

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÊNFASE GESTÃO AMBIENTAL COSTEIRA E MARINHA**

LOUIZE PAZ

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NA EROSÃO PRAIAL
NO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

**IMBÉ
2015**

LOUIZE PAZ

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NA EROSÃO PRAIAL NO LITORAL
NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção de título de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Costeira e Marinha pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em convênio com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora Dra. Maria Luiza Correa da Camara Rosa

Coorientador Dr. Eduardo Guimarães Barboza

Coorientadora Ma. Samanta da Costa Cristiano

IMBÉ

2015

Aos examinadores,

Este trabalho está formatado segundo “SILVA, L. N. *et al.* **Manual de Trabalhos Acadêmicos e Científicos: Orientações Práticas à Comunidade Universitária da UERGS.** Porto Alegre: UERGS, 2013. 149 p.” que é baseado nas normas da ABNT.

CIP - Catalogação na Publicação

Paz, Louize
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NA EROÇÃO PRAIAL
NO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL. /
Louize Paz. -- 2015.
75 f.

Orientadora: Maria Luiza Correa da Camara Rosa.
Coorientador: Eduardo Barboza.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Gestão
Ambiental Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS,
2015.

1. Erosão. 2. Influência antrópica. 3.
Morfodinâmica praial. 4. Litoral Norte do Rio Grande
do Sul. I. Correa da Camara Rosa, Maria Luiza ,
orient. II. Barboza, Eduardo, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LOUIZE PAZ

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NA EROSÃO PRAIAL NO LITORAL
NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção de título de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental Costeira e Marinha pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em convênio com a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Aprovado em//

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Luana Carla Portz

Dr. Nelson Sambaqui Gruber

Prof. Dr. Ignácio Benites
Coordenador da atividade
Trabalho de Conclusão II – CBM

Imbé

2015

Dedico aos meus pais e aos meus avós que, além de incentivos, me deram seu amor incondicional, sua paciência e toda base para que eu conseguisse concluir este trabalho. Dedico especialmente a minha mãe, que é a minha bióloga preferida no qual tenho muito orgulho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente aos meus pais e aos meus avós, pois sem eles eu não teria suporte para concluir esta etapa. Eles são o meu exemplo e alicerce em todos os momentos da minha vida e sempre me fortalecem com sábias palavras para seguir em frente. Todo o tipo de ajuda eu tive de vocês, tanto de carinho, compreensão, quanto financeiro. Amo vocês incondicionalmente, pra sempre, e para todas as vidas.

Aos colegas de curso que estiveram comigo nesta trajetória e compartilharam comigo momentos maravilhosos, especialmente aos colegas Maurício Marmitt e Lisandro Becker Garcia, que me aturaram de todas as maneiras e com todos os humores durante estes quatro anos e meio com infinitas madrugadas de estudo, ou sem estudo algum, além de me entenderem e ajudarem a todo instante. Obrigada aos amigos da praia Gabriela Schalemberger, Bruna Vieira, Tomaz Horn, Rodrigo Rohd e Sue Nakashima, pelas conversas, pelo chimas e pelos tantos chás ao longo desta caminhada, sem se esquecer do upa mais aconchegante da japa Sue. Obrigada Alice, pelo conhecimento fornecido e por me ajudar muito durante toda a faculdade. Vocês são amigos que quero pra vida toda!

Aos meus companheiros ajudantes de campo, pois sem eles, os campos não seriam tão alegres, divertidos, emocionantes e com boas risadas e algumas catástrofes de percurso é claro. E são eles: Lisandro Becker, Maurício Marmitt, Ana Carolina, João Luiz Pereira, Laís Gliesh, Maíra dos Santos, Renata Pimentel, Kenya Lauschner, Caroline Culau, Júlia Martins, Bárbara Oraides, Cheiene Brum, Rodrigo Campani, e Maria Clara Maia e em especial a minha coorientadora e amiga Samanta da Costa Cristiano que além de me ajudar nos inúmeros campos, estava sempre presente quando eu precisava. Obrigada Simone Trindade por me ajudar na reta final do meu trabalho e pelo bom humor mesmo nos dias de chuva.

Agradeço com todo meu carinho ao casal Stella Maris e Ângelo Pivetta, pois além de ótimos profissionais, são pessoas especiais que sempre estão dispostos a nos ouvir e nos confortar com sua experiência, seu abraço apertado e seu amor fraterno. Em especial a Stellinha, que ajuda a todos nesse momento difícil que é a entrega do trabalho de conclusão do curso. Gostaria de agradecer também à família Delanhasi, em especial à Yentl Delanhasi por ter me presenteado uma máquina fotográfica na qual foi utilizada durante todo o período de estudo desta monografia.

Agradeço a toda equipe ReBio, no qual fiz meu estágio curricular, da Reserva Biológica do Lami José Lutzenberger, na qual convivi este último semestre, vocês foram essenciais para que eu pudesse concluir estas duas últimas etapas que foram o estágio e o

TCC. À Patrícia, gestora da unidade que me ajudou muito nesses últimos dias. Aos colegas Iraia Farias, Karen Rocha, Luiz Lopes e Martina Crippa, pelo aprendizado e pelas risadas do dia a dia, vocês não sabem o quanto sou grata. E quero levá-los pra sempre comigo, sem perder esta ótima parceria.

Às amigas Renata Mombach, Paula La Rocca, Brunna Moura e Bianca De Negri Souza que souberam me apoiar e entenderam que eu não estava muito disponível nesse último semestre mesmo voltando a morar em Porto Alegre com meus pais.

Aos meus orientadores, pelo incentivo e pelos campos geotecnológicos. Em especial a Maria Luiza, que não mede esforços para auxiliar, incentivar e ter sempre muita calma e paciência para orientar a todos que estão a sua volta, meu muito obrigado!

Ao meu querido ônix, pois sem ele, nada seria possível. E desde sua primeira semana, já enfrentou cúspides e aventuras na Praia das Cabras.

As instituições UFRGS e UERGS, que formaram este curso, me dando a oportunidade de valorizar e compreender mais o local no qual estamos inseridos, sabendo que somos apenas uma pequeníssima parte que se encontra apenas de passagem, e que essa seja para fazer alguma diferença, para contribuir de alguma forma, especialmente com mais amor e respeito ao próximo.

RESUMO

O litoral do Rio Grande do Sul possui aproximadamente 630km de costa aberta com a predominância da orientação nordeste-sudoeste. Em toda sua extensão ocorrem sistemas do tipo Laguna-Barreira formados durante o Holoceno e Pleistoceno, constituídos por depósitos Quaternários inconsolidados, com a predominância de processos transgressivos, fazendo com que a linha de costa migre no sentido do continente. A sua mobilidade é ocasionada através de condições dinâmicas, que fazem com que ela sofra, constantemente, processos de erosão e acreção, os quais podem ser observados em escalas de até poucas horas. O objetivo geral desse estudo é avaliar a influência antrópica com a comparação anual de dois setores praias: Nova Tramandaí (Tramandaí) e Praia das Cabras (Cidreira) situados no Litoral Norte do Rio Grande do Sul em razão do seu potencial erosivo costeiro através do auxílio de três metodologias distintas. Ainda, objetiva-se comparar a variação e o comportamento sazonal dos perfis praias nos dois setores através de levantamentos planialtimétricos com o nivelamento geométrico; calcular a área dos perfis ao longo do período de análise morfodinâmica, determinar padrões de curvatura de acordo com a variação de sedimento das zonas de backshore e foreshore e por fim utilizar um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) na obtenção de fotografias aéreas aplicadas ao mapeamento (levantamento geométrico) da área de estudo para comparação a outra geotecnologia de ponta: *Laser Scanning* (um sistema de varredura a *laser*). O estudo abrange uma extensão total de 2km, porém em cada setor a extensão é de 1km, onde foram colocados marcos a cada 100m, nomeados de T0 ao T10 e nesses marcos são realizados perfis geométricos, no qual são compilados os dados totalizando 22 perfis praias mensalmente. Através destes levantamentos foi possível caracterizar o comportamento e calcular a área total dos perfis, como também comparar as áreas através de cortes com a mínima extensão encontrada ao longo de 10 meses de amostragem. Como resultados, podemos verificar a existência da influência antrópica em locais pontuais ao longo da área de estudo, contudo no geral, com apenas um ano de análises não houve grandes alterações nas comparações dos dois setores de acordo com os padrões morfodinâmicos. Ao analisar cada perfil, foi criada uma metodologia alternativa para avaliação da morfodinâmica costeira, assim, evidenciaram-se similaridades entre a localidade dos perfis. Por exemplo, onde há sangradouro, o comportamento reflete-se de acordo com o ambiente predominante daquele local. Se existem estruturas fixas na faixa de praia, como quiosques ou outras delimitações, essas alteram a dinâmica propiciando um comportamento característico devido ao bloqueio eólico. As geotecnologias auxiliaram na análise dos dados, assim como foram importantes para a obtenção de um panorama geral da sua aplicabilidade no ambiente costeiro, proporcionando subsídios para equilibrá-lo em vista de um melhor planejamento nos balneários, permitindo uma interação eficaz entre a morfodinâmica das praias e a influência do homem neste ambiente.

Palavras-chave: Morfodinâmica, Geotecnologia, Perfis praias.

ABSTRACT

The coast of Rio Grande do Sul has approximately 630 km of open coast with the predominance of northeast-southwest orientation. Throughout its length, a barrier-lagoon system occurs, it was formed during the Holocene and Pleistocene, and consists of unconsolidated Quaternary deposits, formed mainly by transgressive processes, which causes the shoreline to migrate towards the continent. Its mobility is caused by dynamic conditions, leading it to suffer constant erosion and accretion, which can be seen in ranges of up to a few hours. The overall objective of this study is to assess anthropogenic influence through the annual comparison of two beach sections: Nova Tramandaí (Tramandaí) and Praia das Cabras (Cidreira), located on the north coast of Rio Grande do Sul. They were assessed because of their coastal erosion potential using three distinct methodologies. Beyond that, the objective is to compare the variation and the seasonal behavior of beach profiles in both sectors through planialtimetric surveys with geometric leveling; calculate the area of the profiles over a period of morphodynamic analysis, determining curvature patterns according to sediment variation of backshore and foreshore zone and finally using the UAV (Unmanned Aerial Vehicle) to obtain aerial photographs applied to mapping (geometric survey) of the study area compared to the other end of geotechnology: Laser Scanning (a laser scanning system). This study covers a total length of 2km, and each section has 1 km of extension, where landmarks were placed in every 100m, named from T0 to T10, and in which of those marks, geometric profiles were measured, compiling data of 22 beach profiles in a monthly basis. Via these surveys it has been possible to characterize the behavior of the profiles and calculate the total area of them, as well as compare the areas using cuts of a minimum extent found over the 10 months of sampling. As a result, we can verify the existence of anthropogenic influence in specific locations throughout the study area, but overall, with only one year of analysis there were no major re-arranging comparing the two sectors according to morphodynamic standards. To review each profile, an alternative methodology for assessment of coastal morphodynamics was created, so other similarities were also perceived between the locations of the profiles. For instance, where there is spillway, the behavior is reflected according to the prevailing environment in that specific location. If there are fixed structures on the beach strip, such as kiosks or other boundaries, these alter the dynamics providing a characteristic behavior due to wind blockage. Geotechnologies assisted in data analysis, and were important to obtain a general panorama of its applicability and coastal environment, providing subsidies to balance it in view of better planning in the balneary, enabling effective interaction between morphodynamics of beaches and the human influence in this environment.

Keywords: Morphodynamics, Geotechnology, beach profiles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática do perfil praia-duna, com destaque para os compartimentos ambientais que foram analisados neste estudo.....	28
Figura 2- Mapa de localização e mapa geológico simplificado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.....	29
Figura 3- Ciclo padrão do deslocamento do sedimento na praia.....	30
Figura 4 – Dinâmica costeira de interação praia-duna com a intervenção humana sobre a duna frontal.....	30
Figura 5- Mapa classificando a costa do Rio Grande do Sul em praias em erosão, estáveis ou em acreção.....	33
Figura 6 - Área de estudo com destaque para os dois setores escolhidos: Nova Tramandaí (Tramandaí, RS) e Praia das Cabras (Cidreira, RS).....	36
Figura 7 - Perfil esquemático transversal aos sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul na latitude de Porto Alegre.....	38
Figura 8 - Mapa de localização das duas áreas de estudo. A) Área urbanizada, Nova Tramandaí; B) Área não urbanizada, Praia das Cabras.....	40
Figura 9 - Marcos para a delimitação dos perfis; A) Marco colocado na Praia urbanizada em Nova Tramandaí. B) Marco situado na Praia das Cabras após 5 meses da colocação.....	41
Figura 10 - Mapas de localização somente dos 22 perfis praias. A) Área urbanizada, Nova Tramandaí; B) Área não urbanizada, Praia das Cabras.....	41
Figura 11 - Estação total utilizada para o alinhamento dos marcos na Praia das Cabras.....	42
Figura 12 - Métodos de campo: A) Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) na coleta de dados; e B) mourão como marco referencial da área de estudo.....	43
Figura 13 - Técnica do Levantamento Planialimétrico através do Nível Geométrico. Foto situada na Praia das Cabras, no perfil T2.....	44
Figura 14 - Equipamentos para a realização dos levantamentos geométricos. A – Nível WILD NA20-NA24. B – Régua graduada para efetuação dos cálculos do perfil praial.....	44
Figura 15 - Metodologia do <i>Laser Scanning</i>	46
Figura 16 - Nuvem de pontos do <i>Laser Scanning</i>	48
Figura 17 - Equipamento utilizado VANT DJI Phantom 2 Vision+.....	49
Figura 18 - Técnica utilizada para o VANT.....	50
Figura 19 - Exemplos de perfil sazonal. A) Perfil urbanizado; B) perfil não urbanizado.....	51
Figura 20 - Perfil praial (T1) localizado em Nova Tramandaí.....	52
Figura 21 - Fotografia do setor praial (T1) localizado em Nova Tramandaí.....	53
Figura 22 - Gráfico de todas as médias da área da praia não urbanizada sendo delimitada com a variância (média das médias das áreas totais e cortadas).....	54
Figura 23 Gráfico de todas as médias da área da praia não urbanizada sendo delimitada com a variância (média das médias das áreas totais e cortadas).....	54
Figura 24 - Gráfico que mostra a passagem de março para abril, após a retirada do marco de madeira devido ao sangradouro.....	55
Figura 25 Variação dos meses de dezembro a setembro do perfil T9 na praia urbanizada.....	56

Figura 26 - Áreas com corte e sem corte representada pelo T9 no setor não urbanizado.....	56
Figura 27 - Setor não urbanizado no local avaliado com o padrão de vegetação praial.....	58
Figura 28 - Setor urbanizado no local avaliado com o padrão de vegetação praial.....	58
Figura 29 - : Padrão identificado devido à presença de sangradouros.....	59
Figura 30 - Mosaico de figuras ilustrando o padrão identificado pela presença de quiosques: A) T4; B) T7; C) T10.....	59
Figura 31 - Imagem obtida por Sistema de Varredura a <i>Laser</i> com medidas no setor urbanizado diretamente sobre a nuvem de pontos.....	60
Figura 32 - Imagem obtida por Sistema de Varredura a <i>Laser</i> com medidas no setor não urbanizado diretamente sobre a nuvem de pontos processada.....	60
Figura 33 - Imagem obtida por Sistema de Varredura a <i>Laser</i> com geração do modelo 3D, a partir do processamento da nuvem de pontos coletada no setor não urbanizado.....	61
Figura 34 - Imagem obtida por Sistema de Varredura a <i>Laser</i> com vista planar dos 360° (posição indicada da estação nas varreduras adjacentes), a partir do processamento da nuvem de pontos coletada no setor urbanizado.....	61
Figura 35 - Imagem obtida por Sistema de Varredura a <i>Laser</i> com sobreposição de fotografia no resultado do processamento da nuvem de pontos coletada no setor não urbanizado.....	62
Figura 36 - Imagem obtida após processamento, com problemas de identificação devido à refletância na água, mostrando “buracos” apontados com a seta vermelha.....	63
Figura 37 - - Imagem obtida <i>Laser</i> após processamento, com identificação de problemas devido ao trânsito de veículos, gerando “Fantasma na imagem”	63
Figura 38 - Modelos gerados através do processamento de dados de aerofotogrametria obtidos por Veículo Aéreo Não Tripulado na praia não urbanizada.....	64
Figura 39 - Gráfico do nº de sangradouros de dezembro de 2014 a setembro de 2015 nos setores urbanizado (NT) e não urbanizado (PC).....	67
Figura 40 - Sangradouro em Nova Tramandaí com acúmulo de água entre os marcos T1/T2.....	68
Figura 41 - Retificação de sangradouros para acelerar o escoamento pluvial no setor urbanizado estudado na região do T9.....	68
Figura 42 - Sangradouro ao norte do marco T9 no setor urbanizado.....	68
Figura 43 - Espécies exóticas encontradas nos dois setores praias analisados no LNRS: A) <i>Casuarina equisetifolia</i> L.; B) <i>Pinnus elliottii</i> Engelm e; C) <i>Carpobrotus chilensis</i> (Molina) N.E. Br.....	69
Figura 44 - Ajardinemnto das dunas no setor urbanizado, ideia de uma moradora, que instala placas, equipamentos, além de executar o plantio inadequado de espécies exótica.....	70
Figura 45 - Espécie <i>Blutaparon portilacoides</i> (A. St.-Hil.) Mears na Praia das Cabras e a metodologia do nivelamento ocorrendo no T1.....	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivo geral	13
1.1.2	Objetivos específicos	13
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	ZONA COSTEIRA.....	18
2.2	MORFODINÂMICA PRAIAL.....	18
2.3	EROSÃO COSTEIRA.....	19
2.4	EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS.....	21
2.5	A IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA.....	22
3	ÁREA DE ESTUDO	23
3.1	LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL.....	24
3.2	CONTEXTO GEOLÓGICO/GEOMORFOLÓGICO.....	24
3.3	CLIMA DA REGIÃO.....	25
3.4	ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS E COSTEIROS.....	26
3.5	USO E OCUPAÇÃO.....	26
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	NIVELAMENTO GEOMÉTRICO.....	29
4.2	GEOTECNOLOGIAS.....	32
4.2.1	Sistema de Varredura a <i>Laser</i> (<i>Laser Scanning</i>)	33
4.2.2	Aerofotogrametria com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado)	35
5	RESULTADOS	38
5.1	NIVELAMENTO GEOMÉTRICO PRAIAL.....	38
5.1.1	Área obtida através do levantamento geométrico	40
5.1.2	Metodologia alternativa de avaliação	43
5.2	GEOTECNOLOGIAS.....	46
6	DISCUSSÃO	52
6.1	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	52
6.2	SUBSÍDIOS PARA O GERENCIAMENTO COSTEIRO.....	53
6.2.1	Sangradouros	54
6.2.2	Ambiente de dunas adjacentes	56
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
	REFERÊNCIAS	61

APÊNDICE A.....	67
APÊNDICE B.....	68
APÊNDICE C.....	69
APÊNDICE D.....	70
APÊNDICE E.....	71
APÊNDICE F.....	72
APÊNDICE G.....	73
APÊNDICE H.....	74
ANEXO A.....	75

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como objetivo fazer uma avaliação da influência antrópica na erosão praial no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Para concretizar esta análise foram escolhidos dois setores praiais, um urbanizado, localizado em Nova Tramandaí, pertencente ao Município de Tramandaí e o outro não urbanizado, a Praia das Cabras, situada no Município de Cidreira. O período de aquisição de dados iniciou-se em setembro de 2014 e estendeu-se até setembro de 2015, completando um ano de coleta de dados. Contudo, as comparações ocorreram a partir de dezembro devido a mudanças de marcos, para que os trechos escolhidos estejam no mesmo ponto demarcado pela autora.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos desta monografia dividem-se em objetivo geral e objetivos específicos, os quais estão listados abaixo.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho objetiva avaliar a influência antrópica com a comparação de dois setores praiais através do auxílio de três metodologias distintas: Nova Tramandaí (Tramandaí) e Praia das Cabras (Cidreira), situados no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, em razão do seu potencial erosivo.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) comparar a variação e o comportamento dos perfis praiais nos dois setores através de levantamentos planialtimétricos mensais por nivelamento geométrico;
- b) calcular a variação da área dos perfis ao longo do período de análise;
- c) determinar padrões de mobilidade dos sedimentos nas zonas de *backshore* e *foreshore*;
- d) comparar os resultados do nivelamento geométrico com métodos topográficos modernos (aerofotogrametria com VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado, e sistema de varredura a *laser*) para avaliar a sua aplicabilidade nos objetivos anteriormente descritos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Esse estudo tem por finalidade avaliar a influência antrópica de acordo com os processos de erosão e acresção no ambiente costeiro relacionado aos fatores ambientais e ao uso e ocupação nas duas áreas propostas. Alguns estudos já foram elaborados a respeito da susceptibilidade à erosão nas praias do litoral norte, contudo existe a necessidade de detalhar os processos e comparar zonas com e sem ocupação humana.

