande massa de água, por efeito de coriolíse que, juntamente com a migração dos centros de baixa pressão, podem ocasionar expressivas elevações do nível relativo do mar. Com essa elevação constituem ressacas marítimas e acabam por erodir o ambiente praias.

A Deriva Litorânea é reconhecida como um dos principais fatores da morfodinâmica costeira, são correntes induzidas por ondas que ingressam na zona de surfe. É responsável pela configuração das praias e pelo transporte de

sedimentos (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1992). No caso do Rio Grande do Sul, como concluiu Motta (1967), a deriva se processa em ambos os sentidos da linha de costa, mas com predominância final no sentido NE. Conforme a Figura 3 podemos verificar o sentido da deriva litorânea nos Balneários Atlântida Sul e Mariápolis. O transporte e aporte de sedimentos é fundamental na preservação da morfologia dessa praia, a deriva litorânea está presente em todas as praias e ocorre de forma natural, entretanto pode ser alterada devido às intervenções antrópicas no ambiente praial. O transporte de sedimentos está diretamente ligado com o balanço sedimentar do ambiente de zona costeira.

Figura 3 - Mapa do Sentido da Deriva Litorânea nos Balneários Atlântida Sul e Mariápolis.



Fonte: REIS, 2016.

Todos esses fatores são atuantes na zona costeira, entretanto para sabermos se esses fatores estão constituindo uma erosão natural é necessário ter conhecimento do balanço sedimentar da praia. Calcula-se então a entrada de

sedimentos vindas por transporte eólico do continente, corpos d'água, vindas do oceano pelas ondas ou erosão da costa. Além disso, calcula-se a saída de sedimentos transportados para o oceano, transporte eólico para o continente, reduzida por intemperismo e atrito e retirada de areia da praia por transporte no uso e ocupação. Se o resultado for uma maior saída de sedimentos do que entrada, configura-se uma praia em processo de erosão, perda de sedimentos.

Com uso de imagens de satélite LAND SAT 5, 8 e 11, obtidas por meio da interface do aplicativo Cassie com o Google Engine, foi possível desenhar a linha de tendência da costa de Osório entre os anos de 1984 e 2021 (Figura 4). O processamento da série de imagens disponíveis no período permitiu marcar as posições da linha da água, pela diferença de reflectância da terra em relação a água na banda do infravermelho. Após análise estatística das transectos que cruzam todas as posições a cada 50 metros, a linha de costa foi vetorizada e suavizada e o seu comportamento espaço-temporal (acrécimo, erosão ou estabilidade) apresentado por latitude em função da linha de regressão linear (LRR em m/ano) (SEAGRASS, 2021).

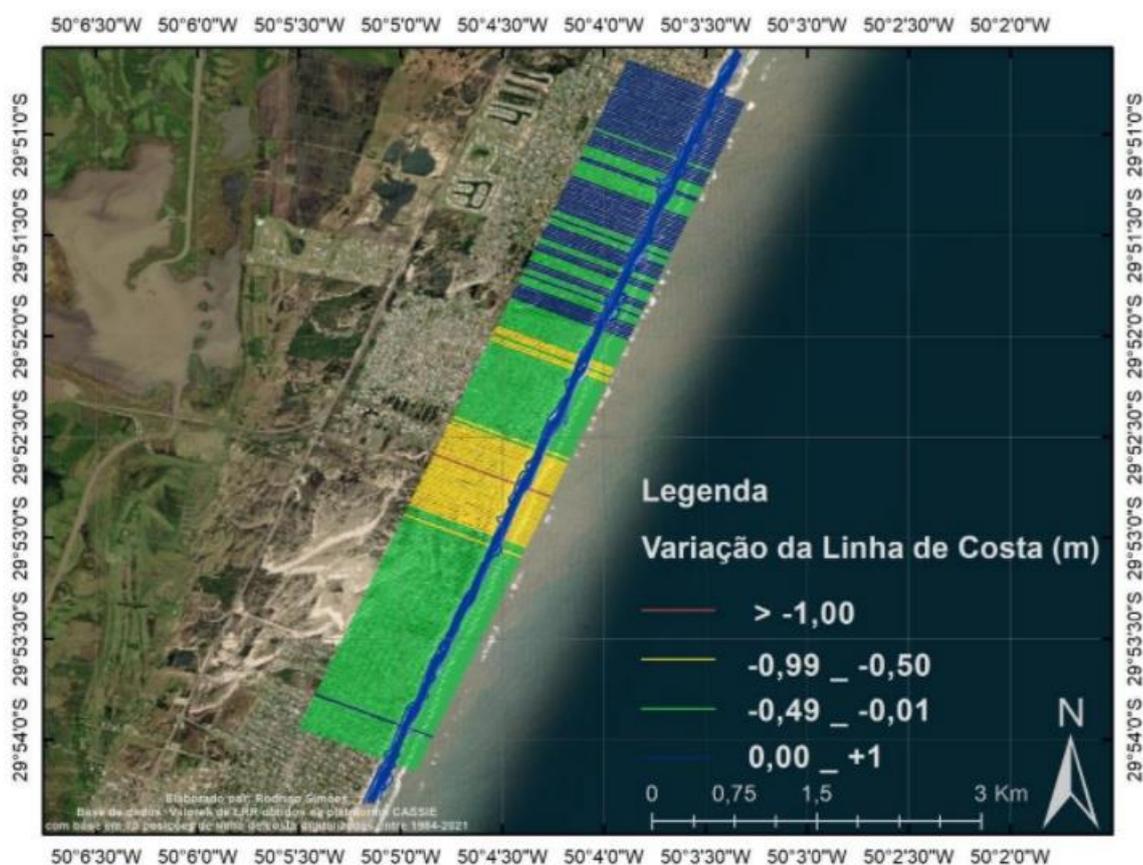
A área mais crítica no que tange a processos erosivos é a centro-sul que apresentou os maiores valores de retração com recuos totais de mais de 30 metros, nos últimos 37 anos. O extremo Norte da área de estudo apresentou variações pouco significativas com tendência de uma lenta progradação de linha de costa ($< 0,5$ m/ano). Essa análise foi baseada em mais de 100 posições de linha de costa para cada setor da costa analisado (~100 imagens para cada setor entre 1984-2021), obtendo-se uma significância estatística quanto ao posicionamento da linha de costa e, conseqüente, determinação dos valores de LRR (Linear regression rate) e na sua linha de tendência (SEAGRASS, 2021).

Inicialmente, uma crista de acréscimo no LRR denominada de onda de areia surge nos limites entre os municípios de Xangri-Lá e Osório (Latitude $29^{\circ}51'00''S$) e, depois, como cavas de erosão se propagam a partir da área central para o sul do município, atingindo o recuo máximo de -35 m, a barlavento do campo de dunas móveis de Imara (SEAGRASS, 2021).

No extremo Norte, entre os Balneários de Rainha do Mar, em Xangri-Lá, e Mariápolis, em Osório, as cristas de estabilidade se alternam a pequenos recuos. No Balneário de Atlântida Sul as variações da linha de costa tendem francamente no sentido do recuo (-0,5m/ano), se acentuando pontualmente na área central (-1m/ano) mais afetada pela urbanização (SEAGRASS, 2021).

A magnitude negativa da variação da linha de costa se acentua para o sul, a partir da Avenida Leme, na ordem de recuo entre -0,99 e -0,5 m/ano (faixa amarela figura 4), e se distribui ao redor do hotspot erosivo (classe taxa de recuo > -1m) de modo simétrico (distribuição normal). O ponto focal está na latitude -29,88, no trecho associado ao Condomínio Atlântico Sul Villas, que no final dos anos 90 estava bastante degradado pela proximidade da estrada interpraia a beira mar (SEAGRASS, 2021).

Figura 4 – Evolução da Linha de Costa 1984-2021.

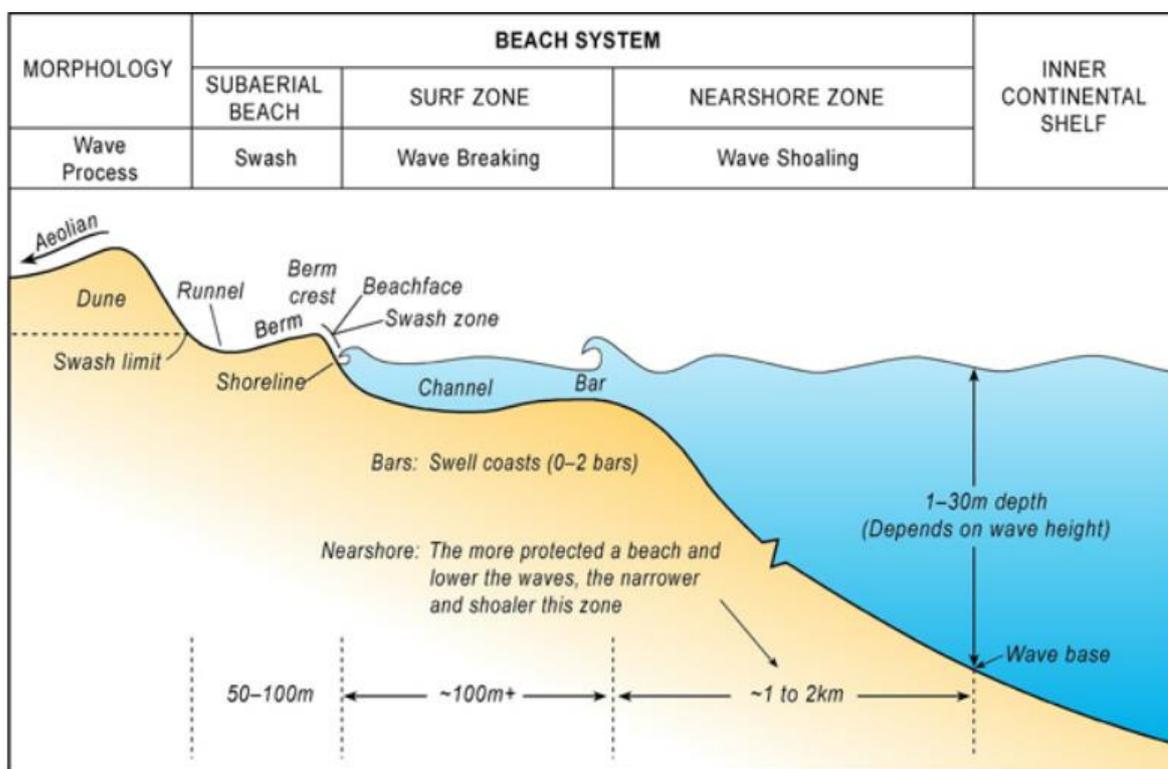


Fonte: SEAGRASS, 2021.

Essas variações na linha de costa comprovam que há erosão e alterações na morfologia da praia, sendo alguns segmentos, principalmente os urbanizados, altamente suscetível e fragilizado frente a alterações no nível relativo do mar. O avanço e recuo do nível relativo do mar na costa marinha é um processo natural e histórico em função dos agentes costeiros e da deriva litorânea, os quais modelam a zona costeira desde a separação do continente americano do continente africano. Entretanto as intervenções antrópicas e a urbanização aceleram os processos erosivos ocorrentes e se tornam emblemáticas com alterações no nível relativo do mar.

Os itens que compõem a morfologia de uma praia, ilustrados na Figura 5, são essenciais nas medições e estudos do ambiente praial. A morfologia compreende o estudo das formas de uma praia e com isso são detectados a configuração de uma zona costeira e, sobretudo, é possível elencar as condições de vulnerabilidade. Uma praia com morfologia conservada caracteriza uma situação de ambiente praial desejado. A praia é composta de pós-praia, antepraia e face praial. O foco do estudo está concentrado no pós-praia, local de maiores impactos de processos erosivos.

Figura 5 - Denominação das regiões da zona costeira.



Fonte: SHORT & WOODROFFE, 2009.

A zona de pós-praia é composta por berma, dunas embrionárias e dunas frontais. A berma é uma feição sedimentar de baixa altimetria que separa o pós-praia da zona de espraiamento, a qual só é atingida pelas ondas do mar em condições de maré alta, ou de tempestades, comum no inverno. Posteriormente à berma surgem as dunas embrionárias que são dunas em processo de formação. Por conseguinte, temos as dunas frontais que são essenciais para a conservação do aporte sedimentar do pós-praia, bem como, fundamentais para conter a energia das ondas.