Além disso, o presente estudo se justifica pela proposta de aplicar duas geotecnologias de forma inédita, avaliando suas vantagens e dificuldades.

Os resultados poderão servir como auxílio e ferramenta em planos de conservação e preservação dos ecossistemas inseridos na região costeira, podendo ajudar na prevenção de riscos proporcionando subsídios para equilibrá-los em vista de um melhor planejamento nos balneários, permitindo uma interação eficaz entre a morfodinâmica das praias e a influência do homem neste ambiente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A ocupação da Zona Costeira (ZC) no Brasil intensificou-se em três aspectos do desenvolvimento: a urbanização, a industrialização e a exploração turística (MORAES, 2007). Segundo Gruber, Barboza e Nicolodi (2003), por ser a ZC um setor prioritário para diversas atividades humanas e principalmente um dos habitats mais valiosos e produtivos da terra, ela vem suportando modificações e danos através de diversas ações antrópicas como, poluições, aterros, dragagens, ocupações indevidas, entre outras formas.

Ao longo da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) percebe-se a ocupação antrópica do tipo balneária relacionada ao caráter turístico, onde os loteamentos são paralelos e concentrados próximos à linha de costa, ou mesmo sobre as praias (PIERRI *et al.*, 2006) com consequentes inundações, devido à pavimentação de ruas e construção civil, que diminuem a área de infiltração. (FIGUEIREDO; CALLIARI, 2005). Esta urbanização induz à impermeabilização do solo, exigindo um maior poder de escoamento dos canais de drenagem. Com isso, há um aumento do número de sangradouros que desembocam nas praias. Segundo Serpa (2008), em eventos de tempestade, esses corpos d'água podem transbordar alagando as áreas urbanas, além de gerar problemas erosivos em áreas adjacentes, devido à migração de suas desembocaduras. Calliari e Pereira da Silva (1998) definem os sangradouros como cursos d'água que fluem a partir da costa, no sentido ao mar, passando pelo *backshore* (pós-praia) e *foreshore* (estirâncio) (Figura 1).

Figura 1 - Representação esquemática do perfil praia-duna, com destaque para os compartimentos ambientais que foram analisados neste estudo.

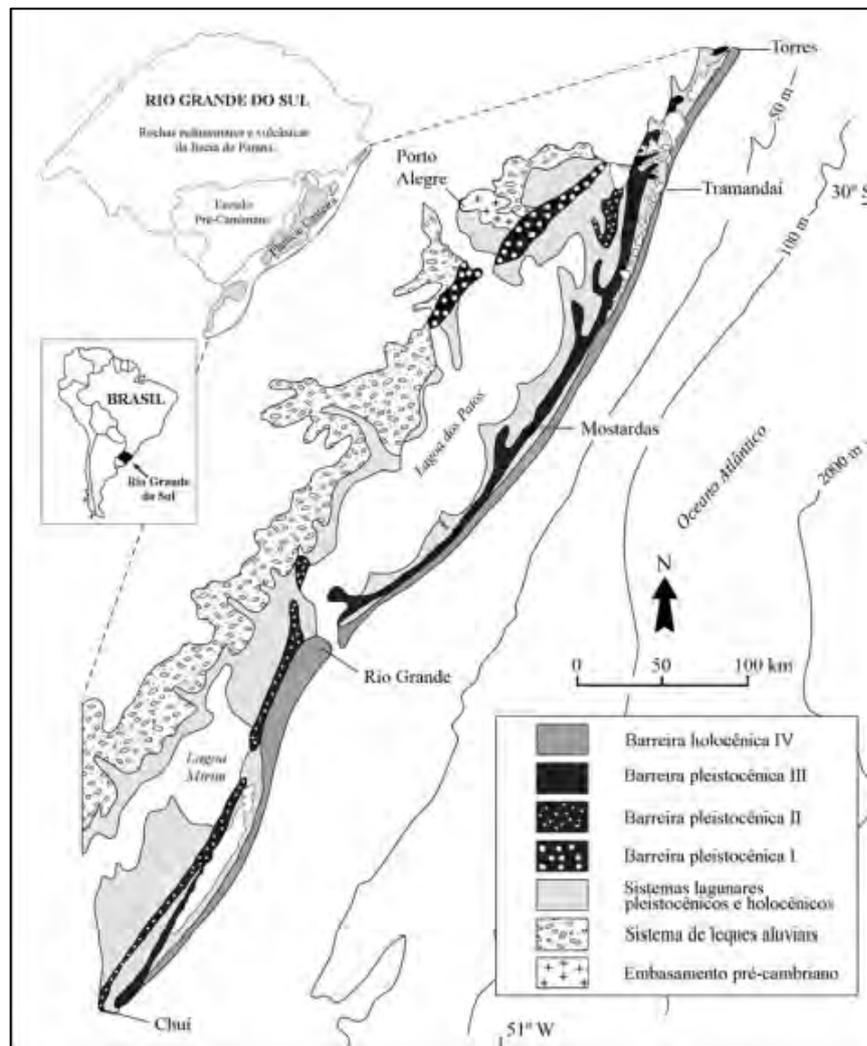


Fonte: adaptado de TABAJARA *et al.*, (2007).

O litoral do Rio Grande do Sul, com extensão aproximada de 630km de costa aberta pode ser considerado como uma das mais extensas e contínuas praias arenosas do mundo

(VILWOCK; TOMAZELLI, 1992), cuja continuidade é interrompida somente pelos canais de conexão das lagoas dos Patos e Tramandaí com o oceano Atlântico (DILLENBURG *et al.*, 2005). Segundo este autor, em toda sua extensão ocorrem sistemas do tipo Laguna-Barreira formados durante o Holoceno e Pleistoceno, constituídos por depósitos inconsolidados, com a predominância de processos transgressivos, que fazem com que a linha de costa atual migre no sentido do continente (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de localização e mapa geológico simplificado da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.



Fonte (Tomazelli, Dillenburg e Villwock, 2006 - CECO/IG).

A praia apresenta uma sucessão natural, no qual os eventos de remoção ou danificação das dunas embrionárias são cíclicos (Figura 3) e promovem, além de processos de perda de sedimento, danos à vegetação das dunas embrionárias, onde durante os meses de verão verifica-se um aporte maior de sedimento, logo as dunas aumentam de volume.

Figura 3 - Ciclo padrão do deslocamento do sedimento na praia.



Fonte: Borges, Muller e Porfiro (2015, p. 15).

Durante os meses de inverno, com o aumento das tempestades e ressacas, as ondas e a ação eólica retiram parte desta areia levando de volta para o mar. Portanto quando é construída uma casa ou calçadão sobre as dunas (Figura 4), este equilíbrio acaba sendo rompido e resulta na erosão (PORTZ, 2008). De modo geral, a caracterização das praias e do seu comportamento fornece uma ferramenta essencial para o planejamento de uma ocupação ordenada da ZC. Ao longo dos últimos anos a morfodinâmica praial tem recebido uma atenção cada vez maior na área de gerenciamento ambiental e costeiro, mesmo que ainda sejam necessários estudos e planejamento.

Figura 4 - Dinâmica costeira de interação praia-duna com a intervenção humana sobre a duna frontal.



Fonte: PORTZ (2008, p. 116).

2.1 A ZONA COSTEIRA

A ZC está entre as áreas que vem recebendo uma atenção especial em nível mundial por apresentar uma diversidade fisiográfica e sócio-econômica significativa constituindo-se num campo privilegiado de ações políticas e pesquisa (STROHAECKER, 2007). Existem várias definições para a ZC, algumas fundamentadas nas características físicas, enquanto outras compreendem aspectos demográficos, de funcionalidade ecológica e considerações geográficas Gruber, Barboza e Nicolodi (2003).

No Brasil, a Zona Costeira (ZC) é definida pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC (Lei n.º 7.661/88, Decreto n.º 5.300/04) que se refere ao espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, é responsável por abranger uma faixa terrestre e outra marítima com as seguintes delimitações: I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas que são medidos a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial; II - faixa terrestre: espaço entendido pelos limites dos municípios que suportam influência direta dos fenômenos que ocorrem na ZC.

Através do alerta da academia científica mundial, devido à perspectiva do cessamento de recursos não-renováveis da ZC em um futuro próximo, órgãos governamentais ou não, como países desenvolvidos e agências do fomento internacional vêm estimulando uma mudança cultural na forma de ocupação da ZC, exigindo ações de prevenção de acordo com as estratégias da dinâmica econômica emergente e também do reflexo deste processo na utilização do espaço e do aproveitamento dos recursos Gruber, Barboza e Nicolodi (2003).

De acordo com os inúmeros conceitos existentes sobre a ZC, há uma evidente dificuldade em se estabelecer critérios para a sua definição, além da grande extensão da faixa litorânea brasileira (praticamente todo o limite territorial leste do país encontra-se em fronteira com o mar), este ambiente encontra-se em constante evolução e alteração.

2.2 MORFODINÂMICA PRAIAL

Morfologicamente, a praia constitui um dos ambientes mais mutáveis em curtas escalas de tempo, sem nunca atingir um aspecto definitivo. A sua mobilidade ocorre em função das condições dinâmicas, que fazem com que ela suporte, constantemente, processos de acreção e erosão, os quais podem ser observados em escalas mínimas de tempo. As

condições dinâmicas resultam da ação conjunta de processos hidráulicos (correntes, ondas, e marés) e eólicos, sendo os primeiros os de maior importância. Como o próprio nome indica, a morfodinâmica procura integrar os aspectos dinâmicos aos aspectos morfológicos, de maneira a explicar as respostas da praia frente às diversas condições do meio bem como a influência da morfologia praial. Os diferentes agentes dinâmicos podem agir, ora favorecendo processos de acreção, ora promovendo a erosão. Enfim, a construção ou destruição de uma praia arenosa depende da manutenção do estoque de areia na área considerada (VILLWOCK, 1987), ou seja, do balanço entre os ganhos e as perdas de sedimento. Os fatores envolvidos neste balanço são os que determinam a evolução praial ao longo do tempo.

2.3 EROSÃO COSTEIRA

Os processos de erosão nas zonas costeiras resultam da combinação de diversos fatores, como: suprimento de sedimentos, energia física induzida por ondas e variações relativas do nível do mar. As implicações da erosão variam de acordo com o nível de desenvolvimento econômico da região. Em costas remotas e naturais, a erosão pode não ter muita importância e a perda de sedimentos em uma área pode significar a acreção em outra. Contudo, em áreas mais desenvolvidas, com um grau de urbanização maior, o início ou a aceleração do processo erosivo tende a se tornar um problema maior (BIRD, 1996). A erosão é um processo natural no desenvolvimento da paisagem e, por muitos autores, pode ser considerada como um dos maiores problemas ambientais (COGO *et al.*, 2003). Um dos fatores que influem nos processos erosivos está relacionado à presença de sangradouros junto à linha de costa, transportando volumes de areia do cordão de dunas frontais, bem como de toda a praia, influenciando no balanço sedimentar (FIGUEIREDO; CALLIARI, 2005). Este aspecto pode se tornar mais importante em função do número e frequência destes cursos hídricos ao longo da costa. Estudos anteriores (PEREIRA da SILVA, 1995, 1998; FIGUEIREDO, 2002; FIGUEIREDO; CALLIARI, 2005, 2006; FIGUEIREDO *et al.*, 2007) indicam que nos meses de inverno o número total de sangradouros na costa do RS pode chegar a 1.400 (aproximadamente 3 por km) (SERPA, 2013).

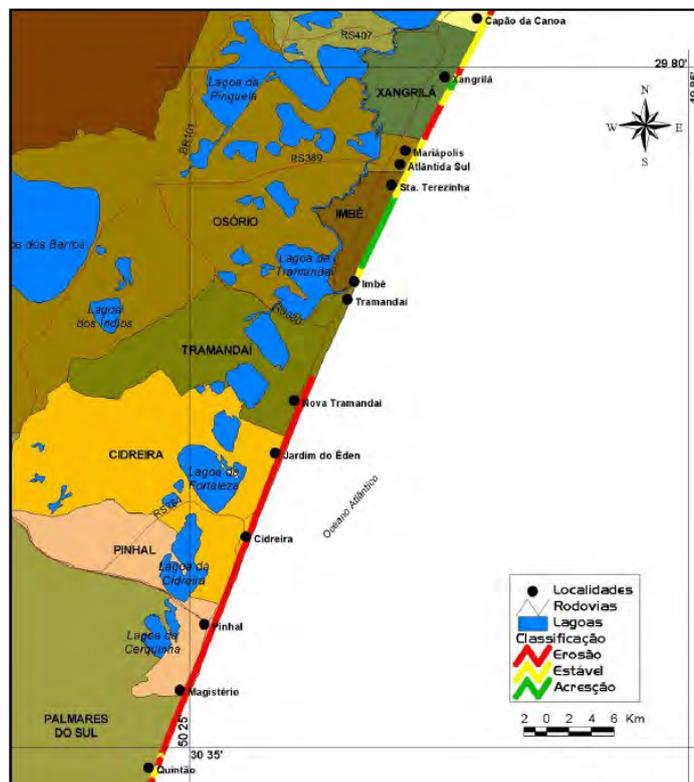
No Litoral Norte do Rio Grande do Sul o aumento de sangradouros nos locais antropizados é perceptível, podendo assim ocasionar um déficit sedimentar praial e uma possível elevação na taxa de erosão da costa em casos extremos (FIGUEIREDO; CALLIARI, 2005). A taxa de erosão através dos sangradouros afeta o balanço sedimentar e aumenta a variabilidade das dunas adjacentes, exigindo recursos de manejo e gerenciamento de dunas

eficientes (TABAJARA *et al.*, 2005). Nota-se que a morfologia do pós-praia, através de análises qualitativas, quando comparadas, têm características claramente distintas em áreas com e sem ocupação humana na forma de balneários.

De modo genérico, entre suas consequências indesejadas constam: perdas de terrenos com valor econômico, social ou ecológico; desaparecimento de praias estreitas; perda e desequilíbrio de habitats naturais; aumento da frequência de inundações decorrentes de ressacas; aumento da intrusão salina no aquífero costeiro; perda do valor paisagístico e do potencial turístico da região e exposição das zonas costeiras à energia dos oceanos e riscos aos moradores. Evidências de erosão costeira no Rio Grande do Sul foram compiladas em 2004 por Dillenburg, Esteves e Tomazelli (2004), sendo apontados três métodos de avaliação:

Em 1999, foram publicados mapas classificando a costa do Rio Grande do Sul em praias em acreção, estáveis ou em erosão (Figura 5). Considerou-se estável o trecho da costa que apresentou uma retração ou acreção de até 25m no período entre 1975 e 2000; por outro lado, foram considerados em acreção os que apresentaram uma progradação acima de 25 m e em erosão os trechos que apresentaram retração acima de 25m (TOLDO JR. *et al.*, 1999).

Figura 5 – Mapa classificando parte da costa do Rio Grande do Sul em praias em erosão, estáveis ou em acreção.



2.4 EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS

Na primeira metade do século XX, a pesquisa sobre a zona costeira consistia em simples observações e descrições das feições. Ao longo do tempo, os estudos passaram a incluir a origem e o desenvolvimento destas feições através dos processos que controlam a costa: a sua morfodinâmica (DAVIS, 1994). Os primeiros estudos sistemáticos a respeito de variações tridimensionais do relevo praias tinham sérias limitações por apenas descrever mudanças ou sequências observadas em praias, que impediam extrapolações de resultados e aplicabilidade mais ampla. No final dos anos 70 e início dos anos 80, os estudos ficaram mais complexos, não se limitando às descrições de sequências morfológicas, mas na procura de explicação dos processos responsáveis pela sua formação. Dentre os primeiros trabalhos a descrever uma sequência inteira de estágios praias e sua morfodinâmica associada estão os de Sonu (1973) e Short (1979). Então, em 1970, Short elaborou um modelo tridimensional concentrando-se, principalmente, nas variações de energia de ondas e nos seus efeitos numa praia arenosa sujeita a um regime de micromarés. A partir deste modelo distinguiram-se dez estágios praias. Wright e Short (1984) propuseram a classificação morfodinâmica de praias utilizando o conceito previamente introduzido por eles de "estágio morfodinâmico". Este conceito refere-se às assembleias deposicionais completas, associadas a determinadas condições hidrodinâmicas. O modelo propôs três tipos de praia contendo seis estágios diferentes, desde um extremo refletivo até um extremo dissipativo, passando por quatro estágios intermediários. O parâmetro adimensional ômega (Ω), proposto por Dean (1973) e adaptado por Wright e Short (1984), foi aplicado na identificação dos diferentes estágios praias. Este parâmetro permite relacionar o estado da praia com as características das ondas e dos sedimentos.

Previamente, Wright (1980) tinha estudado a mobilidade dos três tipos básicos de praia frente à morfodinâmica da zona de surfe. Ele observou que as praias que exibem topografia do tipo intermediário na maior parte do tempo são as menos estáveis e, conseqüentemente possuem uma maior mobilidade. Segundo o mesmo autor, as praias refletivas tendem a ser erodidas sob condições de *swell* moderado, basicamente por *run-up*. Já as praias dissipativas requerem uma energia muito maior para sofrer erosão. Esta ocorre devido a um alto *set-up*. A maior suscetibilidade à erosão das praias intermediárias deve-se à possibilidade destas sofrerem erosão tanto por *run-up* como por *set-up* (WRIGHT, 1980). Além do ômega, outro parâmetro utilizado para enquadrar as diferentes praias é o chamado "Parâmetro Dimensionador do Surfe" (ϵ) (GUZA; INMAN, 1975). Porém, este só permite a

distinção entre os três tipos de praia (refletivo, intermediário e dissipativo), sem chegar a identificar estágios específicos. Este parâmetro relaciona dados de ondas (amplitude e frequência angular) e declividade da praia.

No âmbito nacional, estudos de morfodinâmica praial podem ser considerados ainda incipientes, sendo mais desenvolvidos atualmente no Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Paraná e Santa Catarina, sempre ligados às universidades (HOEFEL, 1998). No Rio Grande do Sul, existem trabalhos como os de Calliari e Klein (1993), Toldo Jr. *et al.* (1993b) Alvarez Grê e Toldo Jr. (1981), Tozzi (1995) e Weschenfelder (1996). Os trabalhos abrangem o litoral Sul (entre Rio Grande e Chuí) e o litoral Norte (das praias de Tramandaí e Imbé até Arroio do Sal).