Quando um segmento costeiro apresenta berma desenvolvida, presença de dunas embrionárias, dunas frontais sem grandes escarpamentos configura-se uma praia sem erosão significativa e com balanço sedimentar positivo. É importante termos conhecimento das tendências para os perfis de praia de verão e inverno. Em situação de inverno são comuns as alterações no pós-praia decorrente dos efeitos das marés de tempestade, essas alterações causam erosões na praia, removem sedimentos deixando o ambiente praiado fragilizado.

Entretanto, se a praia possui um aporte de sedimentos em equilíbrio é previsto que no verão esses sedimentos retornem ao ambiente praial.

O perfil transversal de uma praia varia com ganho ou perda de areia, de acordo com energia das ondas, ou seja, de acordo com as alternâncias entre tempo bom (engordamento) e tempestade (erosão). Nos locais onde o regime de ondas se diferencia significativamente entre verão e inverno, a praia desenvolve perfis sazonais típicos de acumulação e erosão, denominados perfil de verão e perfil de inverno, respectivamente. Desta forma, ao adaptar seu perfil às diferentes condições oceanográficas, a praia desempenha papel fundamental na proteção do litoral contra a erosão marinha (MUEHE, 1993).

Uma das feições erosivas mais comuns nos sistemas de dunas são os corredores de deflação eólica, *blowouts*, formados a partir de buracos e brechas existentes na duna frontal. O vento através destas aberturas aumenta a sua velocidade de fluxo retirando areia e desta forma provocam a deflação da superfície da duna (EPA, 2007). Estas feições são comuns em ambientes de dunas costeiras, particularmente nas regiões onde as praias e dunas frontais são ocasionalmente erodidas, podendo também ocorrer em ambientes estáveis, onde a energia eólica e das ondas é alta (HESP, 2002).

A origem mais comum de uma bacia de deflação do tipo cavidade alongada, se dá após a erosão por ondas de tempestade e a subsequente aceleração do fluxo dos ventos e deflação (CARTER e WILSON, 1990). De modo secundário, as atividades humanas, como o acesso de pedestres e carros, ao destruírem a cobertura vegetal, podem também desencadear a erosão (Texas General Land Office, 1991).

As formas erosivas proporcionam escape de areia para dentro do continente, aumentando o balanço negativo de sedimentos na duna, que dificilmente se estabiliza sem a ajuda do homem, no controle do uso do espaço, reforma da duna e recomposição da vegetação (TABAJARA; MARTINS; ALMEIDA; 2004, P.119). Sem o manejo adequado os *blowouts* podem evoluir para duna parabólica, cuja porção terminal, à sotavento, apresenta cristas de arraste alongadas, em forma de U, lençol arenoso ou campo de duna (HESP, 2000).

Segundo Fracasso (2005), a origem das dunas parabólicas está diretamente influenciada pela formação de uma ruptura de deflação (*blowouts*), uma vez que a vegetação cria uma brecha, ocorre o alargamento da mesma, promovendo turbulentos redemoinhos. A areia erodida é fixada pela vegetação sobre o lado a favor do vento da ruptura de deflação. A vala da ruptura de deflação aprofunda até quando o limite do aumento da capilaridade é alcançado e a areia torna-se molhada impossibilitando o transporte eólico. Neste estágio, a deflação torna-se concentrada sobre a margem a favor do vento da feição erosiva (ruptura de deflação) resultando em uma duna parabólica.

3.2 Condicionantes Antrópicos

Intervenções antrópicas sem planejamento tendem a acentuar processos erosivos na orla costeira. Dentre algumas intervenções antrópicas, Tomazelli et. al. (2008) destaca que o processo de urbanização no litoral norte do Rio Grande do Sul tem sido responsável pela extinção de campos eólicos de dunas de forma direta e indireta. De forma direta, a extinção ocorre quando as obras urbanas passam a ocupar o mesmo espaço físico, antes ocupado pelas dunas. A extinção indireta, mais lenta, ocorre quando se interpõe construções ou qualquer obstáculo que produza o cancelamento da fonte de alimentação das areias oriundas da praia adjacente.

Necessário ressaltar que a urbanização não está interferindo somente nas ações eólicas dos litorais. A intensa urbanização em direção à linha de costa vem causando alterações no litoral brasileiro, sobretudo seu deslocamento sobre o ambiente praias. O principal efeito observado é o desequilíbrio desse ambiente, com aumento nas taxas de erosão ao longo da costa, evidenciando a perda de espaço físico para desenvolvimento das atividades econômicas e sociais (MMA, 2007).

Junto com o adensamento populacional vem a necessidade de serviços e estruturas (quiosques, calçadas, vias de acesso, entre outros) para atender essa população. Essas estruturas na maioria das vezes não estão construídas em

locais apropriados e não possuem planejamentos prévios. Uma obra construída sobre as dunas rompe o equilíbrio do ambiente. Durante uma tempestade, as ondas ao invés de retirarem areia das dunas que é o principal anteparo para energia das ondas, são refletidas na obra construída, essa obra acaba por potencializar a energia das ondas e por erodir mais agressivamente a face praial.

Quando uma costa não possui feições morfológicas (costões, baías, enseadas) que barre a ação das ondas, percebe-se uma dificuldade em manter a morfologia da praia em uma situação anterior a marés meteorológicas ou de tempestade, uma realidade presente no Litoral Norte do Rio Grande do Sul que possui praias abertas, dissipativas ou intermediárias.

As dunas costeiras e a vegetação são partes essenciais das praias arenosas. Praias e dunas são particularmente uma atração para o desenvolvimento residencial e recreacional, para tanto a população tem se instalado o mais próximo possível destes locais, modificando a vegetação e estrutura original (PORTZ 2008). O acesso dos usuários na praia acarreta prejuízos ao ambiente de dunas causado pelo pisoteio da vegetação e à formação de corredores de deflação eólica. Para reduzir esses danos, os planos de manejo de dunas sugerem a delimitação e o direcionamento do fluxo de pedestres. Este direcionamento é feito através de estruturas como passarelas ou esteiras (PORTZ, 2012).

Outro tipo de degradação que vem crescendo é a extração de areia, onde a areia das dunas é usada como aterro na construção civil para expansão imobiliária na zona costeira (HESP 2002). Além disso, podemos verificar na Figura 6 a inserção de forma proposital de vegetação exótica, alguns moradores plantaram *Casuarina equisetifolia* L. e *Carpobrotus* spp., no campo de dunas dos balneários em estudo.

Figura 6 - Espécies exóticas plantadas no Balneário Mariápolis.



Fonte: Autora (2021).

As espécies exóticas diminuem os recursos de nutrientes do substrato, aumentam a acidificação do solo, além de alterar o equilíbrio hídrico do ambiente. Conforme a Portaria Sema nº 79/2013, está previsto a proibição do plantio de

espécies exóticas no Estado, constando a espécie *Casuarina equisetifolia* L., como planta exótica invasora (RIO GRANDE DO SUL, 2013).

Conforme estudo de LUZ (2019), foram registradas 107 espécies de vegetação nos balneários Atlântida Sul e Mariápolis, sendo 81 de natureza nativa, 15 exóticas naturalizadas, oito exóticas casuais e três exóticas invasoras. As espécies exóticas invasoras são emblemáticas, apresentam populações autônomas e são altamente competentes na dispersão a longas distâncias. Segundo Zalba e Ziller (2007), as espécies exóticas invasoras apresentam desenvolvimento rápido e facilidade de se adaptar em áreas degradadas.

O manejo das espécies de vegetação é indispensável para a preservação da vegetação nativa que é naturalmente eficaz na fixação das dunas e, além disso, a identificação e manejo das espécies é fundamental para sustentarmos a biodiversidade.

A fauna local também é prejudicada pela urbanização, ausência de dunas e pela inserção das espécies de vegetação exóticas. O tuco-tuco (*ctenomys flamarioni*), por exemplo, é uma espécie nativa e têm seu habitat nas dunas, se alimentam da vegetação e, atualmente, estão em risco de extinção pelas construções na orla praial, pisoteio das dunas, retirada das dunas e inserção de vegetação exótica, que não são o alimento adequado para a espécie herbívora.

3.3 Eventos Extremos

Os eventos climáticos extremos começaram a acontecer com uma substancial frequência no início do século XXI no sul do Brasil (MARENGO, 2006). A ocorrência desses eventos chama a atenção dos governos para a importância de se criarem planos de prevenção a estes riscos até então ausentes. Os efeitos desses eventos climáticos extremos são perdas ambientais e econômicas (AMBOS et al. 2017).

De acordo com IPCC, estima-se que em 2100 a temperatura global aumentará mais de 1°C. Considerando as vulnerabilidades costeira e hidrológica, é importante avaliar o potencial efeito da elevação do NM nas áreas costeiras, já

que os problemas relacionados com a intrusão salina serão intensificados (SANTOS, 2012).

Uma das consequências do aquecimento global é a elevação do nível do mar. Segundo o Sexto Relatório de Análise (AR6, em inglês) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC), o nível global do mar aumentou 20 centímetros entre 1901 e 2018. O nível médio global do mar continuará a se elevar entre 44 e 76 centímetros até 2100 no cenário de emissões de GEE intermediário, e entre 0,63 e 1,01 m no cenário de emissões de GEE muito altas. É uma mudança expressiva, que, combinada com o aumento do número e da intensidade de chuvas e tempestades, pode ter efeitos devastadores sobre as zonas costeiras continentais (IPCC, 2021).

Dentre as tempestades e eventos extremos mais comuns e de maior influência na área de estudo estão os ciclones extratropicais. Os ciclones extratropicais são tempestades formadas por centros de baixa pressão, associados a frentes frias, seu formato remete a um espiral, e o seu centro apresenta baixa temperatura em relação à atmosfera vizinha. Esse sistema favorece a formação de chuvas torrenciais e ventos fortes.

Em função das mudanças climáticas, os ciclones extratropicais e eventos extremos estão cada vez mais presentes no litoral, provocando maior incidência de marés de tempestades (ressacas), que por sua vez, acentuam processos erosivos. A agitação marítima desta região deve-se à persistência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que impõe a condição mais frequente, porém menos energética; por sua vez, os ciclones extratropicais e as altas polares associadas estão ligados aos eventos extremos. Os ciclones apresentam o gatilho para a formação das maiores ondulações enquanto as altas polares funcionam no sentido de manter a persistência e a extensão da pista de vento, permitindo que as ondas cresçam e se propaguem por grandes distâncias (PEREIRA 2013).

Com relação à variabilidade interanual, Gan e Rao (1991) estudaram as variações sazonais e interanuais de ciclogênese na América do Sul, com isso, mostraram que em ano de El Niño a ocorrência de ciclogênese é maior e também está relacionada a excessos de precipitação.

Tabajara et al. (2004) estudando a resposta das praias e das dunas à passagem de ciclones extratropicais nos balneários em estudo, litoral norte do Rio Grande do Sul, mostrou que em um desses eventos as marés de tempestade em decorrência do ciclone provocaram escarpas de até 2,3 metros de altura na duna frontal e inundações em áreas continentais situadas a 2,5 metros acima do nível do mar.

Machado (2014) traz contribuições a partir de estudos de diferentes tipos e ocorrências de eventos extremos, o aumento no número de eventos extremos de velocidade de vento para a costa do Rio Grande do Sul ao longo dos últimos 66 anos (1948-2013). Os principais sistemas atmosféricos geradores de ventos intensos para a costa do RS são os ciclones extratropicais, sendo estes principalmente formados, isto é, com sua ciclogênese entre os paralelos 30°S a 40°S, e com duas trajetórias preferenciais para leste e sudeste. Ambas as direções gerando erosões e marés meteorológicas na costa do Rio Grande do Sul.

No Rio Grande do Sul estas tempestades são geralmente associadas a sistemas meteorológicos como ciclones extratropicais de alta intensidade que transferem energia para o mar gerando ondas de alta energia que podem levar um perfil de máxima acresção a máxima erosão em poucas horas (CALLIARI et al. 1998; MACHADO et al. 2010).

Por isso, a necessidade de planejamento e gestão costeira com atenção a esse cenário de mudanças climáticas, visto que, impacta diretamente na zona costeira. Os processos erosivos tendem a aumentar e causar mais estragos e degradação vulnerabilizando a orla praial, somente com a gestão adequada será possível assegurar a qualidade e preservação da praia.

4. METODOLOGIA

Conforme GRUBER et al. (2003), o reconhecimento dos aspectos fisiográficos dos setores costeiros e marinho adjacentes, são de fundamental importância à elaboração de um planejamento adequado para a Zona Costeira. A observação de características específicas, com relação a aspectos evolutivos geológicos/geomorfológicos e a interação dos sistemas marinhos e costeiros, proporcionam a base de um Manejo ou Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC), aliando pareceres técnicos e base legal, frente aos interesses econômicos.

Dessa forma se faz necessário o estudo da geomorfologia costeira como parte integradora da Gestão Integrada da Zona Costeira, pode dar suporte ao planejamento e implementação de obras costeiras, considerando as condições de dinâmica costeira e deriva litorânea de sedimentos.

4.1 Projeto Orla como instrumento de Gestão Costeira

A zona costeira é cheia de particularidades e fragilidades que demandam uma gestão atenta às questões envolvidas. A gestão costeira é responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente que coordena e implementa, em articulação com os órgãos em colegiados em nível federal, estadual e municipal, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro no Brasil e demais instrumentos normativos (MMA, 2020). Os municípios costeiros têm autonomia para determinar como será feito o uso e ocupação do solo, no entanto a maioria dos municípios não dispõe de um corpo técnico qualificado para perceber e poder mitigar erosões costeiras.

Nessa premissa, a Constituição Federal de 1988, no Parágrafo 4º do seu artigo 225, define a Zona Costeira como “patrimônio nacional”. Posteriormente, a Lei nº 7.661 institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, PNGC, que

tem por principal objetivo contribuir com a elevação da qualidade de vida de sua população, proteção e conservação do patrimônio cultural, histórico, natural e étnico visando o uso racional dos recursos da zona costeira e critérios de gestão da orla. Fica a cargo do Ministério do Meio Ambiente a responsabilidade de articulação dos municípios e estados com o PNGC. A segunda versão do PNGC foi aprovada em 1997 e está em vigor atualmente, após isso foi publicado o decreto 5.300 de 7 de dezembro de 2004 que regulamentou a Lei do Gerenciamento Costeiro e definiu conceitos e critérios de gestão.

Há programas que vêm sendo trabalhados em alguns municípios, como o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla) que estipula normas para o uso e ocupação. O Projeto Orla é importante instrumento de articulação da comunidade com os diferentes atores sociais que atuam na zona costeira. O Projeto Orla introduz uma ação sistemática de planejamento da ação local visando à gestão compartilhada desse espaço, incorporando normas ambientais e urbanas na política de regulamentação dos usos dos terrenos e acrescidos de marinha, como um processo mais inclusivo de alocação de recursos e tomada de decisões. Trata-se, portanto, de uma política estratégica que contribui para qualificar a tomada de decisão com vista a cumprir a função socioambiental da orla marítima. Suas linhas de ação estão embasadas em métodos que exploram fundamentos de avaliação paisagística, a dinâmica geomorfológica e de uso e ocupação do litoral, para pensar cenários com rebatimentos na aplicação dos instrumentos de ordenamento do uso do solo para gestão da orla (OLIVEIRA & NICOLODI, 2012)

É um instrumento de ação governamental que já obteve resultados satisfatórios e com êxito. De clara metodologia e acessibilidade configura um importante aliado na gestão costeira e na articulação das esferas governamentais. O Ministério do Meio Ambiente, através do Projeto Orla, sugere para a classificação de uso da orla o cruzamento da qualidade de seus atributos naturais com as tendências de ocupação (MMA, 2002).

Atualmente o Projeto Orla é uma ação interministerial que visa otimizar o ordenamento das orlas, que conta com a participação de diversos atores federais, tais como a Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União-SPU, do Ministério da Economia- ME; com a Secretaria Nacional de

Desenvolvimento Turístico do Ministério do Turismo- Mtur; o Ministério do Meio Ambiente- MMA; entre outros, e seus correspondentes estaduais e municipais, além, da participação da sociedade civil organizada (UFPA, 2021)

O Projeto Orla passou a ter uma gestão mais efetiva pela SPU com o advento do art. 14 da Lei nº 13.240, de 2015, que possibilitou a transferência da gestão das orlas e praias marítimas, inclusive as áreas de bens de uso comum com exploração econômica tais como calçadões, praças e parques públicos por meio do Termo de Adesão à Gestão de Orlas e Praias- TAGP aos 295 municípios litorâneos que se enquadram nessas condições (UFPA, 2021).

Com base nesta proposta, PORTZ (2008) classificou a orla de Osório como “Exposta em processo de urbanização: ambiente sujeito a alta energia das ondas, ventos e correntes, com baixo a médio adensamento de construções e população residente, com indícios de ocupação recente, paisagens parcialmente modificadas pela atividade humana e médio potencial de poluição”.

Considerando que a gestão de praias e dunas será mais eficaz se os interessados (gestores, moradores e frequentadores) entenderem a sua funcionalidade ambiental, o Projeto Orla se torna um mecanismo importante para a preservação do ambiente praiar e conseqüentemente para o gerenciamento costeiro adequado.

4.2 Método de *Checklist*

Para diagnosticar a vulnerabilidade de dunas foi feito um levantamento bibliográfico dos principais conceitos elencados à área de estudo e foram realizadas saídas a campo em fevereiro de 2020, julho de 2020 e fevereiro de 2021 reconhecendo a área de estudo e registrando com fotos a configuração da morfologia praiar.

Com dados obtidos por VANT em abril de 2021, cedidos pela empresa de gerenciamento costeiro Seagrass, interpretados no software ArcGis em gabinete, subdividimos a orla em trechos de 250 metros paralelos à linha de costa,

conforme Figura 7, para a aplicação da matriz de vulnerabilidade de dunas. Utilizou-se o método de checklist presente na Figura 8, desenvolvido por WILLIAMS et al. (2001) adaptado às condições locais. O método adaptado consiste em quatro seções com 24 parâmetros: A- Morfologia das dunas; B- Condição do pós-praia; C- Características dos 200 metros adjacentes ao mar; D- Pressão de uso.

Figura 7 - Mapa com a divisão dos treze trechos nos Balneários Atlântida Sul e Mariápolis para aplicação da metodologia



Fonte: IBGE, elaboração Seagrass (2021).

Por intermédio do software calculamos parâmetros que compõem a morfologia das dunas como a área superficial de dunas, largura da duna e através das curvas de nível adquirimos a altura das dunas nos trechos. Além disso, pode-se calcular o parâmetro de largura do pós-praia que consta na seção condição de praia.

Em agosto de 2021 aplicou-se a matriz de vulnerabilidade de dunas, Figura 8, presencialmente em campo, possibilitando uma análise mais detalhada. Verificou-se cada parâmetro em cada trecho e com isso obtivemos dados estatísticos da vulnerabilização das dunas. Com a aplicação do método conseguimos identificar processos erosivos, alterações na morfologia e

morfodinâmica e, por conseguinte, constatar influência antrópica e pressão de uso na orla da praia. Posteriormente, foi realizado uma análise de agrupamento através de cluster interpretando os dados obtidos para setorização da costa.

Figura 8 - Gráfico representando o Método de Checklist adaptado de WILLIAMS et al. 2001 para classificação de vulnerabilidade nos balneários de Osório.

AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE DE DUNAS						
A - Morfologia da Duna		0	1	2	3	4
1	Área superficial (m ²)	> 10000	> 7500	> 5000	>2500	<2500
2	Largura da duna (m)	>50	>40	>30	>20	>10
3	Altura máxima da duna (m)	>5	>4	>3	>2	<1
4	Processo de escarpamento	baixo		moderado		alto
5	Declividade na face frontal marinha	suave		moderada		acentuada
B - Condições da praia		0	1	2	3	4
1	Largura do pós-praia	>100	>80	>60	>40	<40
2	Suprimento de areia	alto		moderado		baixo
3	Brechas na face de praia	nenhuma		algumas		muitas
4	Largura das brechas na face de praia	<2		2-10		>10
5	Dunas embrionárias	muitas		algumas		poucas
C - Características dos 200 m adjac. ao mar		0	1	2	3	4
1	% de área de <i>blowouts</i> dentro do sistema	<5	>5	>10	>20	>40
2	Fuga de areia do sistema p/ continente	pouca		alguma		muita
3	% brechas no sistema de dunas	>0	>5	>25	>50	>70
4	% do lado marinho da duna vegetada	>90	>60	>30	>10	<10
5	% cobertura impermeável	poucas		algumas		muitas
6	Existência de vegetação exótica	nenhuma		alguma		muita
7	Sangradouros	0		1		2 ou +
D - Pressão de uso		0	1	2	3	4
1	Nº acessos de veículos	0		1		2
2	Densidade de caminhos de pedestres	baixa		média		alta
3	Estágio de urbanização	nenhum	orla rústica	horizontal padrão	mista	vertical
4	Nível de urbanização (%)	<10	>10	30 a 50	>50	>70
5	Posição da urbanização	sem	terço final	pós-duna	duna frontal	pós-praia
6	Nº de quiosque na praia	0		1 a 2		3 a 10
7	Nº de proprietários	um		alguns		Muitos

Fonte: SEAGRASS, 2021.

O método consiste em atribuir uma pontuação de 0 a 4 para cada variável em cada trecho, no qual a nota 0 representa uma condição boa e a nota 4 um estágio avançado de degradação. As variáveis são utilizadas para gerar um índice de vulnerabilidade (IV), que é proporcional à fragilidade do sistema. O índice de

vulnerabilidade (IV) resultante é obtido pelo algoritmo: $\sum (A, B, C, D) \times (100) /$
(máximo valor possível).

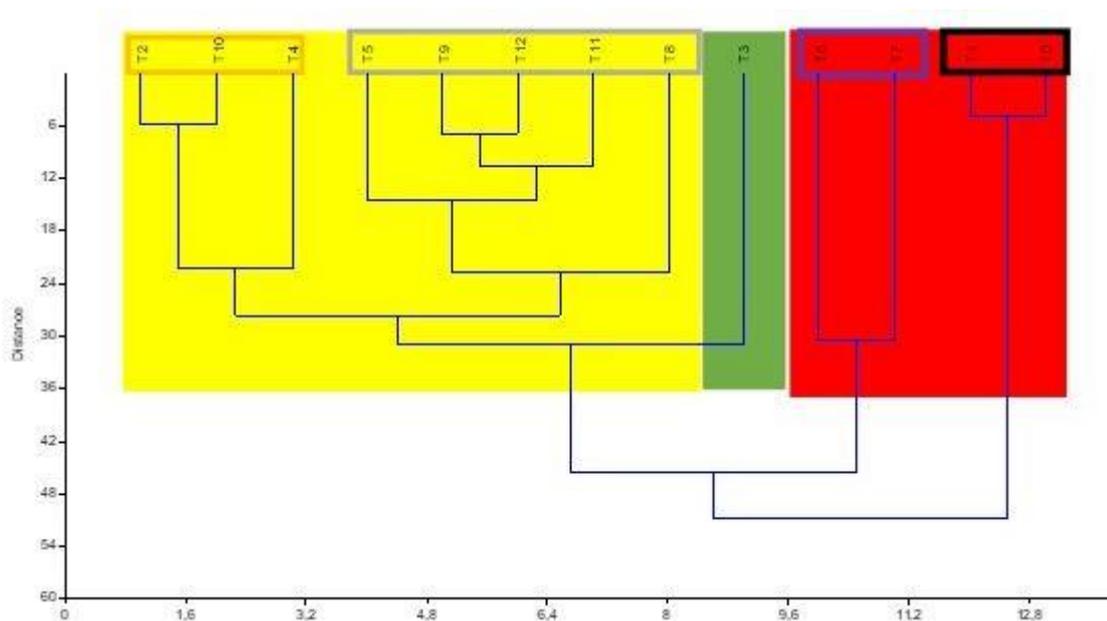
5. RESULTADOS

O diagnóstico de vulnerabilidade de dunas é indispensável para elaboração de manejo no ambiente costeiro. Vulnerabilidade de dunas é definida como um conjunto de condições que induzem a duna à erosão e à degradação do ecossistema (DAVIES et al., 1995). A pressão de uso humano é o principal condicionador de alterações nas características morfológicas de dunas em área com ocupação consolidada no Litoral Norte gaúcho (TABAJARA et al., 2012). Com isso, advém a necessidade do diagnóstico para subsidiar o planejamento público no propósito de conservar o ambiente costeiro.

Por suporte do diagnóstico podemos perceber a conjuntura de cada um dos 13 trechos dos balneários no município de Osório. Com a discriminação do índice de vulnerabilidade relativa pode-se definir quais os parâmetros que necessitam de maior reparo em cada trecho e com o índice de vulnerabilidade final quais os trechos prioritários para o manejo de dunas.

Para aprimorar o diagnóstico foi desenvolvido um dendrograma a partir dos dados dos índices de vulnerabilidade relativa. Assim podemos reconhecer trechos que possuem atributos semelhantes, agrupá-los e discorrer sobre eles e por fim, definir as áreas prioritárias para o manejo de dunas.