Em vista dos levantamentos planialtimétricos de perfis praias terem sido executados em poucos locais e bem distantes uns dos outros, desde o início dos anos de 1990, seus resultados refletem um comportamento local e de curto período da linha de costa. Como exemplo, as análises de perfis de praia de 1996 a 1999 na praia de Lagamarzinho (Litoral Médio do RG) mostram uma média de 1m/ano de retração (DILLENBURG *et al.*, 2004).

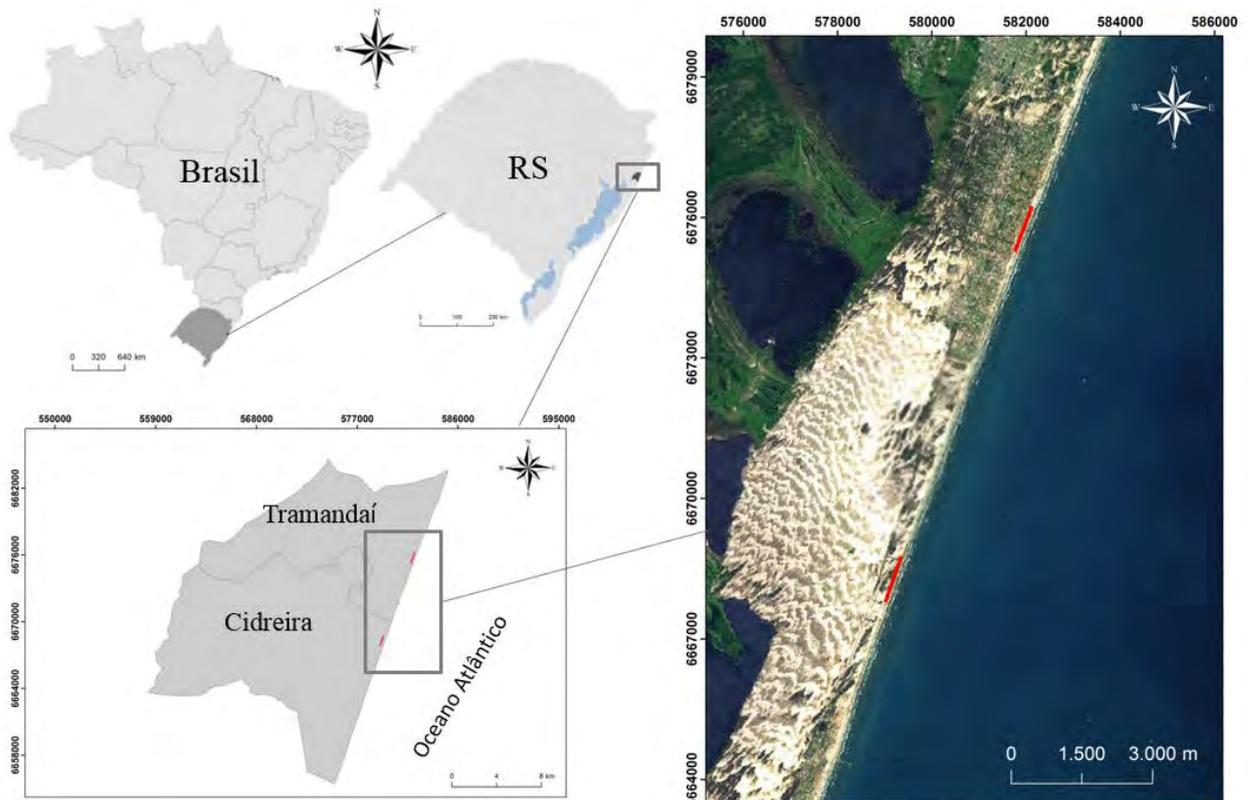
2.5 A IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA

A ZC pode ser considerada como um espaço transicional ecológico, no qual exerce importante papel de ligação e de trocas entre os ecossistemas marinhos e terrestres. São responsáveis pelo acondicionamento de diversos ambientes, servindo de habitats para diversas espécies, além de gerar suporte natural contra erosões, tempestades e inundações (PORTZ *et al.*, 2008). As regiões litorâneas e costeiras do Brasil apresentam uma multiplicidade de ecossistemas extremamente produtivos do ponto de vista dos recursos naturais (DIEGUES, 2001). A ZC também apresenta importantíssima particularidade devido a sua localização diferenciada, o que lhe confere características naturais e de ocupação que lhes são próprias, corroborando em uma exploração espacial de atividades peculiares (MORAES, 2007). Assim como a ZC, os sangradouros desempenham um papel fundamental no ambiente costeiro, uma vez que realizam a drenagem do sistema costeiro adjacente à praia, e fornecem nutrientes e sedimento para o sistema praial (FIGUEIREDO; CALLIARI, 2006).

3 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 6) foi selecionada através da observação do adensamento urbano com o uso de imagens de satélite, no ArcGIS™¹ com a base *online – Base Map ESRI (Imagery)*, no qual se fez a escolha de dois setores praias. A Figura 6 apresenta o mapa da área de estudo demarcando, ao norte, a área antropizada, em Nova Tramandaí (Tramandaí, RS) e ao sul, o setor não antropizado, na Praia das Cabras (Cidreira, RS).

Figura 6 - Área de estudo com destaque para os dois setores escolhidos: Nova Tramandaí (Tramandaí, RS) e Praia das Cabras (Cidreira, RS).



Fonte: criado pela autora (2014) a partir de imagens Mapa base: ArcGIS™ (2010).

¹ ArcGIS™ [software GIS]. Versión 10.0. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute/ESRI, Inc., 2010.

3.1 LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL

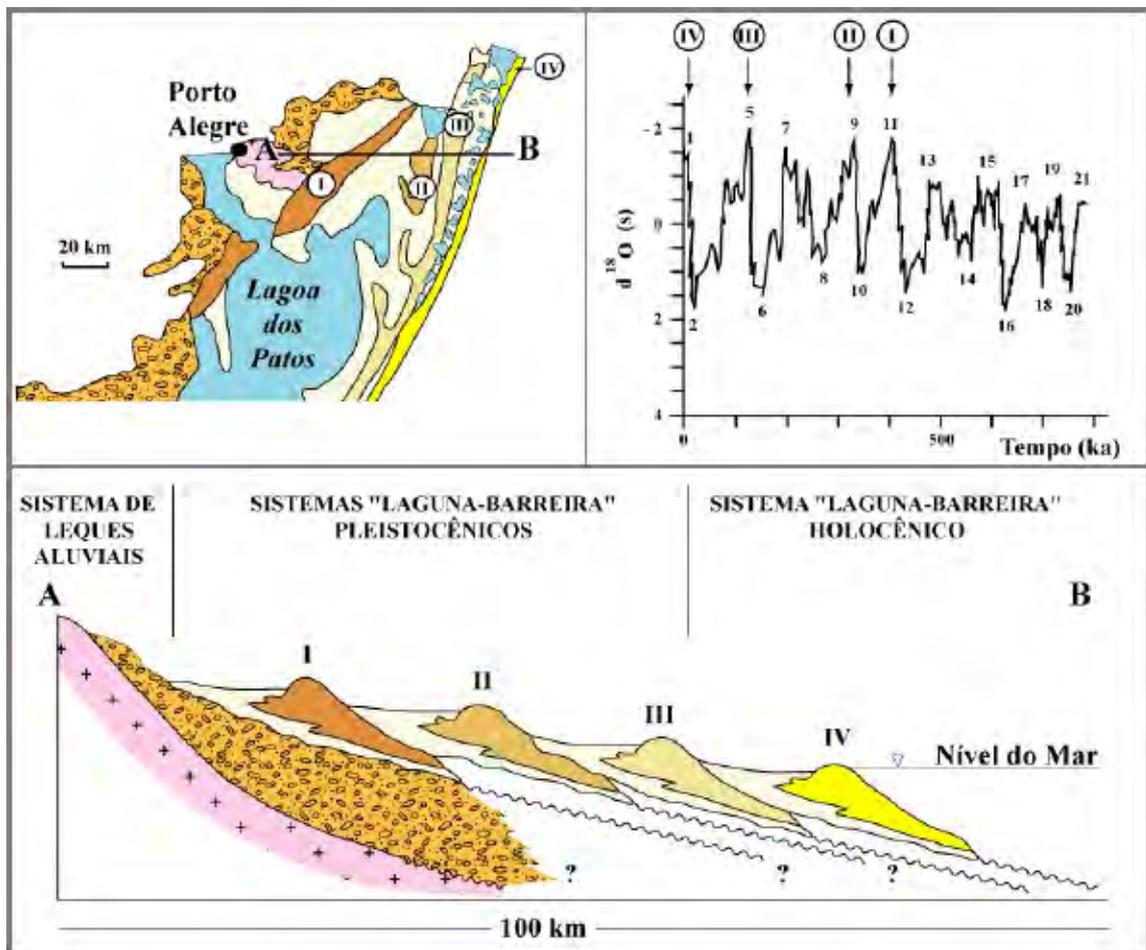
O litoral norte do Rio Grande do Sul concentra, ao longo de 123km, quase toda a população costeira do estado. A região do Litoral Norte, um dos segmentos da ZC do Estado do RS, caracteriza-se pela sequência de ambientes longitudinais à costa, chegando até as escarpas do Planalto Meridional. Após a área de interface com o mar, identifica-se uma planície sedimentar costeira composta por campos de dunas, banhados, lagoas, campos, áreas úmidas antigas até a interface com os contrafortes do planalto, entalhados pelos vales dos rios Três Forquilhas e Maquiné. Esses ecossistemas são vulneráveis ambientalmente por causa da sua formação geológica recente. Por outro lado, essas características singulares não foram valorizadas e tampouco consideradas durante o processo de ocupação. A urbanização recente, dos últimos cinquenta anos, ampliou consideravelmente a utilização dos recursos naturais de forma desordenada, o que tende a comprometer a qualidade estética e ambiental, levando-se em conta o caráter naturalmente instável da ZC (STROHAECKER *et al.*, 2006).

3.2 CONTEXTO GEOLÓGICO/GEOMORFOLÓGICO

O sistema deposicional Laguna/Barreira IV é o mais recente (Figura 7), e desenvolveu-se durante o Holoceno como consequência da última grande transgressão pós-glacial (TOMAZELLI; VILLWOCK, 2005). Esse sistema, holocênico, é caracterizado por segmentos costeiros com padrões progradacionais e retrogradacionais. Conforme Dillenburg *et al.* (2000) em escalas de séculos e de milênios essa característica estaria associada ao balanço sedimentar. Os segmentos retrogradacionais correspondem diretamente aos trechos em erosão, os quais representam um grande problema ao uso e ocupação dos recursos costeiros. Os setores em progradação foram denominados por Hesp *et al.* (2005) como uma barreira progradante coberta por fases de campos de dunas transgressivos na forma de cordões paralelos à linha de costa. Essas fases, geneticamente, correspondem a lençóis de areias formados a partir da erosão parcial ou total de cordões de dunas frontais (BARBOZA *et al.* 2009, 2013).

Atualmente, na região costeira aportam poucos sedimentos das áreas fontes, representadas pelo Escudo Uruguaio-Sul-Riograndense e pela Bacia do Paraná. De acordo com Tomazelli *et al.* (1998) a quase totalidade da carga sedimentar transportada pela drenagem e pelos principais rios (Jacuí e Camaquã) fica retida nos corpos lagunares interiores localizados na retaguarda dos sistemas Laguna/Barreira na forma de deltas.

Figura 7: Perfil esquemático transversal aos sistemas deposicionais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul na latitude de Porto Alegre.



Fonte: Willvock; Tomazelli (2000, p.387).

3.3 CLIMA DA REGIÃO

A região estudada está localizada na Zona Subtropical Sul e sofre a influência de fatores dinâmicos como as massas marítimas e fatores estáticos como o relevo, esses e outros fatores associados controlam o clima da região. Como fatores dinâmicos que condicionam o clima da região se destacam dois centros de alta pressão: o Anticiclone Semipermanente do Atlântico Sul ou Anticiclone de Santa Helena e Anticiclone Migratório Polar (HASENACK; FERRARO, 1989), ou seja, as massas marítimas, de origem tropical e polar com a influência do relevo, devido à presença do Planalto da Serra Geral atuam no controle de alguns parâmetros climáticos como, por exemplo, na condensação das massas úmidas provenientes do oceano e sua consequente precipitação (NIMER, 1989). Dentre os principais fatores estáticos que condicionam o clima estão: a latitude, a geomorfologia e a maritimidade (que

age como regulador da temperatura). Segundo a classificação de Köppen (1918), o clima da região é do tipo C_{fa} ou Subtropical úmido, ou seja, clima temperado úmido com chuvas bem distribuídas ao longo do ano nos seus valores médios, não caracterizando uma estação seca definida.

3.4 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS E COSTEIROS

A área é constituída por uma faixa do cordão de dunas frontais não urbanizada, onde essa faixa arenosa, alongada segundo o vento NE, possui uma vegetação muito esparsa, permitindo ao vento transportar a areia e assegurar o suprimento para o campo de dunas (TOMAZELLI *et al.*, 2008) presente em Cidreira.

3.5 USO E OCUPAÇÃO

O processo de ocupação da Planície Costeira do Rio Grande do Sul é recente, porém acelerado e basicamente concentrado na região definida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM como Litoral Norte. Em vista disso, a urbanização do Litoral Norte do Rio Grande do Sul (LNRS) foi caracterizada pela falta de planejamento, uso e ocupação de áreas de risco e destruição ou alteração de áreas protegidas por lei (ESTEVEZ *et al.*, 2003). Os municípios de Cidreira e Tramandaí são exemplos dessa ocupação desenfreada da orla marítima, pois a ocupação do espaço se processou por meio de loteamentos imobiliários que muitas vezes avançaram sobre o sistema de dunas frontais, acarretando atualmente problemas cíclicos de manutenção das vias públicas e destruição de residências ou outros projetos urbanísticos.

Através do alerta da academia científica mundial, devido à perspectiva do esgotamento de recursos não-renováveis da ZC em um futuro próximo, órgãos governamentais ou não, como países desenvolvidos e agências do fomento internacional vêm instigando uma mudança cultural na forma de ocupação da ZC, exigindo ações de prevenção de acordo com as estratégias da dinâmica econômica emergente e também do reflexo deste processo na utilização do espaço e do aproveitamento dos recursos (GRUBER *et al.*, 2003).

4. MATERIAL E MÉTODOS

A morfologia praial de Nova Tramandaí (Figura 8A) e Praia das Cabras (Figura 8B), pertencentes ao Litoral Norte do Rio Grande do Sul, foi avaliada com o auxílio de três metodologias: Nivelamento Geométrico, Sistema de Varredura à *Laser* e Aerofotogrametria com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Estes três métodos foram escolhidos com o intuito de serem comparados a fim de responder se existe influência antrópica considerável na praia urbanizada diferenciando-a em aspectos morfológicos do outro setor praial não urbanizado. Para a avaliação dessas metodologias foi delimitada uma extensão de um quilômetro, totalizando dois quilômetros nos dois setores praiais e uma área total que variou entre 6000m² e 11000m² dependendo da extensão do pé da duna até a linha d'água, que alteravam entre as estações do ano.

Figura 8- Mapa de localização das duas áreas de estudo. A) Área urbanizada, Nova Tramandaí; B) Área não urbanizada, Praia das Cabras.



Fonte: criado pela autora (2014) a partir de imagens Mapa base: ArcGIS™ (2010).

A delimitação da área de estudo foi efetuada através de marcos (Figura 9) de madeira (referenciais de nível), distantes 100m com um somatório de 11 marcos nomeados de “T0 ao T10” em cada praia, totalizando 22 perfis praiais (figura 10). A escolha desses setores, que se

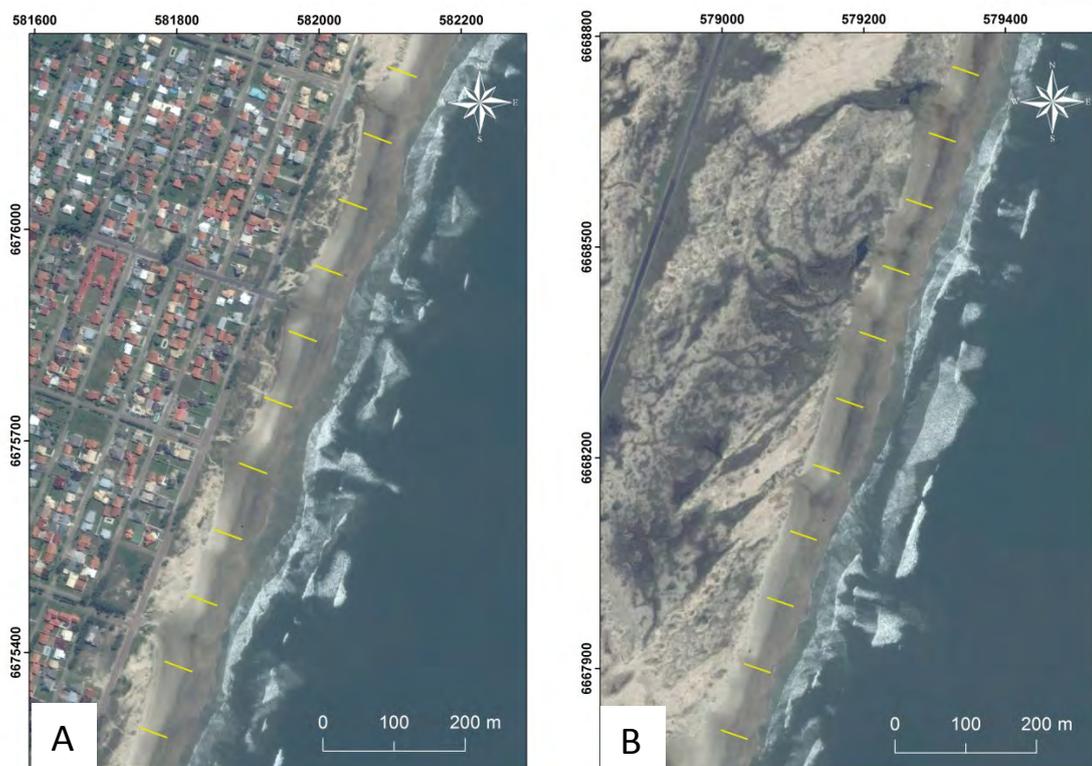
encontram distantes entre si cerca de 7km, foi realizada de acordo com a densidade populacional através de imagens de satélite.

Figura 9 - Marcos para a delimitação dos perfis; A) Marco colocado na Praia urbanizada em Nova Tramandaí. B) Marco situado na Praia das Cabras após 5 meses da colocação.



Fonte: A) Foto: Louize Paz (Setembro, 2014); B) Foto: Louize Paz (Março, 2015).

Figura 10 - Mapas de localização somente dos 22 perfis praias. A) Área urbanizada, Nova Tramandaí; B) Área não urbanizada, Praia das Cabras.



Fonte: criado pela autora (2014) a partir de imagens Mapa base: ArcGIS™ (2010).

Os referenciais de nível (marcos de madeira) foram alinhados com base no posicionamento de postes de iluminação na praia urbanizada em Nova Tramandaí, enquanto no setor sem urbanização não havia referencial adequado, pois a praia encontra-se às margens da estrada RS-786 e está distante do pé da duna cerca de 500 metros em direção ao continente. Por este motivo, foi realizado um alinhamento através do levantamento planialtimétrico com estação total (Figura 11), que possibilitou a medição dos ângulos horizontais e verticais, fazendo com que o alinhamento seja preciso, de modo com que todos os 11 marcos ficassem alinhados paralelamente à linha de costa.