Figura 9 - Dendograma com a classificação dos trechos dos balneários em estudo.



Fonte: SEAGRASS (2021).

Interpretando os dados obtidos através do diagnóstico de vulnerabilidade de dunas dividimos os trechos em três estágios de vulnerabilidade: vermelho a área extremamente vulnerável (T0, T1, T6 e T7), amarelo a área vulnerável (T2, T4, T5, T8, T9, T10, T11 e T12) e em verde a área manejada (T3) por sua vez, os dois primeiros são subdivididos conforme o nível de degradação.

- Área Extremamente Vulnerável (vermelho):
 - Crítica = T0 e T1 (preto)
 - Alta vulnerabilidade = T6 e T7 (roxo)
- Área Vulnerável (amarela):
 - Transição = T2, T9 e T4 (laranja)
 - Atenção = T5, T8, T10, T11 e T12 (cinza)

Os trechos que possuem similaridades foram agrupados na mesma classificação, as similaridades foram percebidas através dos dados estatísticos

dos índices de vulnerabilidade em cada parâmetro e seção e, sobretudo nas saídas a campo.

Figura 10 - Resultados da setorização da orla considerando a vulnerabilidade do sistema de dunas.



Fonte: SEAGRASS (2021).

Contudo, os trechos possuem particularidades e uso e ocupação diversas, os conhecimentos adquiridos nas saídas a campo, principalmente com a diferença sazonal, nos permitiu ter conhecimento da área de estudo em diferentes épocas do ano, assim sendo, foi possível classificar adequadamente quanto às vulnerabilidades e seus diferentes níveis.

Figura 11 - Resultados da setorização da orla considerando os níveis de degradação das dunas da orla de Osório.



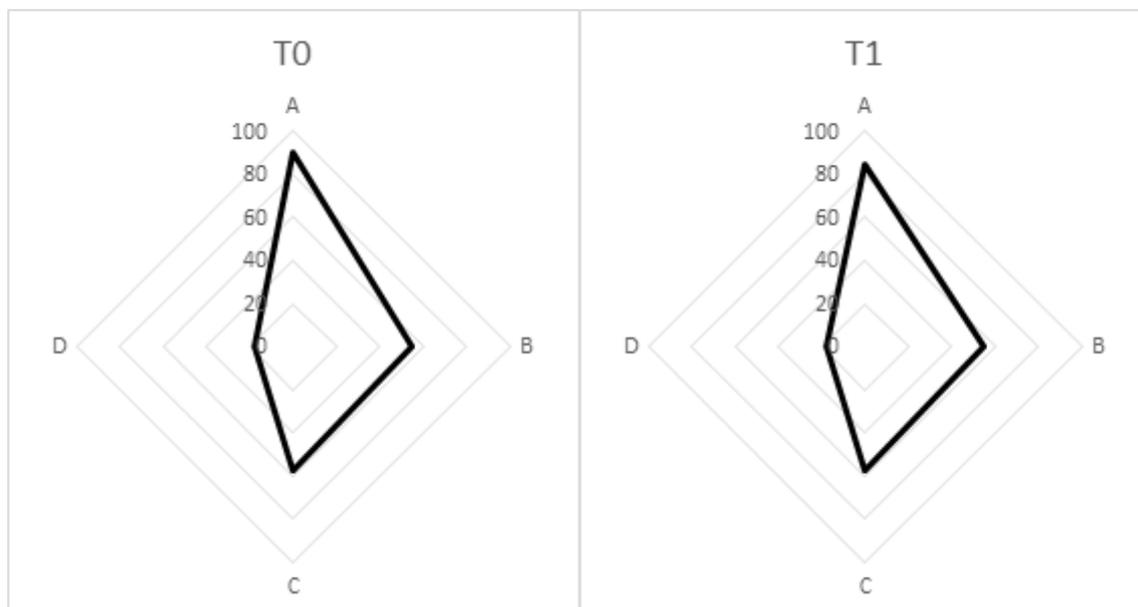
Fonte: SEAGRASS (2021).

5.1 Orla Extremamente Vulnerável

Na área extremamente vulnerável, em vermelho, temos uma subdivisão para melhor entendimento, os trechos de crítica vulnerabilidade em preto e os trechos de alta vulnerabilidade em roxo. Portanto, temos os trechos T0 e T1 em preto, pois a seção morfologia da duna apresenta um índice de vulnerabilidade relativa muito grave mesmo não sendo uma área densamente antropizada.

Os trechos T0 e T1 iniciam ao sul do município, divisa de Atlântida Sul com Imara (Imbé), apresentam nesses 500 metros índices bastante semelhantes na morfologia de dunas (A), nas condições de praia (B), nas características dos 200 metros adjacentes ao mar (C) e a pressão de uso (D), conforme os gráficos da Figura 12.

Figura 12 - Gráficos T0 e T1, áreas classificadas em extremamente vulneráveis em níveis críticos.



Fonte: Autora (2021).

A morfologia de dunas (A) demonstra que a área de dunas dos dois trechos é extremamente reduzida, as dunas remanescentes são muito escarpadas e apresentam uma declividade na face frontal marinha acentuada. O índice de vulnerabilidade relativa da morfologia de dunas do trecho T0 é 90% e a do trecho T1 é 85%, valores notadamente elevados, muito próximos ao nível máximo de degradação. A erosão é significativa e recorrente nestes segmentos sendo perceptível a ausência e danificação das dunas frontais, acarretando também em danos na estrada interpraia evidenciado na Figura 13, presente nos dois trechos.

Figura 13 - Vista da praia trecho T0, limite do Balneário Atlântida Sul com Balneário Imara. Dunas erodidas e estrada danificada.



Fonte: Autora (2021).

Em um episódio de marés de tempestade em julho de 2020 a estrada ficou bastante danificada e teve que ser parcialmente interrompida, visto que, passa pela estrada caminhões e ônibus intermunicipais conforme podemos verificar na Figura 14.

Figura 14 - Estrada interpraias trecho 0 parcialmente interrompida após evento que provocou erosão e danificação nas dunas e estrutura.



Fonte: Autora (2020).

A seção condições de praia (B) mantém essa similaridade nos dois trechos, o índice de vulnerabilidade relativa do trecho T0 e do trecho T1 é de 55%. Constituem segmentos de largura do pós-praia relativamente baixo, suprimento de areia muito baixo e a ausência de dunas embrionárias. É evidente o afloramento de asfalto remanescente de uma antiga estrada interpraias na Figura 15. Portanto, constata-se um cenário preocupante para esses dois trechos que possuem áreas de dunas prejudicadas e severamente erodidas.

Figura 15 - Asfalto da antiga interpraias aflorando no trecho T1 após processos erosivos.



Fonte: Autora (2021).

Os índices de vulnerabilidade relativa dos trechos é 57% nas características dos 200m adjacentes ao mar (C). Indicam uma porcentagem consideravelmente alta de áreas de blowouts dentro do sistema de dunas e um número expressivo de fuga de areia para o continente. Além disso, há uma porcentagem significativa de brechas no sistema de dunas, a ausência de vegetação no lado marinho da duna e a presença de vegetação exótica nos setores. Esses atributos corroboram para a perda de sedimentos e consequentemente supressão das dunas.

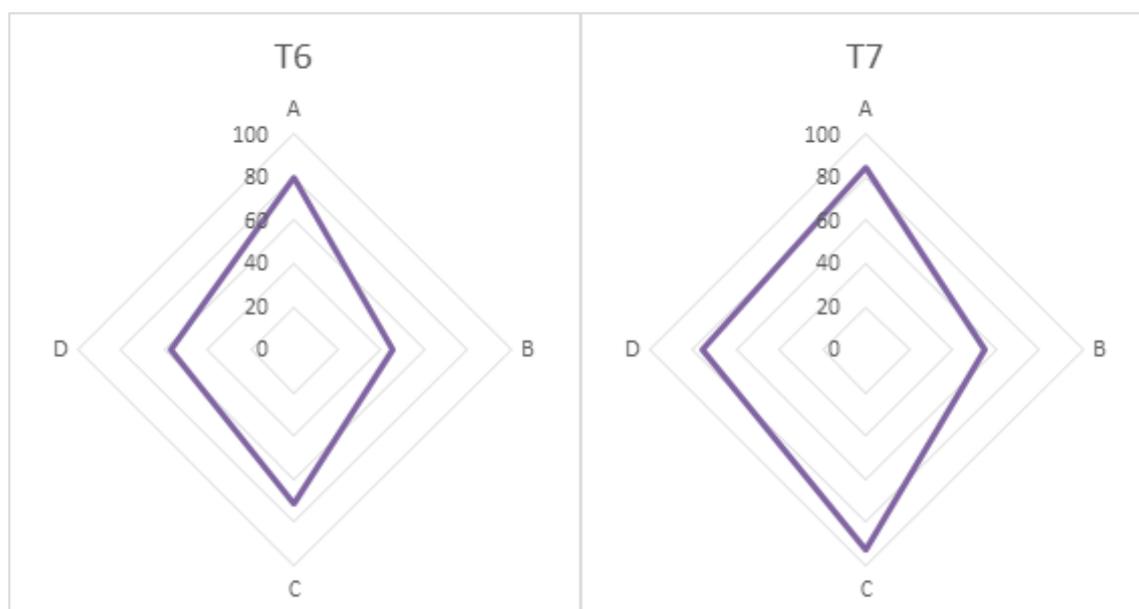
A pressão de uso (D) nesses dois trechos ocorre pela utilização frequente da estrada interpraias por pedestres e veículos de pequeno a grande porte. A estrada interpraias, nesses segmentos, foi construída sobre as dunas frontais, o que agrava a vulnerabilização dos ambientes, cujos índices de vulnerabilidade relativa sobre a pressão de uso nos dois perfis é de 18%. Esses índices de

vulnerabilidade relativa dos quatro atributos (A, B, C e D) resultam em um valor de vulnerabilidade final, onde o trecho T0 ficou em 52% e o trecho T1 foi 51%.

Os trechos T6 e T7 estão em roxo e conferem áreas antropizadas e com construções sobre as dunas, os dois trechos possuem os maiores índices de vulnerabilidade final do município. Essas áreas são consideradas prioritárias para o manejo de dunas, visto que, são trechos que comportam os cenários mais degradados e preocupantes.

Os trechos T6 e T7 são subsequentes e bastante emblemáticos, no dendrograma da Figura 9 e nos gráficos presentes na Figura 16 podemos verificar que são similares. Ficam próximos às avenidas e áreas de maior circulação dos balneários.

Figura 16 – Gráficos dos trechos T6 e T7 que configuram áreas extremamente vulneráveis em nível de alta vulnerabilidade.



Fonte: Autora (2021).

Os trechos apontaram índice de vulnerabilidade relativa na seção morfologia da duna (A) de 80% no T6 e 85% no T7. Apresentam uma área superficial de dunas muito baixa, curta largura de duna, alto processo de escarpamento e declividade na face frontal marinha. Essas condições são perceptíveis principalmente pela ausência de duna frontal em alguns pontos e a inserção de estruturas onde deveria ser o cordão de dunas.

Verifica-se com o estudo de REIS (2016) e a sequência de imagens na Figura 17 que existem estruturas construídas na orla de Atlântida Sul inseridas de forma irregular. Além disso, foi constatado com a atual pesquisa que essas estruturas permanecem ali corroborando com a supressão das dunas.

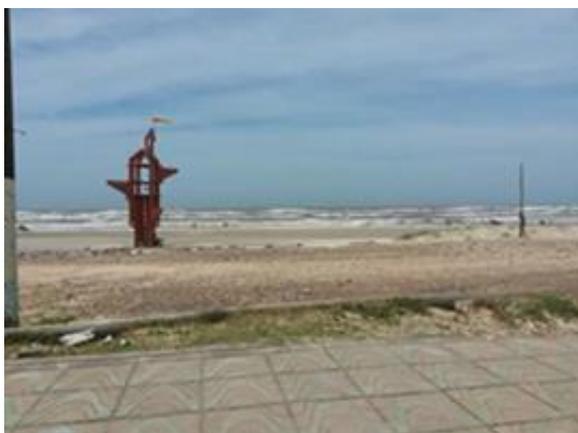
Figura 17 - Estruturas degradadas após maré de tempestade em 2010.



Fonte: PMO (2010).

Com a construção de estruturas rígidas no pós-praia, local onde as ondas se dissipam naturalmente, essas estruturas acabam por intervir nesse processo natural (REIS, 2016). Com a ausência desse espaço natural as estruturas tendem a aumentar a energia das ondas, com esse aumento de energia são acentuados os processos erosivos. Uma vez que a proteção natural, as dunas frontais são erodidas, junto com boa parte do pós-praia, a tendência é de que sem a zona de amortecimento a ação das ondas provoque uma sequência erosiva cada vez mais frequente, como podemos ver na Figura 18.

Figura 18 - Sequência histórica de processos erosivos no calçadão em Atlântida Sul.



30/11/2014



23/03/2016



08/04/2016



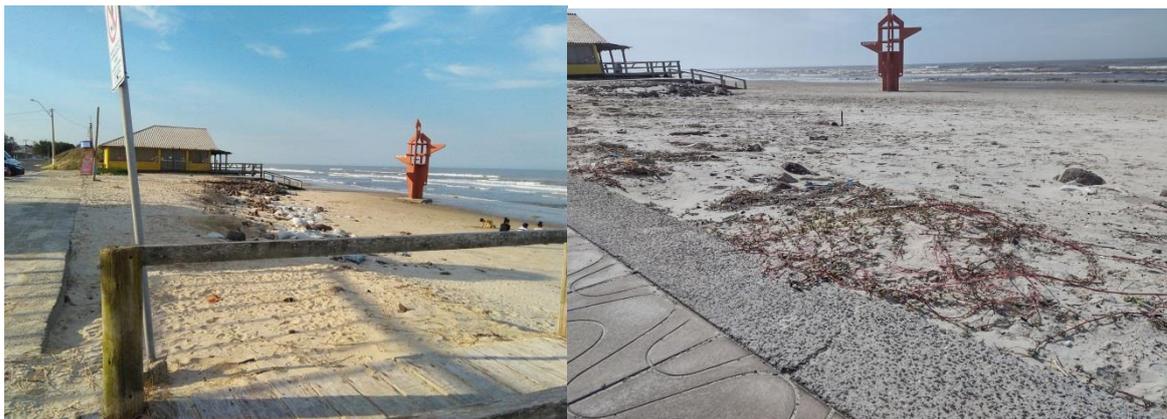
08/04/2016



14/07/2016



25/09/2016



21/07/2020

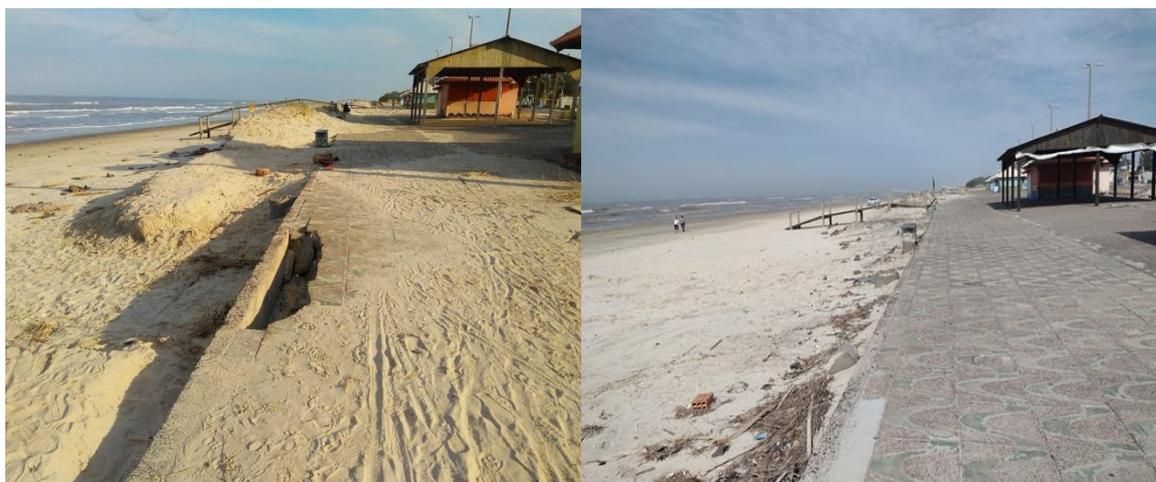
09/08/2021

Fonte: REIS (2016); Autora (2020); Autora (2021).

As condições de praia (B) tiveram índice de vulnerabilidade relativa no T6 de 45% e no T7 de 55%. A largura do pós-praia é reduzida e o suprimento de areia muito baixo. No trecho T6 contamos com dunas embrionárias enquanto no trecho T7 estão ausentes. A presença de dunas embrionárias reflete a natureza tentando a reversão da alta degradação das dunas que temos no trecho T6.

O índice de vulnerabilidade relativa nas características dos 200 metros adjacentes ao mar (C) foi de 71% no T6 e 93% no T7. No trecho T6 temos uma média percentagem de blowouts enquanto no T7 essa percentagem é bastante elevada. Nos dois trechos temos expressiva fuga de areia do sistema para o continente. Há uma percentagem média de brechas no sistema de dunas do trecho T6 enquanto no trecho T7 essa percentagem é alta. A percentagem do lado marinho da duna vegetada é muito baixa nos dois trechos. A percentagem de cobertura impermeável é muito excessiva pela presença de quiosques e estruturas de lazer em ambos os segmentos como podemos ver na Figura 19. A quantidade de sangradouros é significativa no T6 e exorbitante no T7 que conta com quatro estruturas.

Figura 19 - Estruturas de lazer, calçadão e quiosques nos trechos T6 e T7.

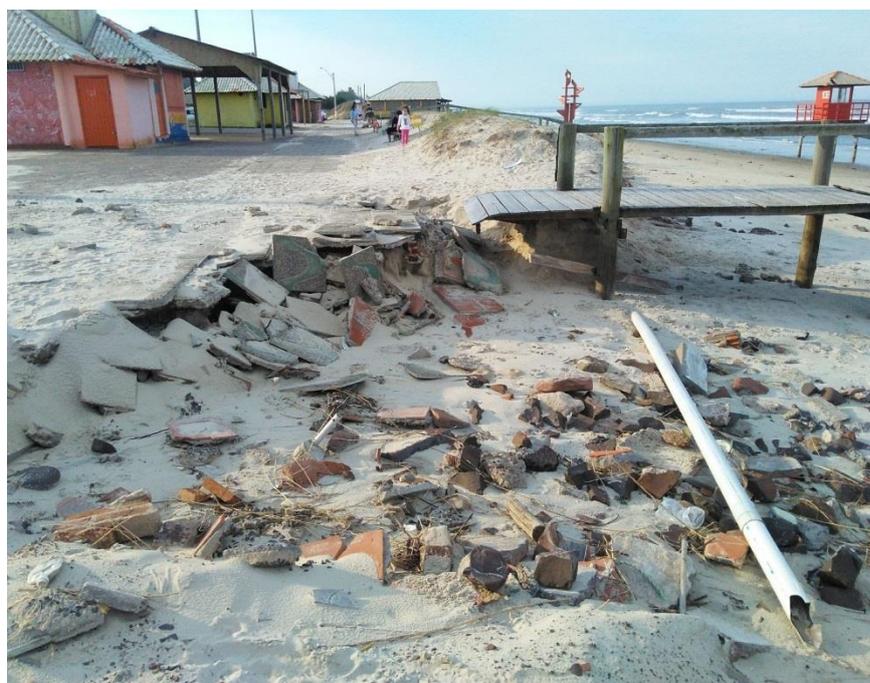


Fonte: Autora (2020); Autora (2021).

Com o acompanhamento histórico dessas duas imagens, a primeira de julho de 2020 e a segunda em julho de 2021, podemos perceber que as estruturas estão inseridas em área de dunas e que há uma grande diferença na degradação das dunas mesmo em um curto espaço de tempo. Em 2020 ainda existiam pequenas dunas sem vegetação, em 2021 constata-se a ausência de dunas nesse segmento. Constata-se que os processos erosivos e intervenções antrópicas estão modificando a morfologia da praia.

Quando acompanhamos essa área urbanizada em um maior espaço de tempo é notória que a vulnerabilização das dunas vem em uma crescente ao longo dos anos. Podemos verificar nas imagens de setembro de 2016 e julho de 2020 na Figura 20 que é recorrente a destruição do calçadão, entretanto em 2016 havia um cordão de dunas vegetado, enquanto em 2020 ele está com tamanho bastante reduzido e com pouquíssima vegetação. Há uma tendência de aumento de eventos extremos e consequentemente na incidência de marés de tempestade (IPCC, 2021), por isso é fundamental o manejo desses ambientes e um planejamento que leve em conta as particularidades do ambiente costeiro.

Figura 20 - Áreas de calçada e dunas degradados nos trechos T6 e T7 após marés de tempestade.



Fonte: REIS (2016); Autora (2020).

A pressão de uso (D) é muito impactante nestes trechos, por serem áreas de maior adensamento populacional. O índice de vulnerabilidade relativa no trecho T6 é de 57% e no trecho T7 de 75%. Destaca-se a alta urbanização nesses pontos e a presença de estruturas sobre a duna frontal e o pós-praia vistos na Figura 20. Pode-se observar a presença de um quiosque particular sobre área de preservação permanente (duna frontal) na Figura 21. As estruturas

rígidas prejudicam a manutenção natural eólica do cordão de dunas, atrapalham no suprimento de sedimentos e corroboram com o aumento de energia das ondas em situação de marés de tempestade (ressacas).

Figura 21 - Quiosque particular sobre as dunas frontais, área de preservação permanente no trecho T7.



Fonte: Autora (2021).

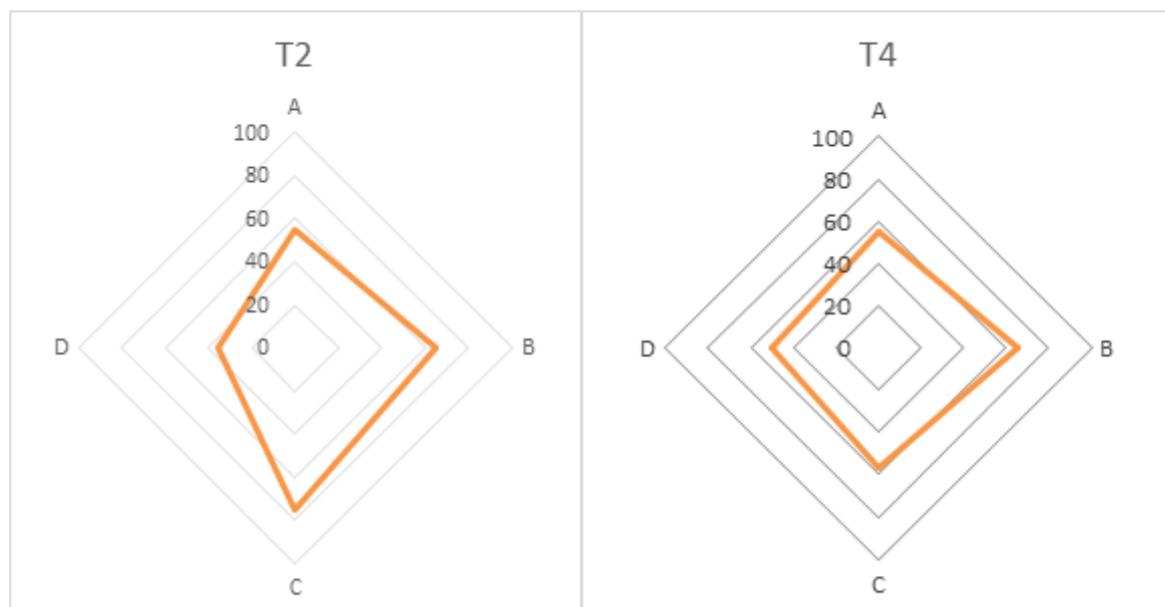
A presença do quiosque em questão da Figura 21 está tramitando judicialmente, visto que, está inserido em terreno de marinha e também não é permitida a construção de estruturas em área de preservação permanente. Por isso, além de causar impactos ambientais está infringindo a lei. O índice de vulnerabilidade final do T6 ficou em 64% no T7 ficou em 78%, o trecho T7 é o que comporta a maior parte das edificações de quiosques e calçadões, portanto esses dois trechos são os de maior índice de vulnerabilidade final, concluindo assim que são áreas muito danificadas.