Figura 11 – Estação total utilizada para o alinhamento dos marcos na Praia das Cabras.

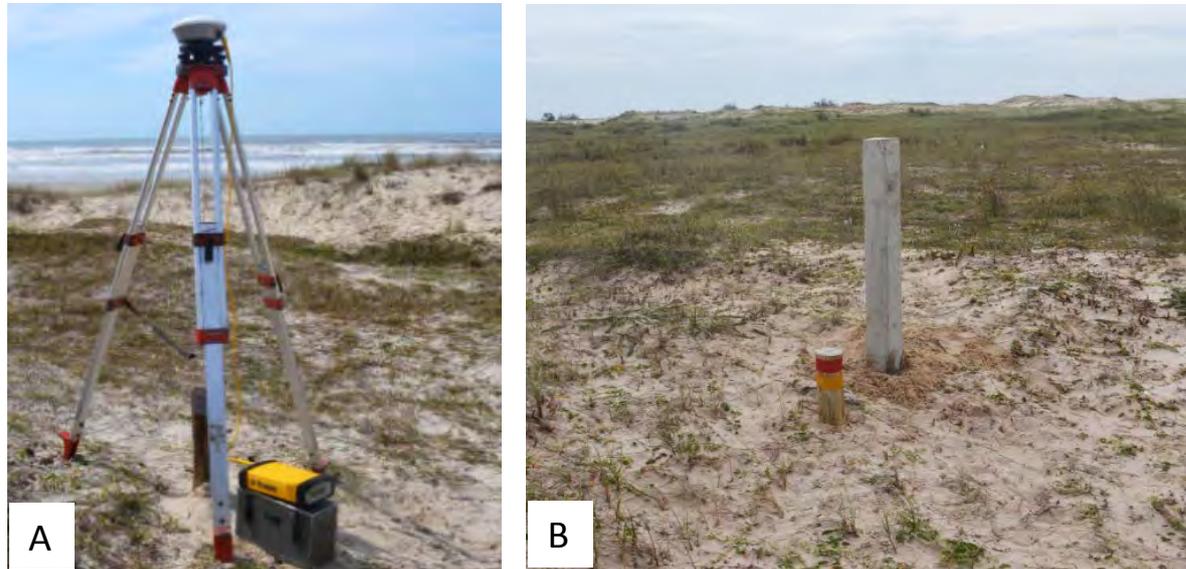


Foto: Autora (2014).

4.1 NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

No total foram realizados 22 trabalhos de campo, nos nove primeiros, entre setembro e dezembro de 2014, foram posicionados e reposicionados (por danos e vandalismo) 22 marcos. Estes referenciais de nível foram colocados através da estação total e um Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) do modelo Trimble Pro-XRT conectado de forma *bluetooth* ao coletor *Juniper Systems Mesa Rugged Notepads* (Figura 12A) para o gerenciamento de dados. Os marcos foram espaçados a cada 100m, para a delimitação das coordenadas globais da área de estudo, que serviram como referencial de nível, além da colocação de três mourões (Figura 12B) de cimento, que contribuíram na demarcação dos pontos. Ainda, nestes nove dias de campo coletaram-se dados piloto que serviram de modelo para a prática do método de levantamento planialtimétrico com o nível geométrico e análise da área de estudo.

Figura 12 – Métodos de campo: A) Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) na coleta de dados; e B) mourão como marco referencial da área de estudo.



Fonte: Autora (2014).

Nos 13 trabalhos de campo (19 e 20 de dezembro/2014, 25 e 26 de janeiro/2015, 23 de fevereiro/2015, 25 e 26 de março/2015, 25 e 26 de abril/2015, 30 de maio/2015, 26 de junho, 28 de julho e 27 de setembro) foram obtidos os dados de nivelamento praias apresentados neste trabalho de conclusão de curso.

Totalizaram 220 perfis praias, nos quais as tabelas utilizadas para a obtenção dos dados em campo constam nos apêndices A e B. Com esses dados é possível obter medidas de largura praias (distância horizontal) e altitude (cota), que foram realizados mensalmente com levantamentos sistemáticos para a aquisição de perfis perpendiculares à linha de costa no período de setembro de 2014 até setembro de 2015, completando um ano de amostragem, com levantamentos em todas as estações do ano. Analisando os princípios desta metodologia é possível observar as tendências e a variabilidade deste comportamento. Todavia, é necessário levar em consideração as variações sazonais e também a pouca extensão temporal deste tipo de informação (BARBOZA; ROSA, 2011). Através do Nivelamento Geométrico (Figura 13), com a utilização do nível WILD NA20-NA24 (Figura 14A) e uma régua graduada (Figura 14B), seguindo o Método da Estadia (BIRKEMEIER, 1981).

Figura 13: Técnica do Levantamento Planialimétrico através do nivelamento geométrico. Foto situada na Praia das Cabras, no perfil T2.



Foto: Lisandro Becker (Junho, 2015).

Figura 14: Equipamentos para a realização dos nivelamentos geométricos. A – Nível WILD NA20-NA24. B – Régua graduada para efetuação dos cálculos do perfil praiial.



Fonte: Autora. A – Janeiro de 2015. B – Junho de 2015.

Na etapa pós-campo, os dados das medições dos 22 perfis praias foram plotados em planilhas no *software* Excel^{®2}, resultando em gráficos que foram comparados ao longo do período de estudo com a visualização do comportamento praiial de cada perfil analisado mensalmente. A distância é estabelecida através do cálculo $DH=(FS-FI)\times 100$, onde DH é distância horizontal, FS, é o fio superior visto na régua graduada e FI, o fio inferior. No cálculo da cota, através do fio médio, que representa a média do fio superior e inferior, necessita-se calcular, a altura do aparelho ou então a cota inicial, para obter as altitudes respectivas com cada distância.

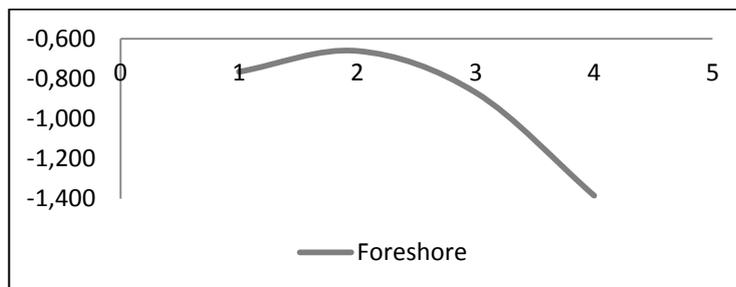
Através do *software* ArcGIS[™] foi possível calcular as áreas dos perfis praiiais, através de duas coordenadas: distância horizontal (x) e altitude (y). Como datum, foi utilizada a altitude zero em todos os perfis, permitindo a comparação de maneira igualitária em ambos os

² Microsoft Excel Office Professional Plus, 2010.

setores. Os perfis foram calculados de acordo com sua extensão total e, também, de acordo com a menor distância obtida em cada setor. Em Nova Tramandaí foi estabelecido o corte aos 43,5m e na Praia das Cabras 50m. Este corte teve o intuito de comparar as áreas obtidas para uma mesma distância em todos os perfis do setor, minimizando a influência da extensão do perfil que variou de acordo com o momento da medida.

Através dos perfis obtidos foi criada uma metodologia alternativa para avaliar o comportamento da morfodinâmica praial. Esta análise foi realizada a fim de estabelecer padrões, exemplificado um dos padrões gerados no quadro 1, de variação do *foreshore* e do *backshore*, separadamente, ao longo do tempo. Como teste, foram analisados os meses de dezembro a março, calculando-se a variação de nível no segmento de correspondente ao *backshore* (5 a 10m a partir do marco) e do *foreshore* (10 a 20m no sentido do continente a partir da linha d'água). A modificação observada ao longo do tempo, caracterizada por aumento ou diminuição da espessura do perfil, gerou curvas com padrões de variação. As curvas foram comparadas permitindo estabelecer os locais com padrões semelhantes e avaliar possíveis causas para as variações observadas. Entre as causas consideradas destacam-se a presença ou a ausência de sangradouros, vegetação e estruturas como quiosques, e sua posição em relação ao perfil.

Quadro 1 – Exemplo de padrão encontrado na Praia das Cabras na zona do *Foreshore*.



Fonte: Autora (2015).

4.1 GEOTECNOLOGIAS

Foram realizados quatro levantamentos para a aplicação de das geotecnologias Varredura a *Laser* e Aerofotogrametria com VANT. Nos dias 15 de novembro e 29 de agosto foi utilizado o equipamento LS da FARO, modelo FOCUS 3D X 330, para obtenção de dados de acordo com o método de Varredura a *Laser*. O Sistema adquire uma nuvem de pontos em três dimensões, com o objetivo de fornecer um modelo da realidade, de grande precisão e

detalhamento, quando em condições meteorológicas favoráveis. O levantamento aerofotogramétrico foi realizado no dia 30 de agosto com Aerofotogrametria com VANT no intuito de analisar a aplicabilidade e comparar os métodos para a zona costeira. Na etapa pós-campo, os dados obtidos a partir das geotecnologias foram processados em diferentes *softwares*: Photoshop 6[®], PhotoScan[®], ArcGIS[™] versão 10.2[®] e Scene[®].

4.1.2 Sistema de Varredura a Laser (*Laser Scanning*)

O sistema de varredura a *laser* – *Laser Scanner* (Figura 15) é uma técnica ativa, na qual o instrumento emite milhares de pulsos *lasers* por segundo utilizados para medir a distância entre o sensor e a superfície dos objetos (NASCIMENTO JÚNIOR; SCHULER; CAVALCANTE 2006). Este sistema permite a geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE) de uma área de forma relativamente rápida e com precisão altimétrica. O sistema é composto por três componentes básicos: uma unidade de medição a *laser*, encarregada de emitir e receber o sinal a *laser*, um sistema de varredura optomecânico e uma unidade de registro de medições de apoio (WEHR; LOHR, 1999).

Existem dois tipos principais de *laser* scanners: o que se baseia no princípio da triangulação, que captura a luz *laser* refletida pelo objeto, e o baseado no tempo de retorno do sinal, o qual foi utilizado neste trabalho, com um alcance maior (longas distâncias), medindo a distância através do tempo de retorno do pulso a *laser*. Este sistema é conhecido como *Light Detection And Ranging* (LIDAR). Neste sistema, o instrumento emite milhares de pulsos *laser* por segundo, normalmente de radiação infravermelha, permitindo ao instrumento medir as distâncias, a intensidade da energia refletida pelo objeto e os parâmetros de altitude do feixe. A partir destes dados é possível calcular as coordenadas cartesianas com três dimensões (3D) dos pontos medidos e sua resposta espectral.

Figura 15: Metodologia do *Laser Scanning*.



O resultado do processo de medição e processamento é gerado através de uma nuvem de pontos, no qual o valor de refletância também pode ser associado. Com este sistema é possível trabalhar durante a noite, já que não requer luz visível. As nuvens de pontos com coordenadas dos pontos no espaço objeto e seus valores de refletância são coletados de vários pontos de vista para eliminar as oclusões devido à perspectiva central. Para referenciar estes pontos a um sistema do espaço objeto, são necessários alguns pontos bem definidos, normalmente proporcionados por alvos especiais. Um problema comum aos *scanners*, tanto por triangulação quanto o LIDAR é a refletância dos materiais presentes na cena. Se o sinal *laser* não for refletido adequadamente por um determinado material, não haverá como calcular as coordenadas daquele ponto, um exemplo relaciona-se às superfícies de corpos de água onde o infravermelho é totalmente absorvido não gerando sinal de refletância.

Para determinar a posição dos pontos no terreno com exatidão o sensor deve contar com apoio de um sistema de posicionamento com precisão compatível. A posição do sensor na hora da medição de cada ponto é determinada mediante um sistema de GNSS, como será mostrado no método seguinte, o *Laser Scanner* também pode utilizar o posicionamento dos *targets* e a medida feita pelo GNSS para determinar sua posição espacial.

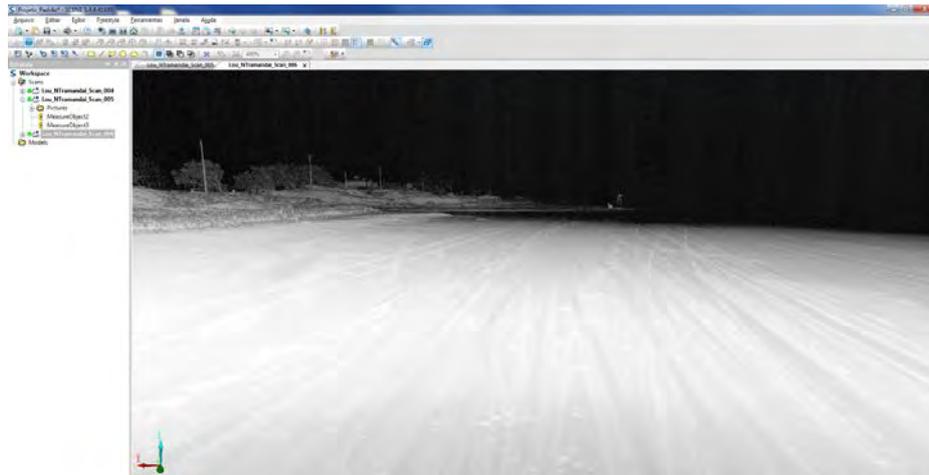
Cada cena gera uma nuvem de pontos que posteriormente são unidas para gerar um modelo numérico de elevação (MDE) da área de estudo. Para diferenciar as informações resultantes da nuvem de pontos, é necessário realizar um tratamento de dados, que se divide em três etapas principais: filtragem, classificação e edição manual da nuvem de pontos (Figura 16). Dados de diferença planialtimétricas podem ser medidos diretamente na nuvem de pontos e desta forma são obtidas informações das áreas de estudo com alta precisão.

Desta forma, a tecnologia de varredura a *laser* apresenta em alguns parâmetros maiores condições de mapeamento que instrumentos fotogramétricos, pois ela não sofre com a falta de iluminação ou com sombras, contudo devido ao longo tempo de processamento, ou se há ambientes úmidos no local de captura de imagens, o *laser* não é uma boa indicação.

Foram realizados três levantamentos com este sistema. O primeiro, um levantamento teste, serviu para avaliar parâmetros relacionados à aquisição de dados, como a distância entre as estações, resolução das nuvens (distância entre pontos) e qualidade (repetição em cada ponto). Com isto, percebeu-se que devido às características do terreno (muito plano) as estações não poderiam ser posicionadas a mais de 100m de distância entre si. No segundo levantamento foram adquiridos os dados nos dois setores, totalizando 22 cenas, cada uma com um tempo em torno de 15 minutos para aquisição da nuvem de pontos e de fotografias. Porém, ao serem processados, foi observada uma grande dificuldade na união das cenas

devido à presença de água na praia. Pela falta de refletância, muitas áreas ficaram vazias os geraram pontos espúrios na nuvem, praticamente impedindo a união automática. O terceiro levantamento foi realizado somente em dois trechos das duas áreas, sem a presença de água no perfil, com as estações mais próximas, posicionadas a cada 50m. O intuito foi possibilitar a união das cenas e a avaliação da aplicabilidade do método.

Figura 16- Nuvem de pontos do *Laser Scanning*.



Fonte: Autora (2015).

4.2.2 Aerofotogrametria com VANT (Veículo aéreo Não Tripulado)

Os profissionais e empresas que trabalham com levantamento topográfico estão experimentando uma nova fase com a chegada dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's). Mesmo sendo uma realidade no setor de Defesa há décadas, estes equipamentos já estão sendo amplamente utilizados para a geração de mapas, com rapidez, economia e qualidade.

No Brasil os primeiros relatos de uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) ocorreram na década de 1980, quando o Centro Técnico Aeroespacial (CTA) iniciou o projeto Acauã, visando o desenvolvimento de VANT autônomos com intuito de pesquisa militar. (ALONÇO *et al.* 2005).

Imagens obtidas por sensores orbitais possuem menor resolução espacial, são mais caras e sofrem influências importantes da passagem do sinal pela atmosfera (MOREIRA, 2003). Imagens geradas por sensores embarcados em VANT têm etapas de processamento mais breves, e ainda associa-se a elevada resolução espacial e uma maior confiabilidade no posicionamento dos objetos imageados. A possibilidade de utilizar uma plataforma de coleta

de imagens de menor custo, que forneça maior detalhamento nos mapas, e com menor intervalo de tempo entre as coletas possibilita o monitoramento periódico via VANT (MEDEIROS *et al*, 2008).

Nesse aspecto um VANT constitui-se em um equipamento de coleta de dados de forma rápida, de maior resolução e com menor custo. O objetivo do presente estudo foi o de utilizar um VANT na obtenção de fotografias aéreas aplicadas ao mapeamento (levantamento topográfico) da área de estudo para comparação a outros métodos tidos como clássicos na caracterização da morfodinâmica praial.

O VANT utilizado neste estudo (Figura 17) foi o DJI Phantom 2 Vision, que é equipado com uma câmera desenvolvida pela fabricante com resolução de 14MP para fotos e até 1080p (full HD) para vídeos, gravados em um cartão padrão SD com ângulo de visão de 140°. Os quatro motores elétricos *brushless* são leves e altamente confiáveis, não há equipamento ou sistema de transmissão para seu comando e nem servos auxiliares para a navegação. A velocidade de cada rotor determina o voo os motores elétricos de velocidade relativamente lenta garantem baixas vibrações e o sistema opera em nível de ruído muito baixo, tendo um modo de voo autônomo por isso é equipado com todos os sensores necessários para controlar o voo e realizar as missões e tarefas sem um operador humano. Também é equipado com recursos de segurança “GOHOME” caso o operador perca sinal com o VANT, garantindo um pouso seguro no caso de haver um problema técnico. A construção do sistema, com baixo peso e peças flexíveis, torna possível a operação em locais povoados, sem perigo de prejudicar seriamente as pessoas ou infraestrutura em caso de acidente. O sistema não necessita de local de pouso e decolagem preparado e pode estar no ar em poucos minutos após a chegada ao local do voo.

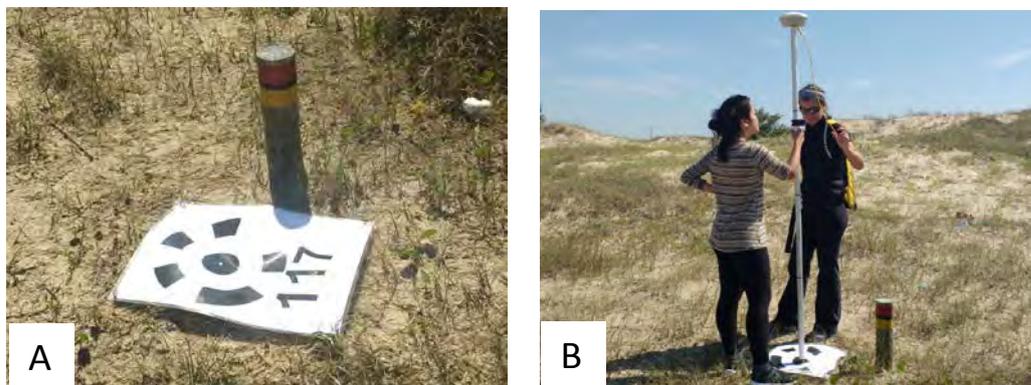
Figura 17 - Equipamento utilizado VANT DJI Phantom 2 Vision+.