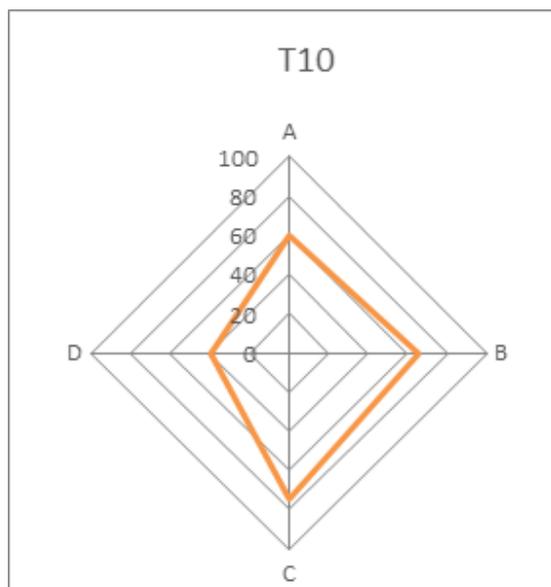
5.2 Orla Vulnerável

Na área vulnerável, em amarelo, subdividimos em laranja as áreas de transição e em cinza as áreas de atenção. Em laranja estão os trechos T2, T4 e T10 áreas que possuem características semelhantes e estão entre trechos mais graves e trechos menos graves. Em cinza estão os trechos T5, T8, T9, T11 e T12 que são trechos que estão em uma condição intermediária, portanto requerem atenção e manejo em determinadas particularidades.

O trecho T2 configura uma área de transição entre as características dos trechos T0 e T1 para o T3. Os trechos T4 e T10 também são considerados áreas de transição e possuem particularidades e dados comparáveis com o trecho T2 conforme o dendrograma. Podemos perceber que as situações mais emblemáticas desses segmentos são as condições de praia (B) e as características dos 200 metros adjacentes ao mar (C) conforme Figura 22 que contempla os gráficos dos trechos T2, T4 e T10.

Figura 22 - Gráficos dos trechos T2, T4 e T10 que configuram áreas vulneráveis em áreas de transição.





Fonte: Autora (2021).

As características morfológicas das dunas (A) apontam uma considerável melhora em relação aos trechos anteriores ao T2, o índice de vulnerabilidade relativa do trecho T2 e do T4 é 55% e do trecho T10 é de 60%. O trecho T4 expõe uma baixa área superficial de dunas e uma largura curta dessas dunas já os trechos T2 e T10 possuem uma área de dunas notável com largura de dunas intermediárias, os três trechos dispõem de uma altura de dunas expressiva. Entretanto no trecho T2 as dunas estão bastante escarpadas, Figura 23, já nos trechos T4 e T10 o processo de escarpamento é moderado. O trecho T4 mantém a declividade na face frontal marinha moderada, os trechos T2 e T10 possuem a declividade na face frontal marinha acentuada. A presença de dunas escarpadas nos remete a ocorrência de processos erosivos no trecho T2.

Figura 23 - Dunas escarpadas no trecho T2



Fonte: Autora (2021).

Ocorre uma similaridade em todos os parâmetros na seção condições de praia (B) nos trechos T2, T4 e T10, o índice de vulnerabilidade relativa de ambos os trechos ficou em 65%, a largura do pós-praia é curta, o suprimento de areia é considerado moderado, há algumas brechas na face de praia de largura mediana e constata-se a ausência de dunas embrionárias.

O índice de vulnerabilidade relativa nas características dos 200 metros adjacentes ao mar (C) é de 75% nos trechos T2 e T10 e 57% no T4, retratando uma elevada porcentagem de área de *blowouts* dentro do sistema no T2 e T10, mediana no T4, grande fuga de areia para o continente, uma alta porcentagem de brechas no sistema de dunas nos trechos T2 e T10 e baixa porcentagem no T4, uma porcentagem baixa do lado marinho da duna vegetada nos três trechos. Nos trechos T2 e T4 temos coberturas impermeáveis relevantes pela ocorrência de urbanização e a principal via Avenida Beira Mar que é pavimentada, enquanto no trecho T10 a cobertura impermeável não é tão expressiva. Enquanto nos trechos

T2 e T4 a existência de vegetação exótica é moderada no trecho T10 o índice é bastante elevado, podemos ver a presença dessa vegetação exótica na Figura 24. A vegetação exótica corrobora com a degradação, prejudica a fauna e a fixação das dunas. O número de canais de drenagens e sangradouros nos três trechos são bastante expressivos e requerem atenção, na Figura 25 podemos ver um grande sangradouro presente no trecho T4.

Figura 24 - Vegetação Exótica *Casuarina Equisetifolia* no trecho T10



Fonte: Autora (2021).

A vegetação exótica coloca em risco o ambiente praiar e também os banhistas, algumas se encontram como as da Figura 24, a espécie casuarina está seca e sem fixação, podendo cair sobre a população frequentadora da praia.

Figura 25 – Sangradouro e canal de drenagem no trecho T4 Agosto de 2011, Fevereiro de 2021 e Agosto de 2021.



Fonte: PMO (2011); Autora (2021).

Esse tipo de sangradouro da Figura 25 quebra com a linearidade do cordão de dunas, corrobora com os processos erosivos na orla praial, além disso, frequentemente estão entupidos com a areia da praia, para a desobstrução são utilizados maquinários que contribuem na degradação das dunas e da praia.

A seção pressão de uso (D) passa a ser mais significativa com a presença de acesso para veículos na praia nos trechos T2 e T4 ilustrados na Figura 26. A densidade de caminhos de pedestres é média nos três trechos, a urbanização horizontal é média e fica localizada no pós-duna, com isso, no trecho T2 o índice de vulnerabilidade relativa ficou em 36%, no trecho T4 50% e no trecho T10 39%.

Conseqüentemente, o índice de vulnerabilidade final do trecho T2 foi de 57%, no trecho T4 56% e no trecho T10 59%.

Figura 26 - Acesso de veículos nos trechos T2 e T4.

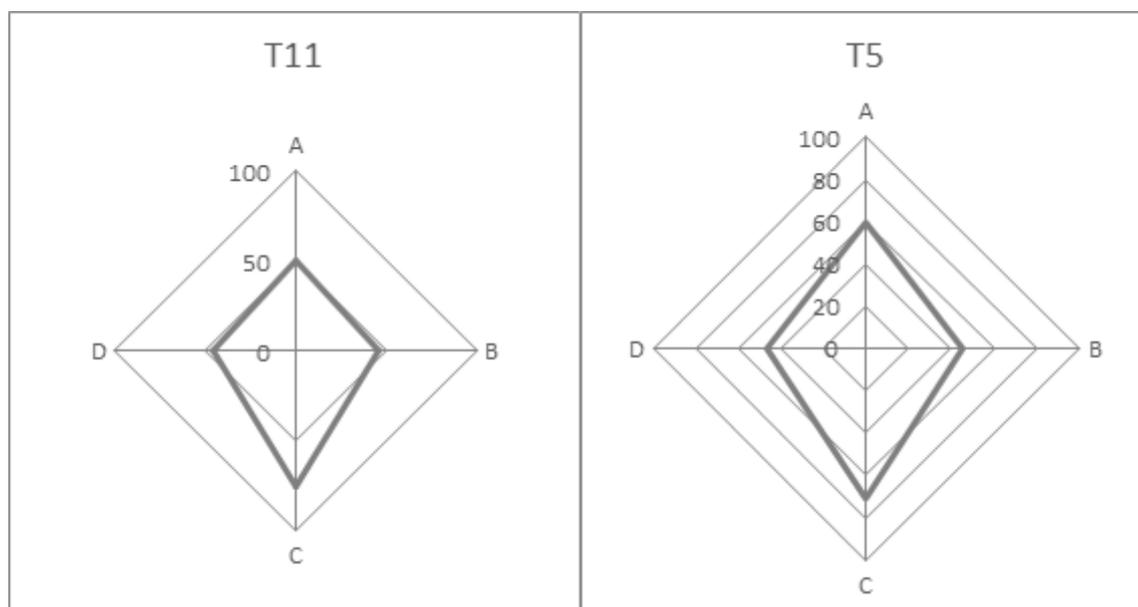


Fonte: Autora (2021).

Os acessos de veículos são grandes deterioradores do cordão de dunas, destroem a vegetação que são fixadoras de dunas, prejudicam a fauna, e os automóveis por si só, podem contaminar a orla costeira (óleo e combustíveis). Além do risco ambiental há o risco de atropelamento aos banhistas.

Os trechos T5 e T11 denotam de similaridades conforme visto no dendrograma da Figura 9 e nos gráficos da Figura 26.

Figura 27 - Gráficos dos trechos T5 e T11 que configuram áreas vulneráveis em nível de atenção.



Fonte: Autora (2021).

A seção morfologia da duna (A) nos trechos obteve índice de vulnerabilização relativa no T5 de 60% e no T11 de 50%. A área superficial de dunas nos dois trechos é baixa, a largura da duna também é baixa, o processo de escarpamento e a declividade na face frontal marinha são moderados.

Nas condições da praia (B) os dois trechos tiveram o mesmo índice de vulnerabilização relativa de 45%. A largura do pós-praia é relativamente baixa, o suprimento de areia é moderado, os trechos não possuem brechas na face de praia e não dispõem de dunas embrionárias.

Nas características dos 200 metros adjacentes ao mar (C) o índice de vulnerabilidade relativa do T5 é 71% e do T11 é de 75%, nesse parâmetro eles diferem em algumas particularidades. O trecho T5 possui uma porcentagem intermediária de área de blowouts dentro do sistema e média fuga de areia para o continente, o trecho T11 tem elevada porcentagem de área de blowouts dentro do sistema e muita fuga de areia para o continente. Ambos apresentam uma porcentagem média de brechas no sistema de dunas, indicam também uma porcentagem média do lado marinho da duna vegetada. A cobertura impermeável do T5 é muito elevada, além da urbanização há um afloramento de uma estrada

antiga interpraias e uma estrutura rígida na duna frontal, um santuário na Figura 28. A cobertura impermeável do T11 se manteve mediana. No trecho T5 é predominantemente alta a presença de vegetação exótica e no trecho T11 é bastante significativo. Assim como, o número de sangradouros é alto no trecho T5, no trecho T11 é mediano.

Figura 28 - Santuário e afloramento de asfalto no trecho T5.



Fonte: Autora (2021).

A pressão de uso (D) adquiriu o índice de vulnerabilidade relativa de 46% nos dois trechos. Há uma densidade média de caminhos de pedestres. Apesar do estágio de urbanização ser intermediário no trecho T5 se tem um nível de urbanização maior do que no trecho T11 que possui um nível de urbanização intermediário e um estágio de urbanização mais misto pela construção de um prédio na adjacência conforme Figura 29. Ambos têm diversos proprietários no entorno.

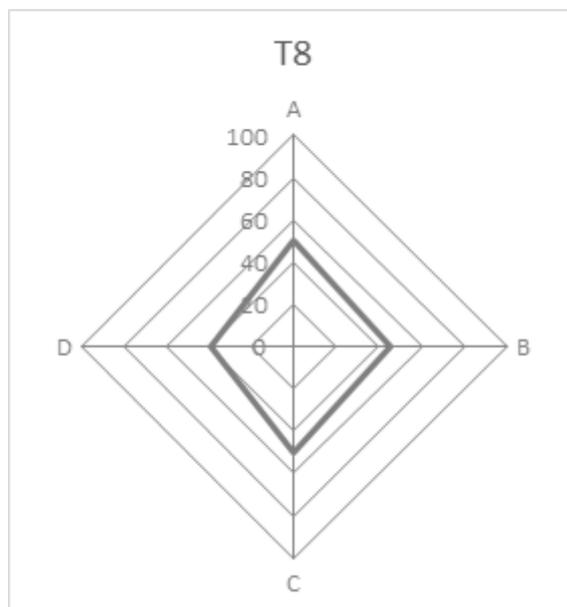
Figura 29 - Prédio em construção localizado no trecho T11.



Fonte: Autora (2021).

O trecho T8 tem uma melhora nos parâmetros, como podemos ver no gráfico na Figura 30, em relação aos trechos anteriores que se mostram bastante degradados, entretanto contém particularidades que requerem prudência.

Figura 30 - Gráfico do trecho T8 que configura área vulnerável em nível de atenção.



Fonte: Autora (2021).

O índice de vulnerabilidade relativa da morfologia de duna (A) é de 50%, possui uma área superficial de dunas pequena e carece de largura de duna, como podemos verificar na Figura 31. A altura do campo de dunas é boa, o processo de escarpamento e a declividade da face frontal marinha são considerados moderados.

Figura 31 - Dunas degradadas no trecho T8.



Fonte: Autora (2021).

As condições de praia (B) tiveram um índice de vulnerabilidade relativo de 45%, visto que, apontam uma pequena largura de pós-praia, o suprimento de areia é moderado e verifica-se a ausência de dunas embrionárias.