A Fotogrametria, conforme a *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (ISPRS), é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre os objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões da energia eletromagnética radiante e outros fenômenos. A Fotogrametria é uma técnica em constante evolução de instrumentos e processos. Para o estudo da Fotogrametria é necessário ter que o conceito de estereoscopia é o fenômeno ou técnica de se obter imagens tridimensionais a partir de imagens bidimensionais. Assim a Imagem estereoscópica é o resultado da superposição longitudinal entre duas aerofotos consecutivas. A superposição conhecida como Recobrimento Longitudinal é o percentual que uma determinada fotografia superpõe em relação a uma fotografia consecutiva em uma faixa de voo.

Partindo deste princípio foram distribuídos os *targets* (Figura 18) de uma forma em que é possível gerar uma grade de vôo para o VANT em cada área levando em consideração a morfologia e o distanciamento entre os *targets*.

Figura 18 – Técnica utilizada para o VANT.



Fotos: Autora (2015).

Para o georreferenciamento das imagens e posteriormente do mosaico produzido foi utilizado o equipamento GNSS na coleta dos dados geodésicos, para cada *target* houve uma coleta dos dados referentes aos eixos X, Y e Z. Os *targets* no terreno foram identificados com números e formas distintas para depois serem reconhecidos pelo *software Agisoft PhotoScan* onde serão sobrepostos na geração do mosaico da área, gerando estereoscopia e consecutivamente o modelo digital de elevação (MDE).

Em comparação com a topografia clássica que, para gerar um modelo digital de elevação (MDE), teria de realizar um nivelamento geométrico ou trigonométrico, o qual demandaria tempo e um maior número de pessoas; a geração de um MDE aplicando a

tecnologia de VANT possibilita um levantamento detalhado em menor tempo e com um menor número de pessoas envolvidas.

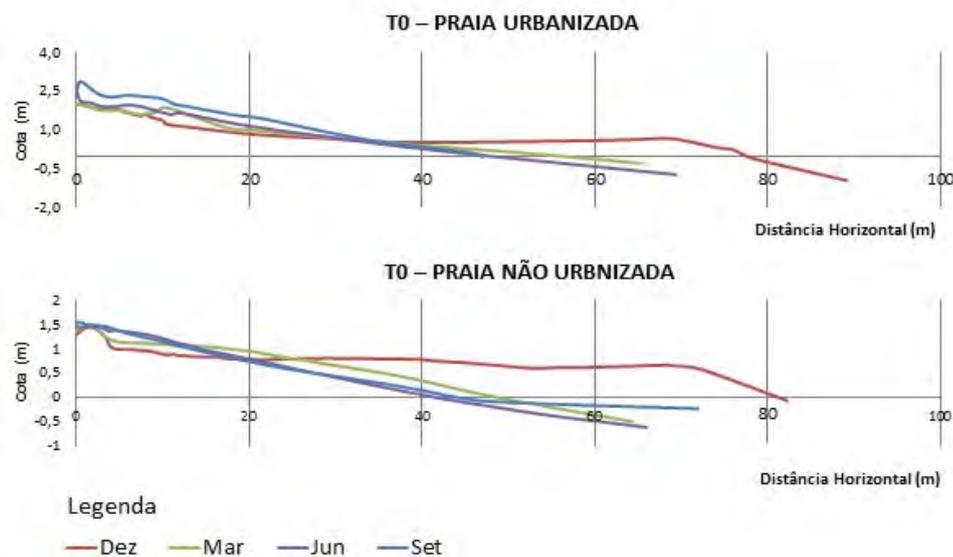
5. RESULTADOS

Como resultados dos métodos aplicados, foram obtidas informações sobre o comportamento praiial dos dois setores (urbanizado e não urbanizado). Estas informações, descritas a seguir, estão baseadas principalmente no método consagrado de nivelamento geométrico. Para comparação e avaliação da aplicabilidade, serão descritos os resultados obtidos com as duas geotecnologias (Sistema de Varredura a *Laser* e Aerofotogrametria com VANT).

5.1 NIVELAMENTO GEOMÉTRICO PRAIAL

O uso do nivelamento geométrico proporcionou dados métricos de grande precisão. A partir dos 22 perfis (11 em área urbanizada e 11 em área não urbanizada) obtidos mensalmente, foi possível observar variações de cota relacionadas à mobilidade do sistema praiial. Na figura 19, elaboradas no *Excel*, são demonstrados a comparação do comportamento sazonal dos perfis do primeiro mês de cada estação (dezembro, março, junho e setembro) a fim de entender como ocorre a movimentação do sedimento praiial. Todos os 22 perfis encontram-se nos apêndices C, D, E e F.

Figura 19 – Exemplos de perfil sazonal. A) Perfil urbanizado; B) perfil não urbanizado.



Nesta análise, é possível observar a rotação do sedimento nas duas zonas do pós-praia: *backshore* e *foreshore*, sendo que no verão, representado pelo mês de dezembro, havia um maior volume de areia, devido a sua maior extensão praial e na estação da primavera, representado pelo mês de setembro, ambas as distâncias diminuíram. Nos meses seguintes, à medida que a extensão praial regrediu, houve um aumento na área onde estão situadas as dunas (na zona do *backshore*). Através dessa análise, demonstra-se a típica situação de inverno, caracterizada pela perda de sedimentos do estirâncio e do pós-praia pelas ondas de maior energia (ressacas) e acumulação de sedimentos em forma de bancos submersos na antepraia. E também se averigua na situação de verão, na qual há a predominância das ondas de bom tempo, as quais promovem o transporte de sedimentos para o estirâncio e pós-praia (SOUZA, 2009).

Entre as características dinâmicas, um dos principais fatores é a mobilidade. Nos apêndices G e H são apresentados todos os perfis levantados neste estudo, no qual pode-se visualizar esta mobilidade no período de 10 meses. A suscetibilidade à erosão e o tipo de "corte" sofrido pelas praias é dependente do seu estado morfodinâmico (Wright, 1980). A partir do exposto por Wright (op cit.) e analisando os gráficos dos perfis das diferentes praias observamos que, de maneira geral, elas tiveram um comportamento mais dissipativo, mesmo obtendo algumas variações devido às grandes variações no pacote de sedimentos. Segundo (Wright, 1980), as praias refletivas normalmente requerem baixa energia para induzir a erosão. As praias dissipativas são as menos suscetíveis à erosão, requerendo uma energia muito alta para que esta ocorra, a causa de erosão são as fortes oscilações de infragravidade. O *swell* aliado ao *set-up* das oscilações de longo período erodem a praia formando escarpas no pós-praia até a base das dunas frontais (Figura 20) No perfil T1 em Nova Tramandaí foi identificado este processo de escarpamento, ilustrado na figura 20 e ilustrada na figura 21.

Figura 20: Perfil praial (T1) localizado em Nova Tramandaí.

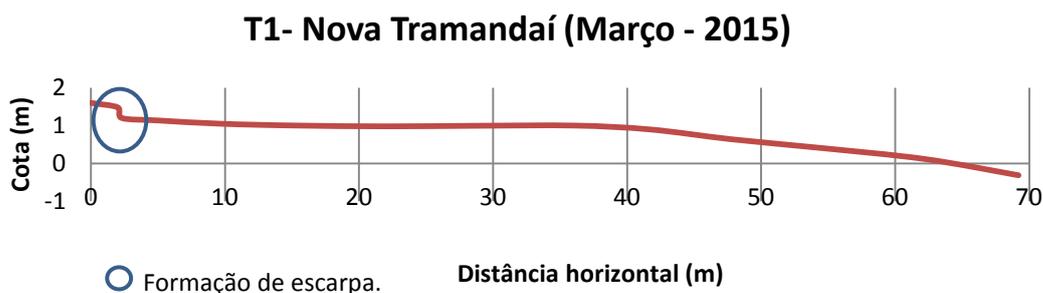


Figura 21: Fotografia do setor praiial (T1) localizado em Nova Tramandaí.



Fonte: Autora (2015).

5.1.1 Área obtida através do levantamento geométrico

Através do *software* ArcGISTM foi possível calcular a área dos 220 perfis analisados ao longo do período de estudo. Ao compararmos todas as áreas, houve a secção dessas áreas na menor distância de todos os meses, 43,5m no setor urbanizado e 50m no setor não urbanizado para obter uma comparação fidedigna. De acordo com os cortes estabelecidos, o mês que obteve a maior média de acreção foi abril para ambos os setores praiiais, em Nova Tramandaí com 76,68m² e na Praia das Cabras com 77,22m². Já os meses onde obtiveram uma menor área, sendo considerados os meses com maior erosão, foram dezembro, na praia não urbanizada, num total de 60,52m² e maio para a praia urbanizada, com 65,81m², como podem ser visualizados nos gráficos das figuras 22 e 23.

Ao compararmos os perfis durante o período analisado, de acordo com os cortes de cada setor, com a média da variação da área dos perfis foi obtida uma maior variação na praia urbanizada e uma menor taxa de variação na praia não urbanizada. Em Nova Tramandaí (NT) a média resultou em 51,90m² e na Praia das Cabras (PC) resultou em 36,06m². Em compensação, a variação das médias da área ficou 13,13m² na Praia das Cabras e 9,65m² em Nova Tramandaí, não evidenciando diferenças representativas.

Figura 22 – Gráfico de todas as médias da área da praia não urbanizada sendo delimitada com a variância (média das médias das áreas totais e cortadas).

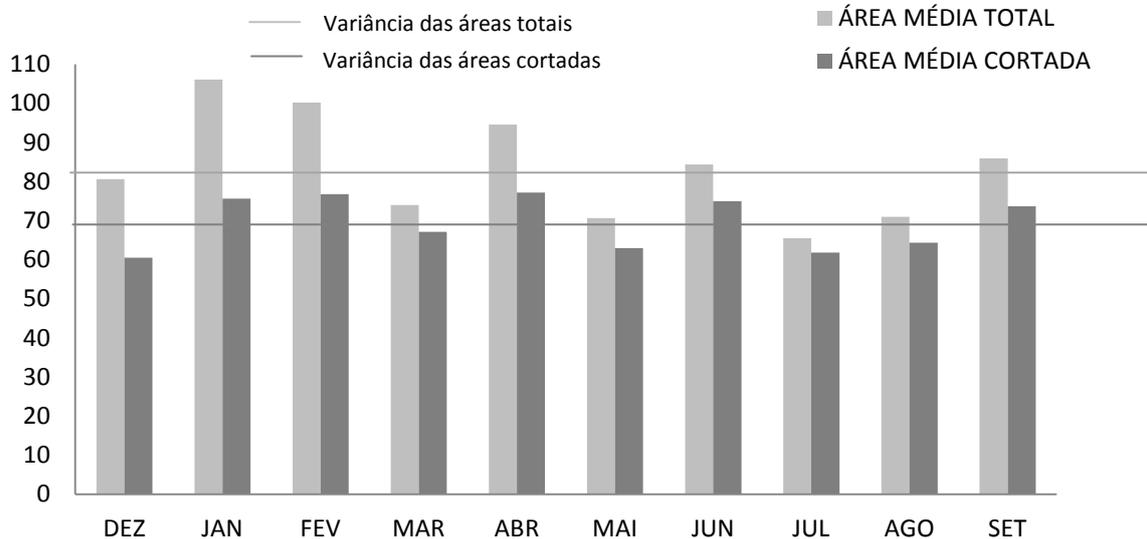
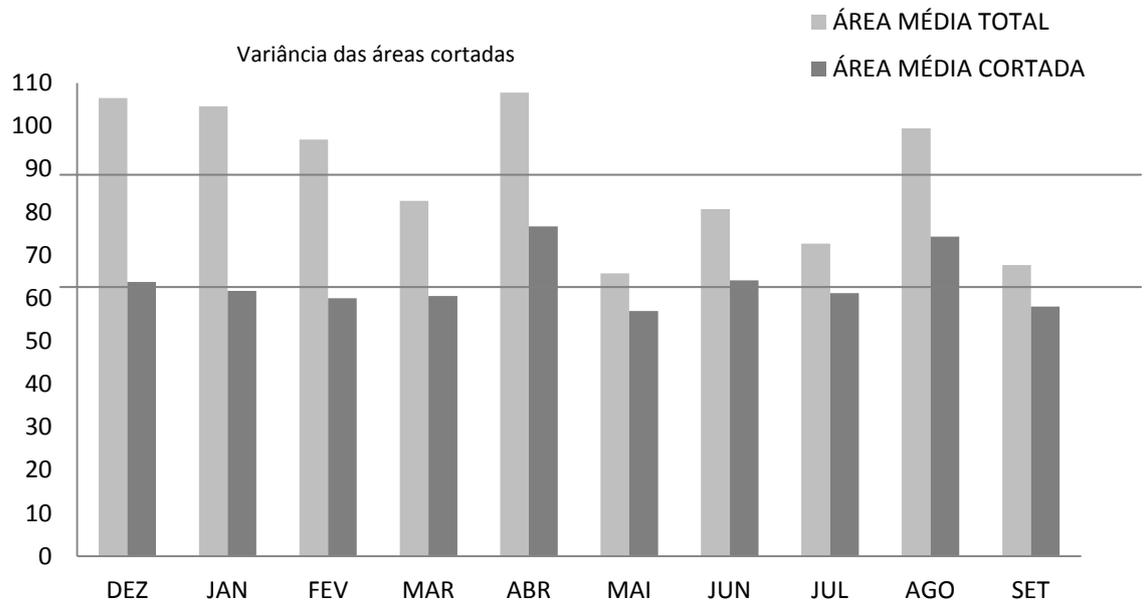


Figura 23 – Gráfico de todas as médias da área da praia não urbanizada sendo delimitada com a variância (média das médias das áreas totais e cortadas).

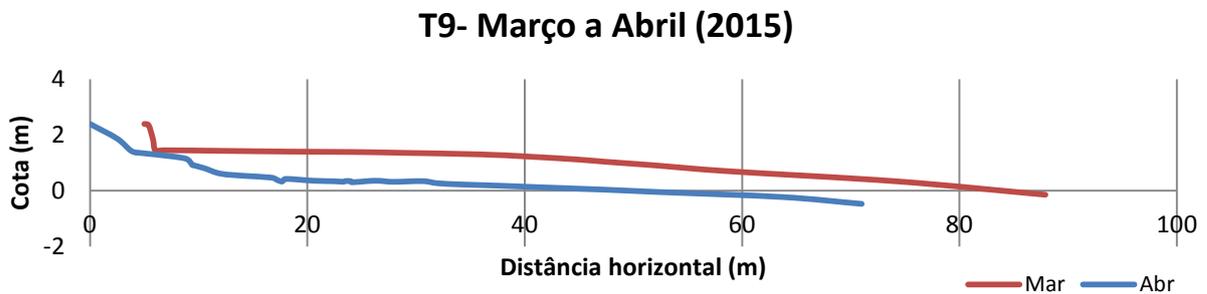


Sem os cortes das áreas, na praia não urbanizada, o mês que apresentou em média uma maior área foi janeiro com $106,08\text{m}^2$, e a menor área foi em julho com $65,54\text{m}^2$, demonstrando os padrões que são normalmente encontrados, de acresção no verão e erosão no

inverno. Já na praia urbanizada, sem os cortes, sendo considerado todo o perfil desde o pé da duna até o estirâncio inferior (frequentemente), mantiveram-se os mesmos meses. A maior área foi obtida em abril com 107,76m², enquanto a menor área foi em maio com 56,98m².

De acordo com todos os perfis avaliados, o perfil analisado onde foram observadas as maiores alterações, foi o perfil T9 (Figura 24) em Nova Tramandaí, localizado ao lado de uma das desembocaduras de um sangradouro duplo, situado ao norte do marco de madeira. Entre os meses de março e abril o marco de madeira foi retirado devido à vazão deste sangradouro, contudo pode ser verificada a variação anterior (em fevereiro para março), no qual no mês de fevereiro havia 104m², e no mês de março 88,49m². Assim, o marco foi recolocado para uma cota (altitude) superior, em cima da duna frontal, logo sua área aumentou para 148m². Este marco encontrava-se numa área de grande instabilidade morfodinâmica de acordo com esses fatores. Abaixo consta o gráfico que permite visualizar esta passagem.

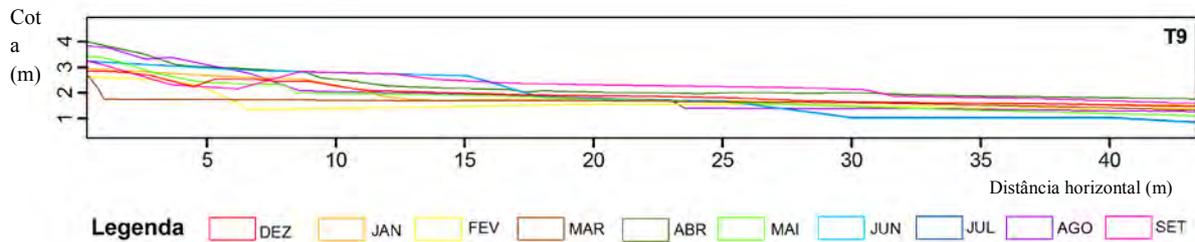
Figura 24 – Gráfico que mostra a passagem de março para abril, após a retirada do marco de madeira devido ao sangradouro.



Fonte: Autora (2015).

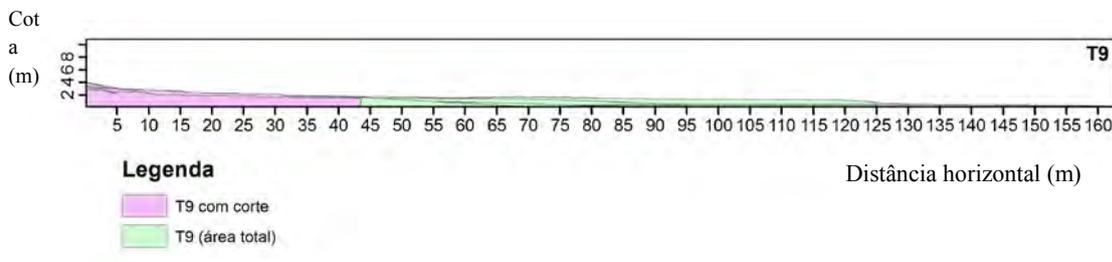
Na figura 25 (no perfil T9) é demonstrado, no setor praiado não urbanizado, o local onde ocorre a maior variação entre os meses de dezembro a setembro, tanto com a área completa, quanto a área depois do corte através da menor extensão praiado de todos os meses observados. Na Figura 26 são mostrados os meses de maior variação, ainda do perfil T9 da praia urbanizada, onde pode-se observar a diferença da área entre os meses de março a abril. Vale salientar que com os cortes estabelecidos a fim de uma comparação igualitária, acaba excluindo boa parte da continuação de áreas desses perfis, pois perde-se uma boa parte da área, contudo, revela informações sobre a mobilidade e o comportamento do pós-praia.

Figura 25 – Variação dos meses de dezembro a setembro do perfil T9 na praia urbanizada.



Fonte: Autora (2015).

Figura 26 – Áreas com corte e sem corte representada pelo T9 no setor não urbanizado.



Fonte: Autora (2015).

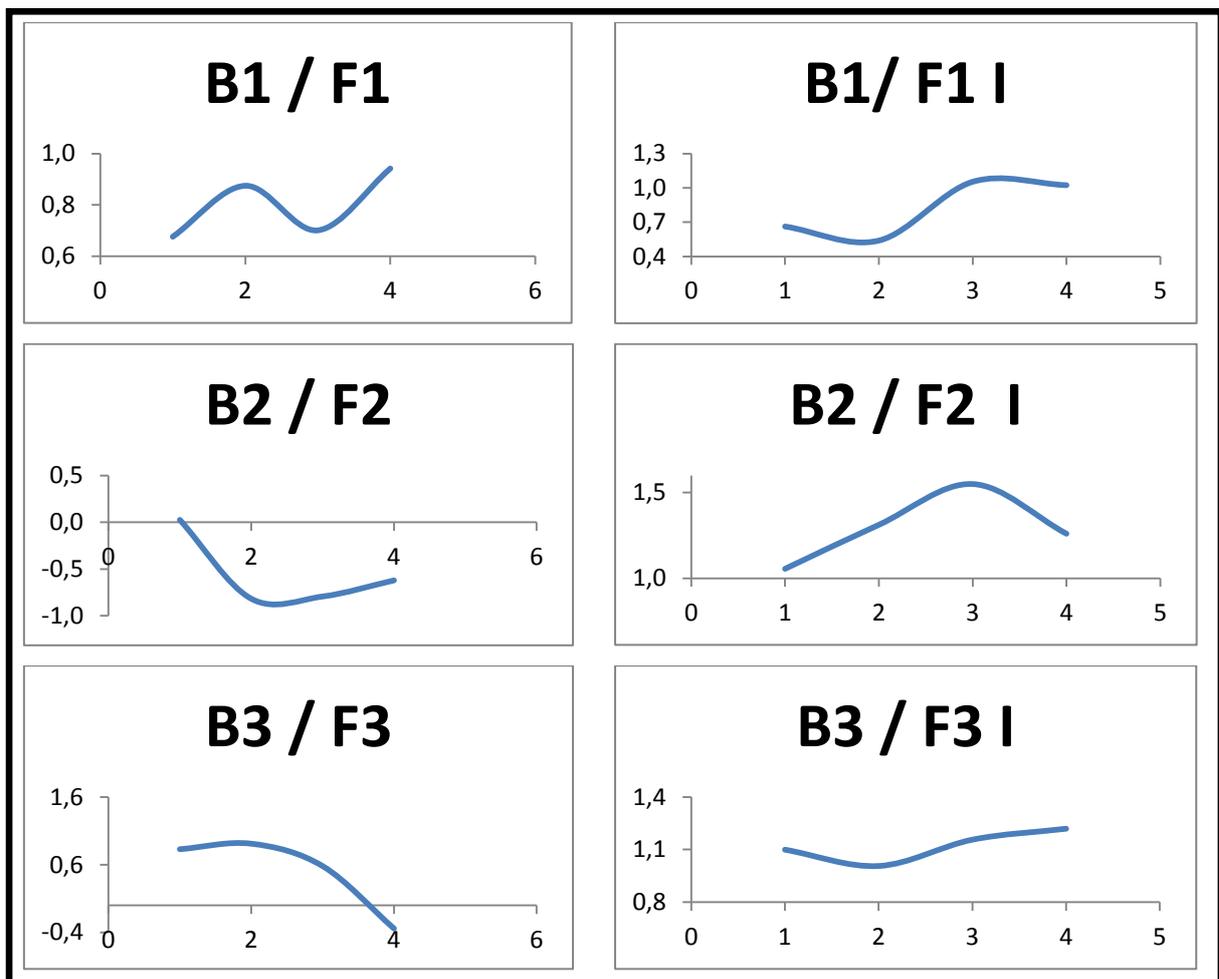
Visto que a extensão praias gradativamente diminuiu ao longo do período (de dezembro a setembro) de estudo, a troca de sedimento entre as duas compartimentações é visível, e dezembro mesmo obtendo a maior largura praias, possui a altitude mais baixa. Assim, à medida que a praia regride sua faixa litorânea do pé da duna até a linha d'água, na zona de estirâncio (*backshore*) ou por dunas embrionárias ou frontais, estas áreas são acrescidas, obtendo-se um comportamento regular que tende ao equilíbrio. De acordo com Portz (2008), a praia apresenta um ciclo padrão, no qual o período de verão acumula uma maior quantidade de areia fazendo com que as dunas aumentem de volume, em contrapartida, durante o inverno com o aumento das tempestades e ressacas, as ondas e o vento retiram parte desta areia levando de volta para o mar.

5.1.2. Metodologia alternativa de avaliação

Através da translocação de sedimento na praias entre os dois setores estudados, *backshore* e *foreshore*, foi possível visualizar padrões de curvatura de aumento e diminuição do volume de areia, que se encontra em constante dinâmica. O período escolhido para a

demonstração desses padrões (Tabela 1) foi de dezembro a março para facilitar a comparação, e principalmente porque este é o período onde a densidade populacional é modificada. Portanto, depois dessa análise foram obtidos os seguintes padrões: *Backshore* 1 (B1), *Backshore* 1 Inverso (B1 I), *Backshore* (B2), *Backshore* 2 Inverso (B2 I), *Backshore* 3 (B1), *Backshore* 3 Inverso (B1 3). E os mesmos padrões com os respectivos nomes para o *Foreshore*.

Tabela 1: Padrões de variação dos perfis praias determinados nas zonas de *Backshore* / *Foreshore*.



Fonte: Autora (2015).

Esses padrões resultaram da variação da altitude do *backshore* e *foreshore*, separadamente, com a finalidade de identificar o comportamento do perfil, através de dois padrões que visualizados concomitantemente, auxiliou na identificação e no funcionamento da mobilidade do sedimento nos 22 perfis analisados.

Em ambos os setores, sucedeu a presença de dois padrões, onde sua ocorrência manifestou-se tanto na praia urbanizada, quanto na área não urbanizada. Os dois padrões

identificados foram encontrados quando havia a presença de vegetação (Figura 27 e 28) e sangradouro (Figura 29). Nas áreas identificadas com presença de vegetação, como na figura 20 no setor não urbanizado e na figura 21 no setor urbanizado, o padrão identificado foi B1/F3, que sugerem uma movimentação regular durante os três primeiros meses, e no quarto mês um maior indicador de acreção. Nas áreas com sangradouro, o padrão identificado foi B1/F1, tanto na praia urbanizada, quanto na não urbanizada. Esses padrões, em visão simultânea, mostram que a variação foi regular nos quatro meses, pois se havia acreção no *backshore*, o *foreshore* estava em erosão, e vice-versa. Os demais padrões, como por exemplo (Figura 30) no padrão das dunas estabelecidas por B2/F3 e B3/F3, foi identificado somente na Praia das Cabras. Já nos locais em que havia obstáculos, como quiosques localizados nos marcos T4 e T10 foram obtidos os padrões B2/F2. O T7 apresentou padrão B1/F1, o mesmo dos que os sangradouros, pois além do quiosque, o local possui uma passagem de pedestres, podendo indicar que mais de um fator influencie neste padrão.

Assim, os padrões indicam que a presença de ocupação antrópica faz com que a movimentação do sedimento tenha um comportamento distinto do observado com um setor onde não há ocupação. Lembrando que Praia das Cabras possui uma extensão de aproximadamente 10km e é considerada um dos últimos locais do LNRS onde se encontra um campo de dunas relativamente bem preservado.

Figura 27: Setor não urbanizado no local avaliado com o padrão de vegetação praial.



Fonte: Autora (2015).

Figura 28: Setor urbanizado no local avaliado com o padrão de vegetação praial.



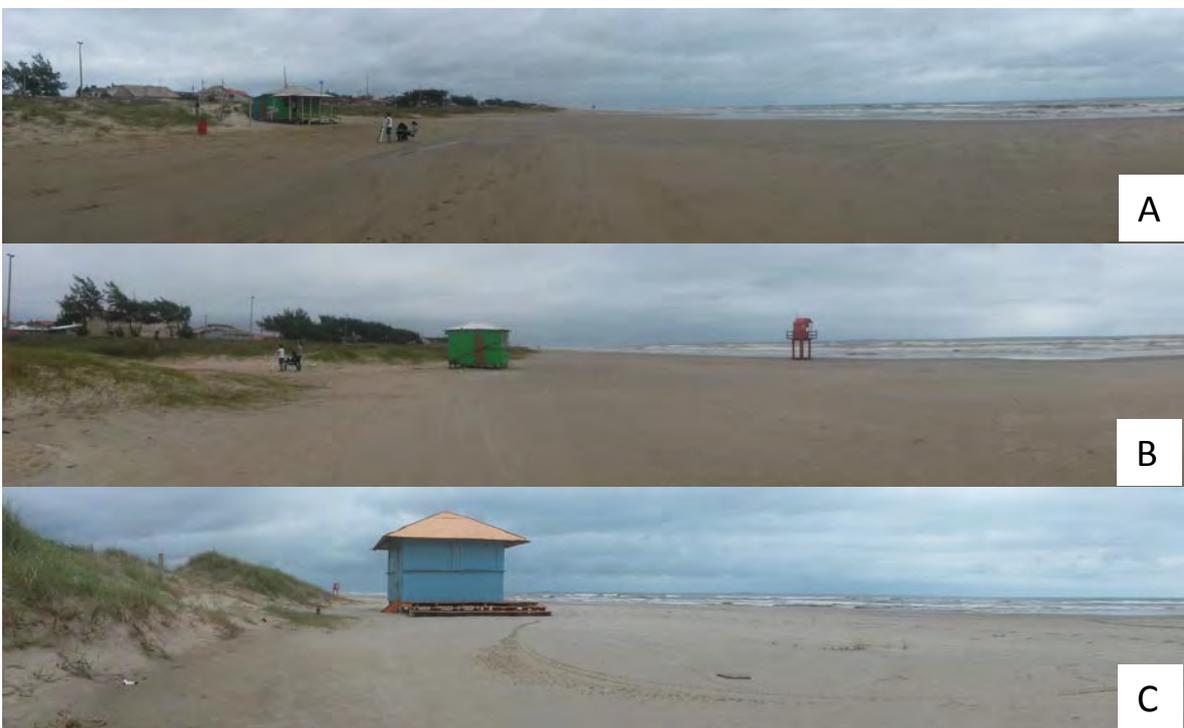
Fonte: Autora (2015).

Figura 29: Padrão identificado devido à presença de sangradouros.



Foto: Autora (2015).

Figura 30: Mosaico de figuras ilustrando o padrão identificado pela presença de quiosques: A) T4; B) T7; C) T10.



Fonte: Autora (2015).

5.2 GEOTECNOLOGIAS NA OBTENÇÃO DE DADOS COSTEIROS

A partir da utilização do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e do *Laser Scanning* foi gerada uma análise comparativa da aplicabilidade de ambas as geotecnologias em estudos de morfologia praial, bem como, verificadas as peculiaridades de cada metodologia para auxiliar futuros trabalhos nessa área.

O método de levantamento aerofotogramétrico utilizando o VANT, nas circunstâncias e condições descritas, apresentou um melhor custo/benefício em relação ao levantamento utilizando o *Laser Scanning* Terrestre, principalmente na etapa de processamento dos dados. Despendeu-se um longo período de tempo na geração das imagens, a partir de nuvens de

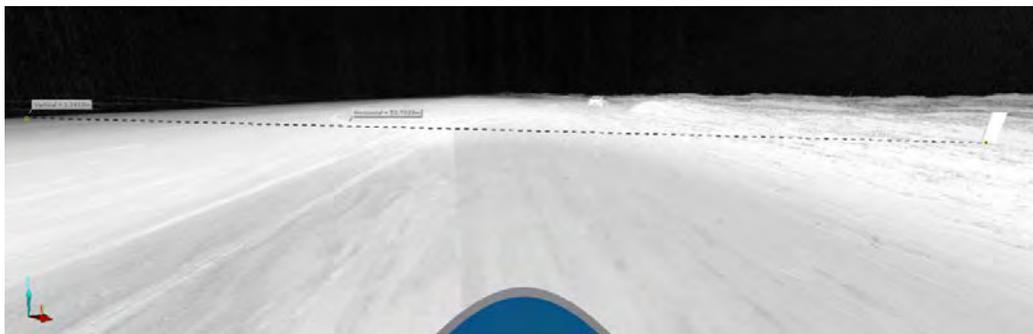
pontos, para as áreas de estudo: Nova Tramandaí (Figura 31) e Praia das Cabras (Figura 32 e 33). Nessas imagens, os níveis de cinza relacionam-se à refletância dos alvos. Além disso, em condições de praia molhada, não há reflexão da radiação, e é gerado um vazio na nuvem, dificultando e demandando ainda mais capacidade de processamento do sistema computacional. Por outro lado, ainda que não sejam gerados os modelos tridimensionais é possível realizar a medição das feições capturadas diretamente nas cenas, as quais possuem precisão milimétrica.

Figura 31 – Imagem obtida por Sistema de Varredura a *Laser* com medidas no setor urbanizado diretamente sobre a nuvem de pontos.



Fonte: Processado pela autora a partir do software Scene[®] (2015).

Figuras 32 - Imagem obtida por Sistema de Varredura a *Laser* com medidas no setor não urbanizado diretamente sobre a nuvem de pontos processada



Fonte: Processado pela autora a partir do software Scene[®] (2015).

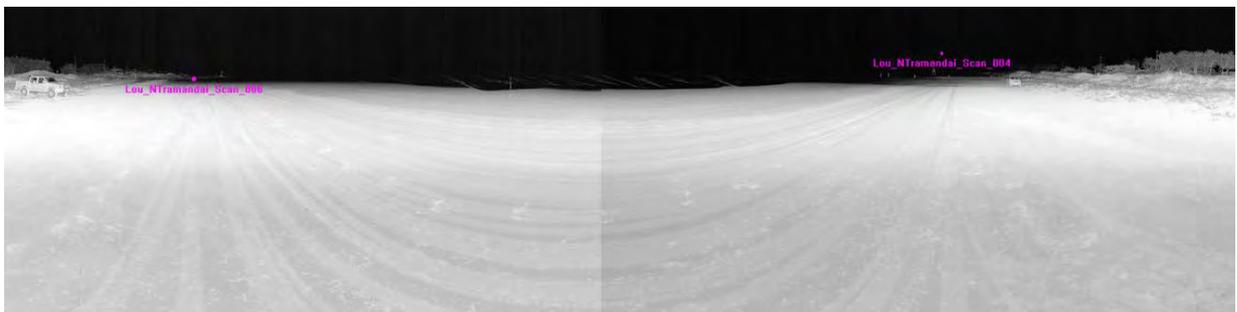
Figura 33 - Imagem obtida por Sistema de Varredura a *Laser* com geração do modelo 3D, a partir do processamento da nuvem de pontos coletada no setor não urbanizado.



Fonte: Processado pela autora a partir do software Scene[®] (2015).

O *Laser Scanning*, proporciona diferentes possibilidades de vistas, como uma vista planar de 360° (Figura 34) e uma vista com cor (Figura 35) obtida através de fotografias, pois há uma câmera acoplada junto ao sistema. Contudo, o que está na zona de sombra (atrás do campo das dunas) não é mostrado, devido à altura de instalação do aparelho. Para minimizar este efeito de sombra, e obter maiores alcances na varredura, o *laser* foi posicionado sobre o veículo de campo.

Figura 34 - - Imagem obtida por Sistema de Varredura a *Laser* com vista planar dos 360° (posição indicada da estação nas varreduras adjacentes), a partir do processamento da nuvem de pontos coletada no setor urbanizado.



Fonte: Processado pela autora a partir do software Scene[®] (2015).

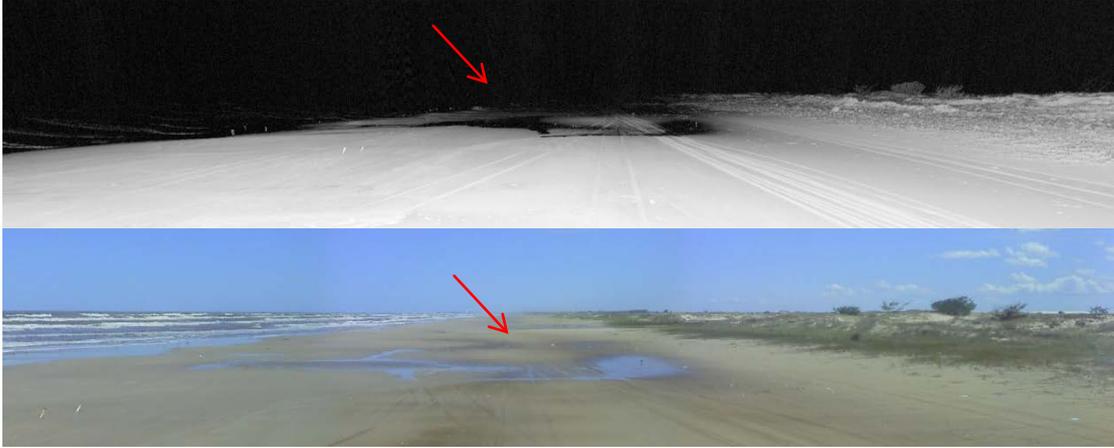
Figura 35 - Imagem obtida por Sistema de Varredura a *Laser* com sobreposição de fotografia no resultado do processamento da nuvem de pontos coletada no setor não urbanizado.



Fonte: Processado pela autora a partir do software Scene[®] (2015).

Um dos principais problemas identificados ao utilizar *Laser Scanning* foi à refletância da água na superfície. Na data do trabalho de campo, identificaram-se diversas poças d'água de grande extensão, devido à alta pluviosidade antecedente e dinâmica costeira. Esta refletância gera a anulação de dados, gerando um “buraco” nas áreas alagadas. Isso ocorre por causa da radiação na faixa do infravermelho, exemplificada na Figura 36, logo a informação torna-se perdida e conseqüentemente as cenas não podem ser unidas para a elaboração da vista 3D. Outro problema identificado é com relação ao trânsito de pessoas e/ou carros, enfim, qualquer movimento externo durante imageamento do *laser*, e no caso de captura destes objetos, a imagem é registrada como um “fantasma” (Figura 37). Portanto, a utilização deste equipamento no ambiente costeiro é dificultada pela grande circulação de pessoas, e irregularmente de veículos, agravado em períodos de veraneio, quando o método é inviabilizado.

Figura 36 – Imagem obtida após processamento, com problemas de identificação devido à refletância na água, mostrando “buracos” apontados com a seta vermelha.



Fonte: Processado pela autora a partir do software Scene[®] (2015).

Figura 37 - Imagem obtida após processamento, com identificação de problemas devido ao trânsito de veículos, gerando “Fantasma na imagem”.