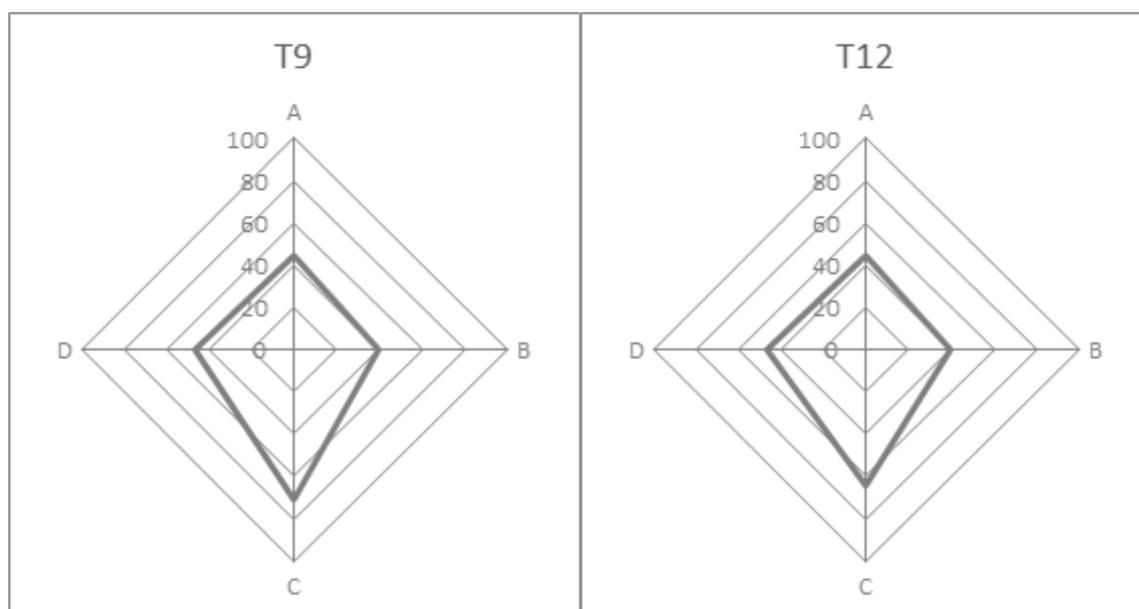
Nas características dos 200 metros adjacentes ao mar (C) o trecho teve índice de vulnerabilidade relativa de 50% com uma baixa porcentagem de blowouts dentro do sistema, moderada fuga de areia do sistema para o continente, pouca porcentagem de brechas no sistema de dunas, uma porcentagem mediana do lado marinho da duna vegetada. O trecho tem uma alta porcentagem de cobertura impermeável, possui valor considerável de vegetação exótica e sangradouros.

A pressão de uso (D) teve o índice de vulnerabilidade relativa de 39%, não temos acessos de veículo e há uma baixa densidade de caminhos de pedestres. A urbanização é mista, bastante relevante, localizada no pós-duna com alto

número de proprietários. Sendo assim, o trecho T8 teve o índice de vulnerabilidade final de 46%.

Os trechos T9 e T12 dispõem de valores e características semelhantes nos quatro parâmetros (A, B, C e D) do índice de vulnerabilidade de dunas, perceptível no dendrograma da Figura 9 e nos gráficos na Figura 32.

Figura 32 - Gráficos dos trechos T9 e T12 que configuram áreas vulneráveis em nível de atenção



Fonte: Autora (2021)

A morfologia de dunas (A) dos dois trechos teve índice de vulnerabilidade relativa de 45%, resultado de uma média área superficial de dunas, baixa largura de dunas, moderado processo de escarpamento e declividade na face frontal marinha.

As condições de praia (B) nos dois trechos obteve o índice de vulnerabilidade relativa de 40%. A largura do pós-praia é mediana, o suprimento de areia moderado e a ausência de dunas embrionárias.

Nas características dos 200 metros adjacentes ao mar (C) o trecho T9 teve um índice de vulnerabilidade relativa de 71% já o trecho T12 obteve 64%. Uma alta porcentagem de blowouts nos dois trechos, o trecho T9 apresenta muita fuga de areia para o continente, como podemos ver na Figura 33, enquanto o trecho

T12 tem fuga moderada. O trecho T9 tem uma expressiva porcentagem de brechas no sistema de dunas, ainda que o trecho T12 tem uma porcentagem moderada. Ambos os trechos tem uma baixa porcentagem do lado marinho da duna vegetada. O trecho T9 tem média porcentagem de cobertura impermeável já no trecho T12 temos uma excessiva porcentagem de cobertura impermeável. Nos dois trechos temos muita ocorrência de vegetação exótica, podemos verificar a ocorrência dessas vegetações exóticas na Figura 34.

Figura 33 - Fuga de areia para o continente no trecho T9



Fonte: Autora (2021).

A fuga de areia para o continente faz com que o cordão de dunas tenha perda dos seus sedimentos e areia. Essa areia presente na via é usualmente removida pelo maquinário da prefeitura para não causar escorregamento dos carros e para não obstruir a Avenida Beira Mar.

Figura 34 - Vegetação exótica *casuarina equisetifolia* e *carpobrotus sp* presentes no trecho T12.



Fonte: Autora (2021).

Como podemos ver na Figura 34 a vegetação exótica inserida no trecho T12 acabou por alterar a paisagem e cordão de dunas drasticamente. O solo se apresenta compactado e o local onde deveria constituir as dunas frontais não aponta uma feição praial. A vegetação exótica por alelopatia também prejudica a ocorrência da vegetação nativa, que é o melhor recurso na fixação das dunas.

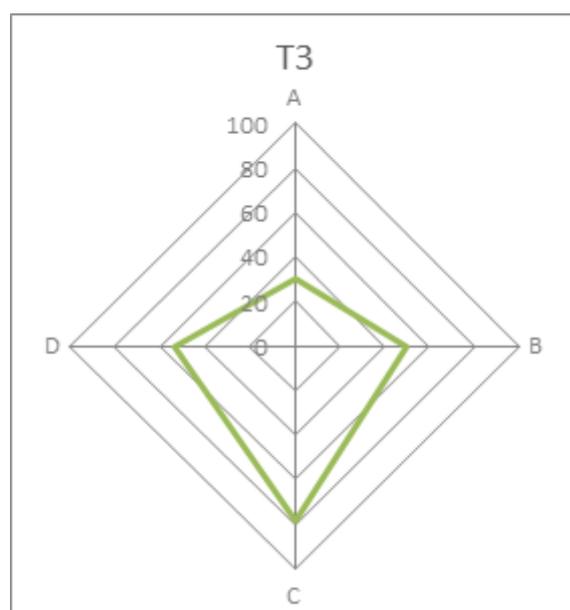
A pressão de uso (D) nos dois trechos teve índice de vulnerabilidade relativa de 46%. No trecho T9 temos um acesso para veículos, nos dois trechos temos média densidade de caminhos de pedestres. O estágio de urbanização é horizontal padrão com nível de urbanização significativo no pós-duna. Considerando os quatro parâmetros (A, B, C e D) alcançamos o índice de vulnerabilidade final que no trecho T9 foi de 52% e no trecho T12 foi 50%.

5.3 Orla Manejada

Por último temos como área manejada, em verde, o trecho T3, pois o mesmo tem o seu cordão de duna frontal preservado e demais características com índices satisfatórios. É fundamental manter o monitoramento desse trecho e manejar possíveis situações que possam degradá-lo.

O trecho T3 apresenta características distintas, conforme o gráfico do trecho T3 evidenciado na Figura 35 podemos observar que ele detém índices satisfatórios de forma geral, principalmente nos parâmetros da seção morfologia da duna (A).

Figura 35 - Gráfico do trecho T3 que configura a área manejada.



Fonte: Autora (2021).

O trecho T3 é o que mantém melhor índice de vulnerabilidade relativa de morfologia da duna (A) dos balneários estando em 30%, isso quer dizer que ele está 30% degradado. Dispõe de uma boa área de dunas, largas e altas, com processo de escarpamento moderado e declividade na face frontal marinha moderada.

A seção condições de praia (B) teve um índice de vulnerabilidade relativa de 50%, visto que, mantém uma largura do pós-praia média, suprimento de sedimentos baixo, nenhuma brecha na face de praia e ausência de duna embrionária.

As características dos 200 metros adjacentes ao mar (C) teve um índice de vulnerabilidade relativa de 79%, compreende uma altíssima porcentagem de blowouts dentro do sistema, conforme Figura 36, bastante fuga de areia do sistema para o continente, elevada porcentagem de brechas no sistema de dunas, baixa porcentagem de vegetação no lado marinho, expressiva cobertura impermeável e temos presença moderada de vegetação exótica. Essas situações precisam de manejo adequado para serem controladas.

Figura 36 - Gestores evidenciando área de *blowouts* no trecho T3



Fonte: Autora (2021).

Os *blowouts* são formas erosivas naturais, mas também podem ser ocasionadas e progredidas por intervenções antrópicas que sem intervenção e manejo adequado evoluem para duna parabólica, formas erosivas grandes em formato de U resultando em escape de areia para o continente.

A pressão de uso (D) teve índice de vulnerabilidade relativa de 54%. O trecho T3 abrange um condomínio residencial gerando a ampliação da densidade de caminhos de pedestres com os veranistas e moradores do condomínio acessando a praia, além disso, constata-se aumento no nível de urbanização. Por conseguinte, o índice de vulnerabilidade final no trecho T3 ficou em 55%.

Na construção do condomínio residencial foi exigido pela prefeitura um Plano de Manejo de dunas para assegurar que o cordão de dunas seria minimamente impactado pelo empreendimento. Verificando os índices obtidos podemos inferir que apesar do trecho T3 apresentar os melhores índices entre os treze trechos é necessário o monitoramento constante. Foram verificadas algumas feições erosivas que sem o manejo adequado pode evoluir para grandes degradações similares as observadas nos outros trechos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A planície costeira é geologicamente jovem, com isso a zona costeira é naturalmente frágil, suscetível a mudanças e alterações no ambiente praial. No Litoral Norte do Rio Grande do Sul partimos da premissa que a urbanização é o principal fator dominante para uma possível degradação.

Como vimos no decorrer da pesquisa, os Balneários Atlântida Sul e Mariápolis vêm sofrendo com o aumento progressivo das erosões no ambiente praial. Os processos erosivos acontecem em decorrência da dinâmica natural e da deriva litorânea. Contudo, a ocupação antrópica e urbanização são os principais fatores de vulnerabilização desses ambientes.

Baseados em métodos quantitativos e qualitativos elencados, a área de estudo foi verificado que os balneários estão com a morfologia fora do desejado, sendo perceptível a destruição de feições praiais importantes como as dunas frontais. Configura-se uma orla com déficit de sedimentos e com recorrentes processos erosivos.

Dessa maneira o diagnóstico de vulnerabilidade de dunas realizado pela metodologia de checklist foi imprescindível para o conhecimento dos conflitos existentes na orla. O método permite o delineamento dos problemas de forma rápida e acessível, assim podendo servir como subsidio para os gestores na tomada de decisão.

Observa-se que em Atlântida Sul e Mariápolis, apesar da curta faixa de praia com menos de três quilômetros de extensão, há diversos problemas de erosão e degradação da orla costeira. Os trechos T0 e T1, vistos na Figura 13 e Figura 14, apresentam graves problemas erosivos que impactam as dunas e a via pública, única via que suporta veículos de grande porte entre o Balneário Imara (Imbé) e o Balneário Atlântida Sul. Urge a necessidade da transferência da via para outra localidade, remoção dos asfaltos aflorantes remanescentes, verificados na Figura 15 e na Figura 28, para definir um plano de recuperação do cordão de dunas.

Os trechos T6 e T7 são segmentos prejudicados severamente pela urbanização e construções na orla praial regularmente fixados em áreas impróprias. As consequências são grandes para a orla costeira, como, por exemplo, supressão das dunas, destruição da vegetação e danos nas estruturas pelas marés de tempestade. Como vimos, há um consenso entre os pesquisadores que, em função das mudanças climáticas, estamos registrando um aumento na ocorrência e intensidade de eventos extremos, muito danosos, principalmente na zona costeira.

Foi feito um acompanhamento histórico dos trechos T6 e T7 e com isso podemos constatar nas Figuras 17, 18 e 19 que há uma sequência de processos erosivos. Os gestores reformam as edificações destruídas após os eventos de marés de tempestade que voltam a ser danificadas com a ocorrência de novos eventos, com isso, temos o prejuízo no ambiente, e também prejuízo financeiro com os investimentos e reformas em construções e calçadas continuamente danificados.