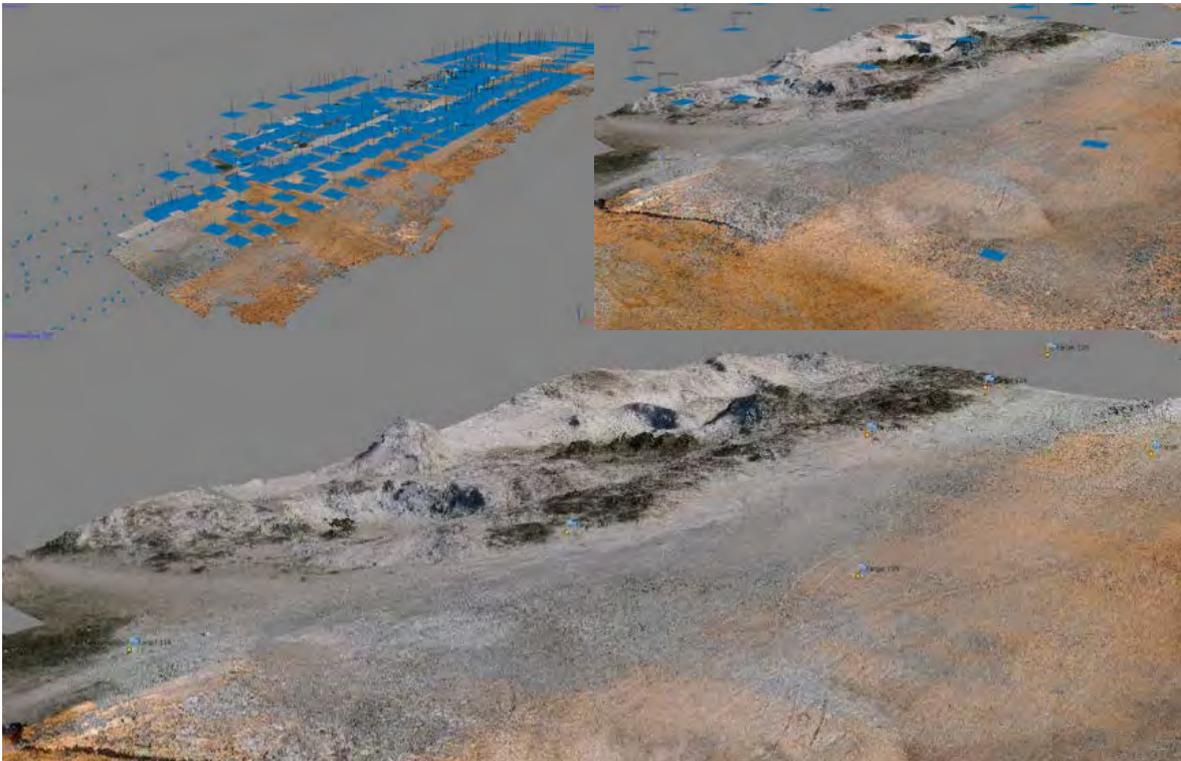
Fonte: Processado pela autora a partir do software Scene[®] (2015).

A aplicação do VANT para levantamentos planialtimétricos através de fotogrametria se mostrou uma excelente opção para a aplicação proposta, devido à relação entre a área, o tempo de aquisição e a precisão dos dados. Existem quatro aspectos principais, que têm a maior influência sobre a precisão dos dados: o número de pontos de controle, a consistência do bloco fotogramétrico, a qualidade de imagem e câmera óptica. Quando os pontos de controle na área de interesse estão distribuídos uniformemente, a precisão absoluta sobre esta

área pode ser controlada. Sobreposições de imagem adequadas (70/70%) ajudam a compensar a instabilidade do VANT como uma plataforma de imagem e melhoram a solução matemática do modelo obtido. Deformações nas imagens captadas por VANT reduzem a precisão e devem ser compensadas com a calibração da câmera.

Após o processamento das fotografias aéreas (Figura 38), mesmo com inúmeros passos, é possível a obtenção de um resultado visual final de boa qualidade e baixo despendo de tempo. Diferenciando do *laser*, pois alguns problemas inviabilizaram a geração dos resultados gráficos e numéricos, a fotogrametria com VANT tem sido amplamente aceita como um novo método para a análise de dados de imagens espaciais, com resultados de alta qualidade. Com o processamento das imagens adquiridas é possível gerar produtos como ortofotomosaicos e modelos tridimensionais, prontos para serem utilizados em sistemas GIS e subsidiar ações de planejamento ambiental em zonas litorâneas.

Figura 38 – Modelos gerados através do processamento de dados de aerofotogrametria obtidos por Veículo Aéreo Não Tripulado na praia não urbanizada.



Fonte: Processado pela autora a partir do software Scene® (2015).

6 DISCUSSÃO

A discussão foi elaborada de acordo com as comparações dos métodos empregados e subsídios para o gerenciamento costeiro, como constam a seguir.

6.1 COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS EMPREGADOS

Com o grande avanço das tecnologias, ocorre a cada dia uma revolução nas ciências geomáticas. Os métodos de medições e levantamentos remotos estão se tornando cada vez mais presentes para complemento ou até mesmo como alternativa no levantamento geométrico em campo. Sobre as geotecnologias aplicadas, o foco deste trabalho foi a identificação das vantagens e desvantagens de cada geotecnologia para cada situação. A vantagem mais significativa da utilização do VANT refere-se ao fato deste ter incorporado em suas características preocupações pertinentes à fotogrametria tradicional, tais como estabilidade de voo por sensores inerciais, altura constante, registros das informações de toda a rota de voo, georreferenciamento de imagens e facilidade de programação do planejamento de voo. Por este motivo, a escolha da geotecnologia relacionada ao tempo de processamento e à presença de água, como ocorre em áreas com sangradouros, embora mais preciso, o uso do *laser* acaba sendo dificultado. Assim, o VANT pode ser considerado a melhor escolha para auxiliar neste tipo de estudo. Com a aquisição de imagens aéreas, o mapeamento com VANT é capaz de fornecer resultados de alta qualidade, desde controlada a qualidade ao longo de todo o processo.

É fundamental uma correta análise do tipo de levantamento topográfico a ser realizado, avaliando o nível de dificuldade na sua execução, tempo e custo, bem como as características básicas necessárias do resultado, ainda associados aos conhecimentos técnicos da pessoa que irá executar a metodologia, para que possa escolher a opção mais adequada no equipamento e métodos a serem utilizados, evitando assim erros grosseiros e prejuízos financeiros, principalmente, lembrando que ambos os equipamentos tem um alto custo. (BUENO, 2009).

Há a necessidade de um período maior de análises morfodinâmicas, tanto com dados de nivelamento geométrico, como a avaliação das geotecnologias abordadas no presente estudo para a obtenção de um acompanhamento mais detalhado, e fora do período do El Niño, para saber se há uma diferença meteorológica considerável, já que este ano corroborou neste aspecto temporal.

6.2 SUBSÍDIOS PARA O GERENCIAMENTO COSTEIRO

Para fornecer subsídios para o gerenciamento costeiro é imprescindível o estudo do comportamento morfodinâmico praiial, para ter o entendimento dos importantes ecossistemas inseridos no ambiente marinho e costeiro, que são de uma relevância ímpar e contribuem para a manutenção do sistema como um todo, como é o caso dos sangradouros e ambiente de dunas adjacentes. Ao analisarmos ambos os setores, ambos precisam de um manejo adequado, tanto para a manutenção e preservação das dunas de Cidreira, pois são consideradas, como o manejo adequado de plantas nativas e retirada ou manejo adequado das espécies exóticas encontradas nos dois setores praias. De modo geral, ambos setores em comportamento similares na acresção e erosão do sedimento, porém como, foram feita as análises de 22 perfis, há casos específicos onde a ação antrópica atuou de maneira mais expansiva, como foi o caso dos setores que continham quiosques entorno do perfil analisado.

Segundo Portz (2008) a erosão natural somada à grande pressão urbana (200 mil pessoas no período de varaneio, e ao término dessa estação, na baixa temporada, diminui drasticamente para cerca de 9.693 habitantes). Esse número expressivo da população leva a um colapso do sistema praiial e indiscutivelmente causam um grande impacto no turismo, e conseqüentemente na economia local e regional. Contudo ao analisarmos os padrões, e os perfis praiiais, ainda que em um período curto de estudo, foi possível observar muitas características idênticas, mesmo sabendo que essa população chega a um nível agravante e expressivo.

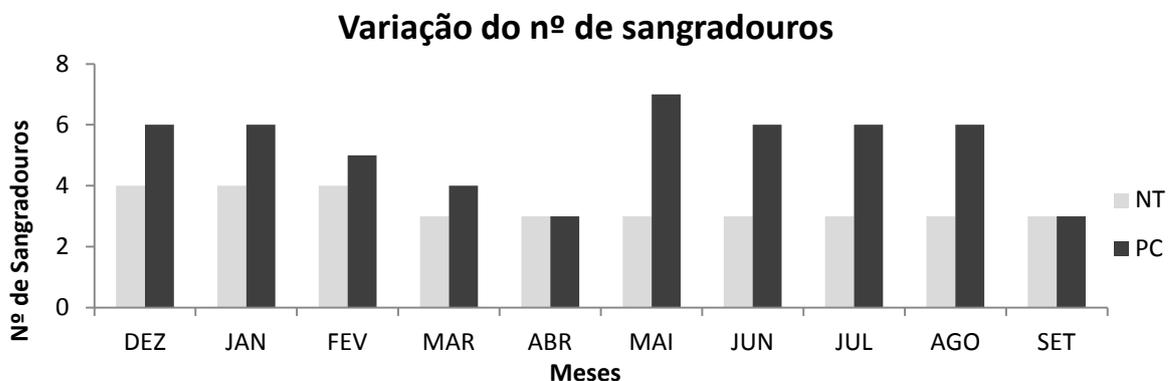
A perspectiva de concretização das melhorias ambientais propostas nos planos de manejo dos municípios abordados no presente estudos, tais como diminuição do lixo urbano, diminuição dos afluentes gerados no ambiente, padronização das construções e possibilidade de uma fiscalização mais efetiva, permite concluir que ao longo desses anos, houve uma importante contribuição para a melhoria da qualidade ambiental da orla marítima, legitimada pelo envolvimento da comunidade e pelo comprometimento do poder público municipal, em articulação com o órgão ambiental estadual. (PORTZ *et al.*, 2011).

6.2.1 Sangradouros

Os sangradouros naturais resultam da drenagem pluvial acumulada no campo de dunas. Sendo assim, são fundamentais para o balanço hídrico e sedimentar na zona de transição entre o mar e a costa (AGOSTINI *et al.*, 2013). No período de estudo houve

variações na quantidade de sangradouros existentes em ambos os setores analisados (Figura 39). O número de sangradouros manteve-se mais estável no setor urbanizado, com variação entre três e quatro sangradouros. Já a praia não urbanizada, obteve inúmeras alterações com ocorrência de dois a sete sangradouros, corroborando com as informações de SERPA 2008. Essas variações no número de drenagens é proporcionada pelas diferenças pluviométricas (analisadas com dados da Estação Meteorológica de Tramandaí – Anexo A), aliada às condições de morfodinâmica praial e ação antrópica.

Figura 39 - Gráfico do nº de sangradouros de dezembro de 2014 a setembro de 2015 nos setores urbanizado (NT) e não urbanizado (PC).



Fonte: Autora (2015).

Observou-se com este trabalho, que na praia não urbanizada em meses de maior precipitação houve um maior número de sangradouros, em contrapartida, na praia urbanizada este número manteve-se mais constante, contudo, estes sangradouros visivelmente possuíam uma maior vazão e aporte pluvial, com extravasamentos constantes que resultam no alagamento do *backshore* (Figura 40), além de erosão do perfil praial e ajuda da ação antrópica na retirada de sedimento através de máquinas para o manejo dos sangradouros (Figura 41) do início da praia até o mar, como observado no NT- T9, que possui um sangradouro ao norte (Figura 42). Conforme SERPA (2008) essa maior escoamento de água ocorre devido à impermeabilização do solo, com o adensamento de casas e asfaltamento de vias e canalização dos efluentes pluviais para pontos específicos da orla. Verificou-se o manejo de sangradouros apenas na praia urbanizada e no período de veraneio, com a abertura de trincheiras perpendicularmente ao mar, com a finalidade de escoamento hídrico.

Figura 40 - Sangradouro em Nova Tramandaí com acúmulo de água entre os marcos T1/T2.



Fonte: Autora (2015).

Foto 41 - Retificação de sangradouros para acelerar o escoamento pluvial no setor urbanizado estudado na região do T9.



Fonte: Autora (2015).

Figura 42 - Sangradouro ao norte do marco T9 no setor urbanizado



Fonte: Autora (2015).

6.2.2 Ambiente de dunas adjacente

De acordo com as informações obtidas com este estudo é necessário que haja um melhor planejamento tanto em áreas urbanizadas, como em áreas não urbanizadas, pois há grandes quantidades de resíduos sólidos dispersos, além da presença de vegetação exótica invasora em ambos setores. Identificaram-se espécies de *Casuarina equisetifolia* L.

(Casuarina - Figura 43A), *Pinnus elliottii* Engelm (Pinus - Figura 43B) e *Carpobrotus chilensis* (Molina) N.E. Br (Onze-horas-gigante - Figura 43C), que podem causar sérios danos a fauna e flora nativa, além de distúrbios na dinâmica sedimentar praias.

Figura 43 - Espécies exóticas encontradas nos dois setores praias analisados no LNRS: A) *Casuarina equisetifolia* L.; B) *Pinnus elliottii* Engelm e; C) *Carpobrotus chilensis* (Molina) N.E. Br.



Fonte. Fotos A e B: Autora (2015). Foto C: Lisandro Becker (2015).

A espécie *Carpobrotus chilensis*, conhecida como onze-horas-gigante, por ter uma bela flor, é comumente utilizada em jardinagem e paisagismo. No setor urbanizado há o ajardinamento das dunas (Figura 44), com o plantio da espécie supracitada, assim como da Casuarina, a primeira para fins paisagísticos e a segunda com o intuito de barrar a ação eólica e fornecer sombra, além da instalação de bancos e mesas sobre o ambiente de dunas. Esta ação é tomada de forma equivocada, pois as dunas configuram um ecossistema de grande relevância para diversas espécies endêmicas, além de servir de anteparo às marés meteorológicas, e seu uso inadequado pode causar impactos severos ao ambiente e ocupações adjacentes.

Na área de ajardinamento das dunas do setor urbano, existem também placas com mensagens afirmativa e de cunho educacional. Esta foi uma ideia de uma moradora do balneário, que provavelmente não foi instruída quanto à diferença da conservação do ambiente natural, da criação de um jardim, pois alguns usos não são conciliáveis com este ambiente. A saber: não é indicado o plantio de espécies exóticas, muito menos a instalação de equipamentos e placas sem a autorização dos órgãos competentes. O intuito é positivo, pois a mensagem a ser passada é que as pessoas cuidem da natureza, pois há moradores e veranistas que frequentam o local anualmente, contudo, de forma equivocada.

Figura 44 - Ajardinemnto das dunas no setor urbanizado, ideia de uma moradora, que instala placas, equipamentos, além de executar o plantio inadequado de espécies exóticas.



Foto: Félix Zucco, 2013.

Uma espécie que ocorre em todo litoral do Rio Grande do Sul é a Capotiraguá (*Blutaparon portulacoides* (A. St.-Hil.) Mears), uma espécie de porte herbáceo, rasteiro, que cresce normalmente nas dunas frontais, com importante função na estabilização das dunas embrionárias (Figura 45), encontra-se na Lista Vermelha das Espécies da Flora Ameaçadas do Extinção do Estado do Rio Grande do Sul, na categoria “vulnerável” (VU). Devido à tolerância a elevados níveis de salinidade o crescimento da espécie ocorre na faixa de dunas sujeita à ação de maré, deste modo as “ressacas” auxiliam na distribuição das Capotiraguás. E dentre as nativas ou naturalizadas, foram encontradas três espécies lenhosas: *Psidium cattleianum* Sabine, *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze e *Psidium guajava* L., localizadas especialmente na margem da rodovia e nas áreas mais alagadas da Praia das Cabras.

Figura 45 - Espécie *Blutaparon portilacoides* (A. St.-Hil.) Mears na Praia das Cabras e a metodologia do nivelamento ocorrendo no T1.



Fonte: Lisandro Becker (2015).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sazonalidade morfodinâmica é condicionada basicamente pela variabilidade no comportamento hidrodinâmico do sistema, pela ação eólica e principalmente pelas oscilações no clima de ondas, evidenciada pela predominância do perfil acrescional no verão e do erosional no inverno. Através desse estudo, foi diagnosticado um padrão rotativo e dinâmico do sedimento, contudo seu comportamento também pode variar de acordo com as características específicas, como identificar se existe ou não influência antrópica considerável.

O padrão sazonal não foi o mesmo para os dois setores estudados. De maneira geral, o comportamento apresentado pela praia urbanizada foi diferente daquele apresentado pela praia não urbanizada, contudo os padrões de vegetação e sangradouros mantiveram-se iguais, havendo ou não antropização. Demais características, como obstáculos na praia urbanizada, como a presença de quiosques, mostraram padrões totalmente diferentes. Levando em conta que um ano é pouco tempo para determinar padrões morfodinâmicos, e para certificar-se desse método, é necessário repetir as observações por um período mais longo. Logo, os resultados podem refletir o período amostral (registrando nas saídas de campo perfis que não eram representativos), ou pode ser reflexo de uma tendência natural própria destas praias. De

qualquer maneira não podemos descartar os prováveis efeitos do "El Niño" presentes neste ano de 2015.

Uma contribuição deste estudo foi a aplicação de duas geotecnologias recentes com a comparação e determinação dos prós e contras de cada uma. Ambas podem ser aplicadas como ferramenta em planos de conservação e preservação dos ecossistemas inseridos na região costeira. Uma forte tendência é que num futuro próximo os profissionais das áreas de topografia, geodésia e cartografia tenham cada vez menos contato com os locais a serem levantados. “À medida que a tecnologia de levantamentos em campo avança, cada vez menos é preciso que o profissional tenha contato direto com as áreas e objetos a serem mapeados. Até mesmo em trabalhos clássicos de topografia, como levantamentos planialimétricos, o uso de técnicas de medição à distância pode ser opção – ou um complemento – para os métodos tradicionais de topografia” (FREITAS, 2011). Os levantamentos a *laser* sejam eles aerotransportados ou terrestres, vêm evoluindo e avançando a mais de 03 (três) décadas. Com equipamentos capazes de medir facilmente mais de 10.000 pontos por segundo, com altíssima precisão, associados às grandes facilidades de processamento dos dados, tem um aumento na produtividade das atividades nunca imaginado nos levantamentos topográficos convencionais. “O baixo tempo para aquisição dos dados gera ganhos de produtividade, e, além disso, há a vantagem de não necessitar de alvos refletores e de luz. O número de pontos gerados em cada levantamento é da ordem de milhares por segundo, as distâncias podem chegar a mais de dois quilômetros, com precisão milimétrica” (FREITAS, 2011).

Porém, deve ser levado em consideração que não bastam apenas intervenções mecânicas, mas sim um trabalho de educação ambiental com a comunidade, pois é necessário que as pessoas, principalmente os moradores, tenham consciência para preservar o ambiente das dunas e da praia como um todo. A reconstrução desse habitat, caso haja, é de grande valia para a biodiversidade, pois muitas espécies, principalmente endêmicas que vivem nesse ambiente terão seu nicho ecológico preservado e para a comunidade que não terá mais problemas de retirada de areia de vias públicas e destruição de projeções urbanísticas na orla.

Em Cidreira, a área é constituída por uma faixa de cordão de dunas frontais não urbanizada, onde essa faixa arenosa, alongada segundo o vento NE, possui uma vegetação muito esparsa, dessa forma, permite que o vento transporte o sedimento e assegure o suprimento para o campo de dunas, e é um dos únicos locais do LNRS que ainda existe dunas preservados, por isso de importância extrema para a preservação deste ecossistema (TOMAZELLI *et al*, 2008).

A manutenção dos fatores relatados no estudo permitirá preservar para as futuras gerações uma parte representativa do ecossistema original desta região costeira, de inquestionável valor ecológico, cultural e paisagístico (TOMAZELLI *et al.*, 2008). Há a necessidade de um período maior de análises morfodinâmicas, tanto com dados de nivelamento geométrico, como a avaliação das geotecnologias abordadas no presente estudo para a obtenção de um acompanhamento mais detalhado, e fora do período do El Niño, para saber se há uma diferença meteorológica considerável, já que este ano corroborou neste aspecto temporal.