Para a recuperação desses ambientes afetados pelas intervenções antrópicas é inevitável a remoção das construções e calçadas que estão onde deveriam estar o cordão de dunas. Entretanto, somente com a remoção não atingiremos a configuração desejável que vêm sofrendo com a degradação durante anos, para isso se faz necessário o uso de técnicas de manejo e recuperação das dunas.

Temos nos trechos T3, T7, T9 e T11 alta incidência de blowouts nas dunas, são feições erosivas que provocam a fuga de areia do sistema para o continente. Uma forma de conter os corredores de deflação eólica são os captadores passivos de sedimentos, cercados “sand fences”, que consistem em cercados de madeiras vazadas, posicionados transversalmente à ação do vento dominante reduzindo a velocidade do mesmo, e assim, diminuindo a capacidade de transporte eólico das dunas fomentando o depósito dos sedimentos. Lembrando que as intervenções e manejo na orla costeira necessitam de aprovação prévia da Fundação Estadual de Preservação Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM).

A construção de canais de drenagem da água pluvial, é feita sem adequação ao dinamismo costeiro e é um dos responsáveis pela descontinuidade das dunas

frontais, como vimos na Figura 25. Portanto os trechos com maior ocorrência de sangradouros o T2, T4, T5, T6, T7, T8, T10 e T11, apresentam a segmentação do cordão de dunas em função da construção de sangradouros sem planejamento e adequação para preservar as dunas que compõem a praia.

A inserção de vegetação exótica é perceptível em basicamente todos os trechos, entretanto ela se torna emblemática no T0, T1, T5, T9, T10, T11 e T12, a maioria presentes no Balneário Mariápolis, também vistos nas Figuras 24 e 34. As espécies exóticas prejudicam a fauna local e as espécies nativas, impactando na biodiversidade. Na Figura 6 e em saídas a campo percebemos que alguns moradores estão plantando espécies exóticas de forma proposital, o que requer um trabalho de informação, conscientização e educação ambiental com a comunidade.

O acesso de veículos presente nos trechos T2, T4 e T9 são extremamente perigosos e danosos para a praia. Além da descontinuidade das dunas com o acesso e peso do automóvel, compactação do solo, retirada da vegetação, há uma série de riscos de contaminação com o combustível e óleo dos automóveis. Há uma proibição de veículos na praia, salvo veículos oficiais, para isso é imprescindível a sinalização, fiscalização e punição dos infratores.

Portanto, foi constatado a vulnerabilização das dunas em Atlântida Sul e em Mariápolis principalmente em decorrência da urbanização, uso e ocupação dos frequentadores aliada a processos erosivos, através da pesquisa obtivemos uma série de dados com detalhamento a cada trecho da praia. Com esse arcabouço é possível ter conhecimento e base para o planejamento. Por isso, fica a sugestão de futuros trabalhos que contemplem o manejo das dunas e feições erosivas na orla da praia desses balneários, para assegurar a proteção e preservação do ambiente costeiro.

7. REFERÊNCIAS

AMBOS, Stefania Hoff; MELLO, Ricardo S. P.; SILVA, Amanda N.; BINKOWSKI, Patrícia. **Mudanças Climáticas e seus efeitos no Litoral Médio do Rio Grande do Sul**. Rev. Elet. Cient. UERGS, v.3, n.4, p. 683- 693, 2017.

CALLIARI, L. J., TOZZI, H. A., & KLEIN, A. H. da F. **Beach morphology and Coastline Erosion Associated with Storm Surge in Southern Brazil- Rio Grande to Chuí, RS**. Anais Da Academia Brasileira de Ciências, 70(2), 231–247. 1998.

CARTER, R. W. G. WILSON, P. The Geomorphological, ecological and pedological development of coastal foredunes at Magilligan Point, Northern Ireland. In: Nordstrom, K. F.; Psuty, N. P.; Carter, R. W. G. (Eds.). **Coastal Dunes: Form and Process**. Chichester: J. Wiley, 1990. p. 129- 157.

CASTRO, D.; MELLO, R. S. P. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. Porto Alegre: Ed. Via Sapiens, 2013, 180p.

CRISTIANO, S. C.; BARBOZA, E. G.; MARTINS, E. M. & GRUBER, N. L. S. **Characterization of the Balneário Camacho Marine Coast (Santa Catarina, Brazil) as a Subsidy management**. Journal of Integrated Coastal Zone Management, 17 (1): 37-63. 2017.

DAVIES, John Lloyd. **Geographycal variation in coastal development**. 2nd ed. Published London. 1980.

DAVIES, P., WILLIAMS, A. T. & CURR, R. H. F. **Decision making in dune management: theory and practice**. Journal of Coastal Conservation. 1: 87- 96. 1995.

EPA. The formation and fuction of coastal dunes. In: **Coastal sand dunes- Their vegetation and management** (Beach Protection Authorit Queensland, Departament of Environment, ed.). 2007. Disponível em: http://www.epa.qld.gov.au/publications/p00295aa.pdf/Dune_use_for_coastal_protection.pdf Acesso em: 02/02/2021.

FRACASSO, P. **Sistemas de dunas do Parque das Dunas e Barreira do Inferno, Natal, RN: levantamento geológico/geofísico, elaboração do modelo determinístico e avaliação da vulnerabilidade/suscetibilidade frente às pressões antrópicas.** Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2005.

GAN, M. A.; RAO, B. V. **Surface cyclogenesis over South America.** Mon. Wea. Rev., 119, 293-302, 1991.

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G.; NICOLODI, J. L. **Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira.** Gravel, v. 1, p. 81-89, 2003.

HESP, P. A. **Coastal Sand Dunes: Form and Function.** Coastal dune vegetation network Technical Bulletin n° 4. New Zealand Forest Research Institute Limited, Rotorua. 28 p.

HESP, P. A. **Coastal Sand Dunes: Form and Function.** CDVN Technical Bulletin n° 4. Massey University, 2002.

IPCC (INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). 2021. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis.** Cambridge University Press.

LUZ, Fernanda. **FLORA NATIVA E EXÓTICA DAS DUNAS FRONTAIS DOS BALNEÁRIOS DO MUNICÍPIO DE OSÓRIO- RIO GRANDE DO SUL- BRASIL.** Monografia Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, 2019.

MACHADO, A. A.; CALLIARI, L. J.; MELO, E., & KLEIN, A. H. da F. **Historical assessment of extreme coastal sea state conditions in southern Brazil and their relation to erosion episodes.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 5(2), 277–286. 2010.

MACHADO, Arthur A. **Estudo dos padrões atmosféricos sinópticos geradores de eventos extremos de altura de onda, intensidade de vento, marés meteorológicas e erosão na costa do Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado). Instituto de Oceanografia. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2014.

MARENGO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações**

Climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XXI. Biodiversidade 26 Brasília- DF, 2006.

MMA/SQA. **Projeto Orla: Fundamentos para Gestão Integrada.** Brasília: MMA/SQA, 2002. 78 p.

MMA. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria do Patrimônio da União; Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Projeto Orla: fundamentos para gestão integrada. Brasília: MMA, 2007. 73p.

MMA. Gerenciamento Costeiro no Brasil. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro> Acesso em 12/03/2020.

MOTTA, V. F. **Estudo em modelo reduzido para a regularização da embocadura Lagunar de Tramandaí, RS.** Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1967.

MUEHE, Dieter. **Geomorfologia Costeira.** In GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S.B. Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. Ed. Bertrand Brasil, 1993.

OLIVEIRA, Marcia R.L. NICOLODI, João Luiz. **A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla. Uma análise sob a ótica do poder público.** RGCI vol.12 no.1 Lisboa mar. 2012.

PEREIRA, Nadiara. **Impactos dos ciclones extratropicais em eventos extremos de precipitação na Bacia do Rio da Prata.** Universidade de São Paulo, 2013.

PORTZ, Luana. **Contribuição para o estudo do manejo de dunas: caso das praias de Osório e Xangri-lá, Litoral Norte do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado em Geociências), Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

PORTZ, Luana. **GESTÃO DE PRAIAS E DUNAS.** Aplicações para a região costeira do Rio Grande do Sul. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 2012.

REIS, Karolainy O. **IMPACTOS EROSIVOS DEVIDO A OCUPAÇÃO IRREGULAR DE ÁREAS COSTEIRAS. ESTUDO DE CASO: BÁLNEÁRIO**

ATLÂNTIDA SUL- OSÓRIO/RS. Monografia Bacharelado em Geografia, PUCRS, 2016.

RIO GRANDE DO SUL, 2013. Portaria SEMA nº 79 de 31 de outubro de 2013. Reconhece a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. Diário Oficial do Rio Grande do Sul, ano LXXI, nº 212, 44-48.

SANTOS, Raquel T. F. **MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A ZONA COSTEIRA: UMA ANÁLISE DO IMPACTO DA SUBIDA DO NÍVEL DO MAR NOS RECURSOS HÍDRICOS- O CASO DO CANAL DE SÃO FRANCISCO- BAÍA DE SEPETIBA-RJ.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.

SEAGRASS GERENCIAMENTO COSTEIRO. **Projeto Orla Osório/ RS.** Produto 02- Diagnóstico. Documento técnico não publicado. 198 p. 2021.

SEAGRASS GERENCIAMENTO COSTEIRO. **DIAGNÓSTICO E PLANO DE MANEJO DE DUNAS.** Produto 01. Documento técnico não publicado. 234 p. 2021.

STROHAECKER, Tânia M. **A URBANIZAÇÃO NO LITORAL NORTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL: CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO URBANA AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE CAPÃO DA CANOA.** Tese (Doutorado). Instituto de Geociências. UFRGS. Porto Alegre, 2007.

SHORT, A. WOODROFFE, C. **THE COAST OF AUSTRALIA.** Melbourn, Australia. Cambridge University Press, 2009.

TABAJARA, L.L.; MARTINS, L.R.; ALMEIDA, L.E.S.B. **Resposta e Recomposição das Praias e Dunas após Sequência de Ciclones Extratropicais.** Gravel, Porto Alegre, n. 2, p. 104-121, 2004.

TABAJARA, L.L.; DILLENBURG, S.R.; BARBOSA, E. **Morphology, vegetation and sand fence influence on sand mobility of the foredune system of Atlântida Sul beach, Rio Grande do Sul, Brazil.** Special Issue, Journal of Coastal Research, 2004.

TABAJARA, L.L.; GRUBER, N.S.; PORTZ, L. **Dunas frontais de Xangri-lá, litoral norte do RS: inventário, classificação e escolha de áreas prioritárias ao manejo.** Pesquisa em Geociências, v.39, p. 35- 52, 2012.

TEXAS GENERAL LAND OFFICE. **Dune Protection and Improvement Manual for the Texas Gulf Coast**. Austin, Texas: Resource Management and Development. Broch., 25 p. 1991.

TOMAZELLI, Luiz J. VILLWOCK Jorge A. **Processos Erosivos na Costa do Rio Grande do Sul, Brasil: Evidências de uma Provável Tendência Contemporânea de Elevação do Nível Relativo do Mar**. Resumos, 2 Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Rio de Janeiro, ABEQUA, p.16, 1989.

TOMAZELLI, L. J. VILLWOCK, J.A. **Considerações Sobre o Ambiente Praial e a Deriva Litorânea de Sedimentos ao longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. CECO, Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre, 1992.

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

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G. & ROSA, M. L. C.C. **Geomorfologia e Potencial de Preservação dos Campos de Dunas Transgressivos de Cidreira e Itapeva, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. Revista Pesquisa em Geociências p. 47-55. 2008.

VILLWOCK, J. A. **Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul**. Pesquisas, v. 16, n. 5, p. 49, 1984.

VILLWOCK, Jorge A. **A Costa brasileira: Geologia e evolução**. CECO UFRGS, Porto Alegre, 1994.

WILLIAMS, A. T.; ALVEIRINHO-DIAS, J.; GARCIA, N. F.; GARCIA-MORA, M. R.; CURR, R & PEREIRA, A. **Integrated coastal dune management: checklists**. Continental Shelf Research. 21: 1937-1960. 2001.

ZALBA, S. M.; ZILLER, S. R. **Propostas de ação para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras**. Natureza & Conservação, p. 8-15, 2007.

ZASSO, Luciano A. **A ALTERAÇÃO NA DERIVA LITORÂNEA E NO BALANÇO DE SEDIMENTOS EM COSTAS ARENOSAS. ESTUDO DE CASO: MOLHES DO RIO MAMPITUBA E PRAIAS ADJACENTES**. Monografia PUCRS, 2007.