Apesar do curto período de avaliação, os resultados são muito valiosos por se tratar de um trabalho pioneiro na gestão costeira e marinha no LNRS. Ambas as geotecnologias acrescentaram elementos importantíssimos para complementar o trabalho e fomentar um conhecimento mais abrangente para a obtenção de um resultado mais detalhado dos dados adquiridos. Portanto, toda essa avaliação da influência antrópica proporcionou mais informações sobre a morfodinâmica dos dois setores praias escolhidos. Assim, esse estudo poderá auxiliar na prevenção de riscos proporcionando subsídios para equilibrá-los em vista de um melhor planejamento nos balneários permitindo uma interação eficaz entre a morfodinâmica das praias e a ocupação antrópica.

REFERÊNCIAS

- ALONÇO, A. dos S. et al. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para utilização em atividades inerentes à agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2005, Canoas. **Anais...** Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-ROM
- AGOSTINI *et al.* Avaliação da qualidade de água dos sangradouros do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil e a sua relação com a fauna bentônica de praias arenosas. **Revista Biociências**, Taubaté, v.19, n.2, p.10-17, 2013.
- ALVAREZ, J.A.; GRÊ, J.C.R.; TOLDO Jr., E. Estudos da praia a nordeste do molhe do Rio Grande - Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, Porto Alegre, v.14, p.131-147, 1981.
- BARBOZA, E.G.; ROSA, M.L. Indicadores geológicos e geomorfológicos de setores em erosão na costa do rio grande do sul. In: GOSO, C. (Comp.) **Nuevas miradas a la problemática de los ambientes costeros**. Montevideo: DIRAC, 2014. p. 83-98
- BARBOZA E.G *et al.* Preservation potential of foredunes in the stratigraphic record. **Journal of Coastal Research**, Fort Lauderdale, Fla., n. 65, Special Issues, p. 1265-1270. 2013.
- BIRD, E. C. F. **Beach management**. New York: Wiley, 1996.
- BIRKEMEIER, W.A. **A user's guide to CERC'S Field Research Facility**, USACE CERC Misc. Rept. No.81-7, Oct. 118pp. 1981
- BORBA, A. L. S. **Estudos sedimentológicos, morfodinâmicos e da vulnerabilidade das praias da Piedade, Candeias e Barra das Jangadas – Município do Jaboatão dos Guararapes-PE**. 149f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal do Pernambuco, Recife/Pernambuco, 1999.
- BORGES, F., MÜLLER, E., PORFIRO, G. **Vegetação das dunas costeiras de Tramandaí**. Porto Alegre: Ed. Essência do Saber, 2015.
- CALIARI, L.J. *et al.* Morfodinâmica praias: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, SP, v. 51, p. 63-78, 2003.
- CALLIARI, L.J.; KLEIN, A.H.F. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p.48-56, 1993.

CALLIARI, L.J.; PEREIRA da SILVA, R. Erosion processes associated to storm and washout along the South Brazilian coastline. **Journal of Coastal Research**, Fort Lauderdale, n. 26, p. 1-7, 1998.

COGO, N.P. *et al.* Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p.743-753, 2003.

DAVIS Jr., R.A. **The evolving coast**. New York: Scientific American Library, 1994. 231p.

DEAN, R.G.. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: CONFERENCE ON ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE, 1973, Sydney. **Proceedings**. Sydney, Institute of Engineers, 1973. p. 208-214.

DIEGUES, A.C.S. **Ecologia humana e planejamento em áreas costeiras**. 2. ed. São Paulo: Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas em Áreas Úmidas Brasileiras, USP, 2001. 225 p.

DILLENBURG, S. R. *et al.* Modificações de longo período da linha de costa das barreiras costeiras do Rio Grande do Sul. **Gravel**, Porto Alegre, n. 3, p. 9-14, nov. 2005.

DILLENBURG, S. R.; ESTEVES, L. S.; TOMAZELLI, L. J. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 76, n. 3, p. 611-623, 2004.

DILLENBURG, S. R. *et al.* Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by shoreface translation – barrier model (STM). **Journal of Coastal Research**, 16 (1): 71-81. 2000

ESTEVES, L. S. *et al.* Coastal Development and Human Impacts along the Rio Grande do Sul Beaches, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Fort Lauderdale, Fla., v. 35, p. 548-556, 2003.

FIGUEIREDO, S. A. **Distribuição Espaço-Temporal dos Sangradouros na Costa Gaúcha no Trecho São José do Norte – Farol de Mostardas**. 43f. Monografia (Graduação em Oceanologia) – Fundação da Universidade de Rio Grande, Rio Grande, 2002.

FIGUEIREDO, S.A.; CALLIARI, L. J. Sangradouros: distribuição espacial, variação sazonal, padrões morfológicos e implicações no gerenciamento costeiro. **Gravel**, Porto Alegre, n. 3, p. 47-57, 2005.

FIGUEIREDO, S.A.; CALLIARI, L. J. Sangradouros: distribuição espacial, variação sazonal, padrões morfológicos e implicações no gerenciamento costeiro. **Gravel**, Porto Alegre, n. 3, p. 47-57, 2005.

FIGUEIREDO, S.A.; CALLIARI, L. J. Washouts in the central and northern littoral of Rio Grande do Sul. State, Brazil: distribution and implication. **Journal of Coastal Research**, Itajaí, Special Issue 39, p. 366-370, 2006.

FIGUEIREDO, S. A.; COWELL, P. & SHORT, A. D. Intermittent backbeach discharge to the surfzone: modes and geomorphologic implications. **Journal of Coastal Research**, SI 50: 610-614. 2007

GUZA, R.T.; INMAN, D.L. Edge Waves and beach cusps. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 87, n. 21, p. 2997-3012. 1975.

GRUBER, N.L.S.; BARBOZA, E.G.; NICOLODI, J.L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. **Gravel**, Porto Alegre, n. 1, p. 81-89, 2003.

HASENACK, H.; FERRARO, L. M. W. Considerações sobre o clima da região de Tramandaí, RS. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 53-70, 1989.

HESP P.A, *et al.* Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí. **An. Acad. Bras. Ciênc.**, Rio de Janeiro, v.77, n. 3, p. 493-508, set., 2005.

HOEFEL, F.G. **Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas**: uma revisão bibliográfica. Itajaí: Editora da UNIVALI, 1998. 92 p.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle). Petermanns **Geogr. Mitt.**, v. 64, p. 193-203, p. 243-248. map 1 and map 2. 1918.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil**: elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Annablume, 2007.

NASCIMENTO JÚNIOR, J. O. do; SCHULER, C. A. B; CAVALCANTE, R. B. de S. Sistema laser scanner. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 3., 2006, Aracaju. **Anais**. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/artigos_pdf/069_t.pdf>. Acesso em: 10/11/2015.

MEDEIROS, F.A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 102p. 2008.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento remoto e metodologia de aplicação.** 2ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 307p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** IBGE, Rio de Janeiro, 1989

PEREIRA da SILVA, R. **Comportamento morfodinâmico dos sangradouros entre a Praia do Cassino e Chui, RS.** Monografia (Graduação de Oceanologia), Fundação da Universidade de Rio Grande, Rio Grande, 36p. 1995.

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

PIERRI, N. *et al.* A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 13, p. 137-167, jan./jun. 2006.

PORTZ, L. *et al.* Turismo e degradação na orla do Rio Grande do Sul: conflitos e gerenciamento. Resumo. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 22, p. 153-166, jul./dez. 2010.

PORTZ, L.C. **Contribuição para o 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, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SERPA, C. G., **Estudo da influência dos fatores climáticos, hidrológicos e morfológicos no ciclo morfodinâmico praias de um sangradouro intermitente, Praia do Cassino, Brasil.** 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil. 2008.

SERPA, C. G., **Morfodinâmica praias relacionadas à presença de corpos de água intermitente em duas praias da costa do Rio Grande do Sul, Brasil.** 2013. 131 f. Tese (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil. 2013.

SHORT, A. D. Three Dimensional Beach-Stage Model. **Journal of Geology**, Chicago, v. 87, p. 553-571, 1979.

SONU, C. J. Three-dimensional beach changes. **Journal of Geology**, Chicago, v.81, p.42-64. 1973.

SOUZA, C. R. de G. A erosão nas praias do estado de São Paulo: causas, conseqüências, indicadores de monitoramento e risco. In: BONONI, V. L .R.; SANTOS JUNIOR, N. A. (Org.). **Memórias do conselho científico da Secretaria do Meio Ambiente**: a síntese de um ano de conhecimento acumulado. São Paulo: Instituto de Botânica – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009. p. 48 – 69.

STROHAECKER, T. M. *et al.* Caracterização do uso e ocupação do solo dos municípios do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba. n. 13, p. 75-98, jan./jun. 2006.

STROHAECKER. **A urbanização no Litoral Norte do Rio Grande do Sul**: contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa. 398 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

TABAJARA, L. L. *et al.* Vulnerabilidade e Classificação das dunas da praia de Capão da Canoa, Litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Gravel**, Porto Alegre, n.3, p. 71-84, 2005.

TOLDO Jr.,E.E. *et al.* Parâmetros morfodinâmicos da praia de Imbé, RS. **Pesquisas**, Porto Alegre, v.20, n. 1, p. 27-32, 1993

TOLDO Jr., E.E. *et al.* Retrat of the Rio Grande do Sul Coastal Zone, Brasil. In: MARTINS L. R.; SANTANA C.I. (Ed.). **Non living resources of the southern brasilian coastal zone and continental margin**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1999.

TOMAZELLI, L.J. *et al.* Geomorfologia e potencial de pre-servação dos campos de dunas transgressivos de Cidreira e Itapeva, litoral norte do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 35, p. 47-55, 2008.

TOMAZELLI, L.J., VILLWOCK, J.A. O Cenozoico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ, M.; DE ROS, L.F. (Ed). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, 2000. p. 375-406.

TOMAZELLI, L.J., VILLWOCK, J.A. Mapeamento geológico de planícies costeiras: o exemplo da costa do Rio Grande do Sul. **Gravel**, Porto Alegre, v. 3, p. 109 -116. 2005.

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R.; VILLWOCK, J. A. Geological evolution of Rio Grande do Sul Coastal Plain, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, Fort Lauderdale-Fla., v. SI 39, p. 275-278, 2006.

TOZZI, H.A.M, **Morfodinâmica da Praia do Cassino, Rio Grande, RS**. Monografia (Graduação em Oceanologia) - Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 1995.

VILLWOCK, J.A. Processos costeiros e a formação das praias arenosas e campos de dunas ao longo da costa sul e sudeste brasileira. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1987, Cananéia. **Síntese dos Conhecimentos**. Publicação ACIESP, v. 54, n.1, p. 380-398, 1987.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. Considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 3-12, 1992.

WEHR, A.; LOHR, U. Airborne laser scanning – an introduction and overview. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, NL, v. 54, n. 2/5, p. 68-82, 1999.

WESCHENFELDER;J. Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Notas Técnicas**, Porto Alegre, n. 10, p. 35-48, 1997.

WRIGHT,L.D. Beach Cut in relation to surf zone morphodynamics. In: INTERNATIONAL COASTAL ENGINEERING CONFERENCE, 17., 1980, Sydney, Australia. **Proceedings...** Sydney: ASCE, 1980. p. 978-996.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis**. marine geology, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 56, p.93-118, 1984.

APÊNDICE A – Tabela de compilação de dados da praia urbanizada (Nova Tramandaí).

Nova Tramandaí (T__)

Altura do marco: _____

Equipe: _____

Hora de início: __:__

Altura do Aparelho: _____

DATA: ____/____/2015

Hora de término: __:__

	RÉ	VANTE	Fio Inf.	Fio Médio	Fio Sup.	Observações
1			XXXXXX		XXXXXX	Altura do aparelho
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						

Observações:

APÊNDICE B – Tabela de compilação de dados da praia não urbanizada (Praia das Cabras)

Nova Tramandaí (T__)

Altura do marco: _____

Equipe: _____

Hora de início: __:__

Altura do Aparelho: _____

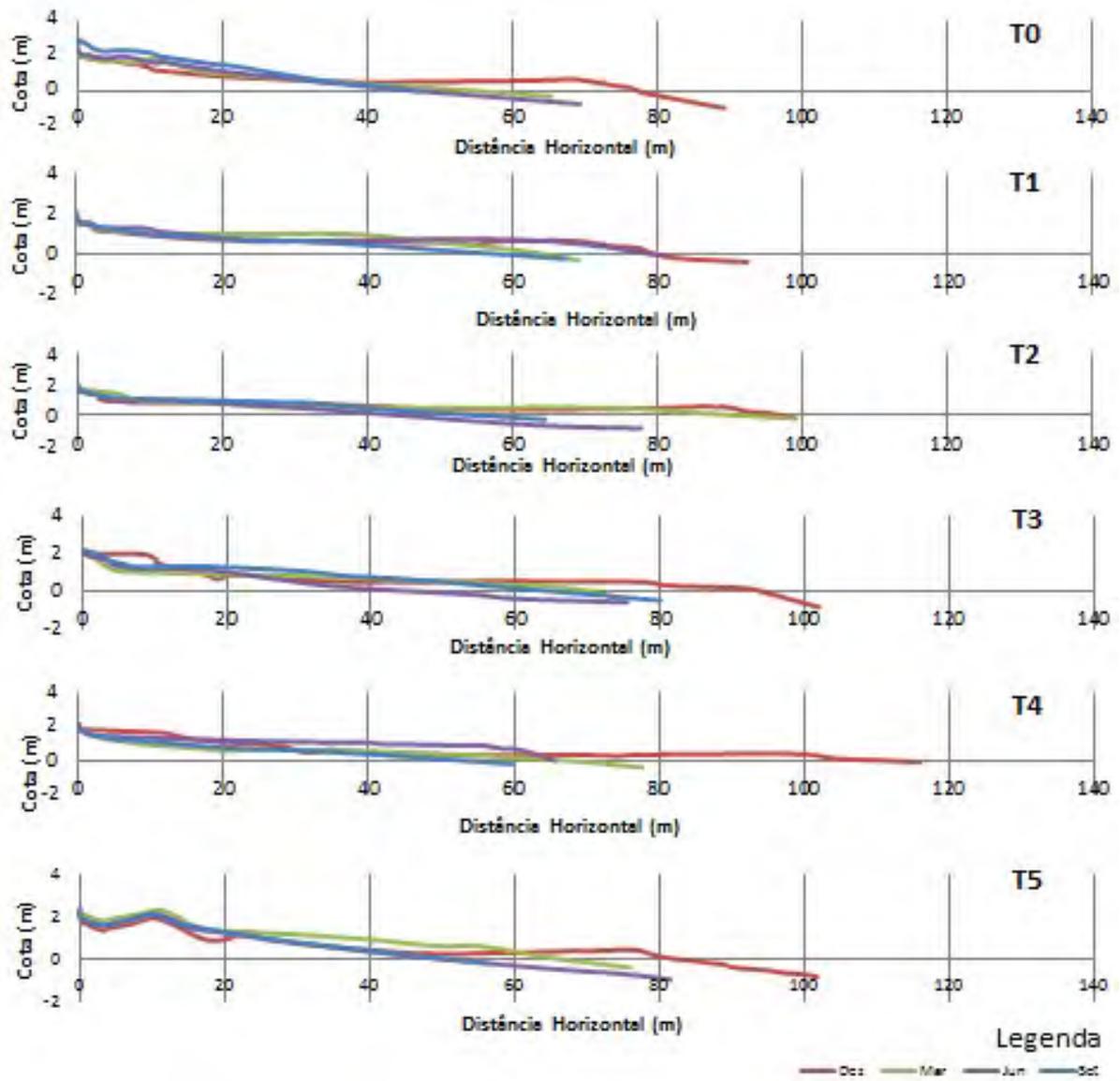
DATA: ____/____/2015

Hora de término: __:__

	RÉ	VANTE	Fio Inf.	Fio Médio	Fio Sup.	Observações
1						EM CIMA DO MARCO DE MADEIRA
2						EMBAIXO DO MARCO DE MADEIRA
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						

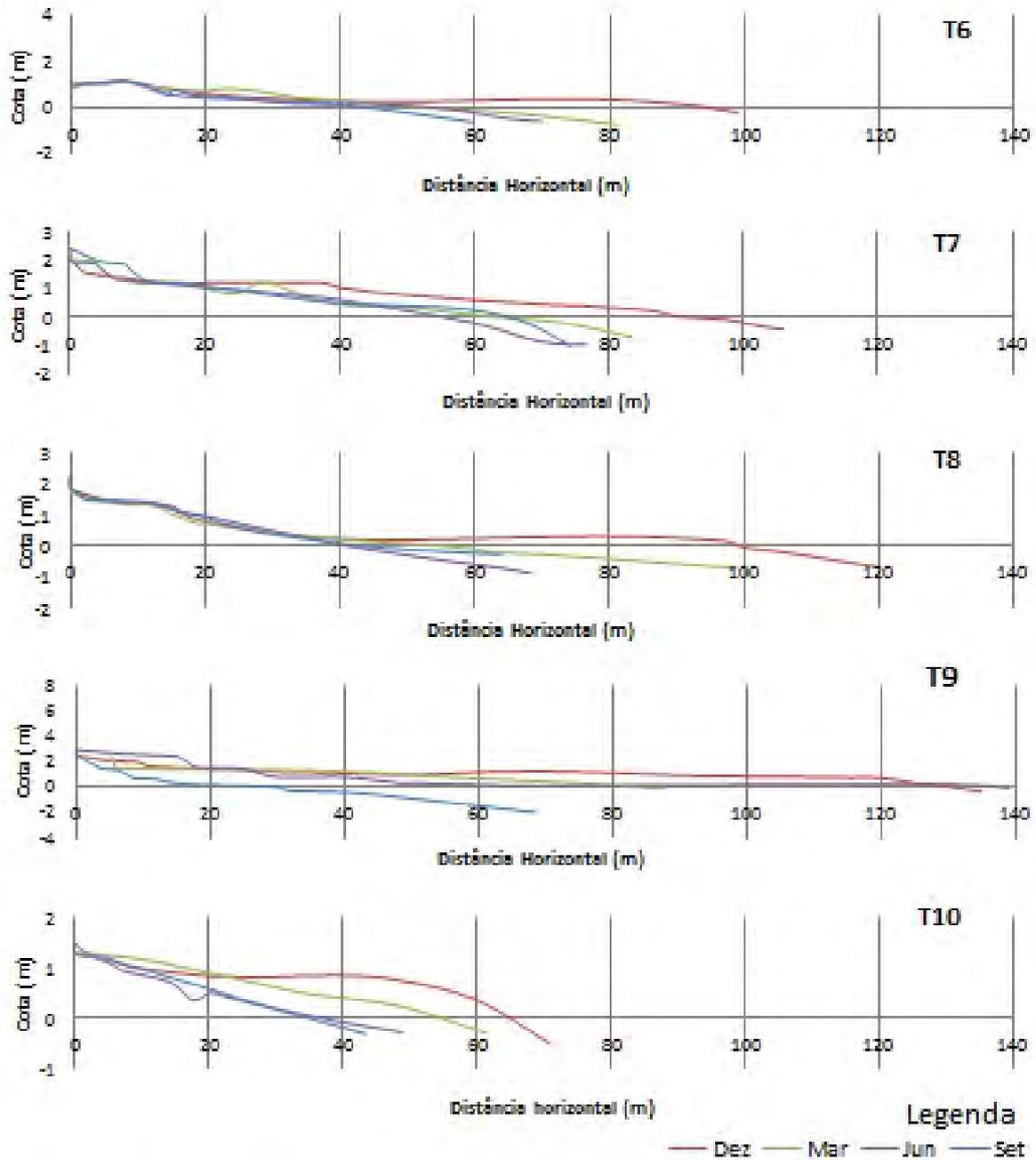
Observações:

APÊNDICE C - Mosaico dos primeiros seis perfis praias (T0 ao T5) da Praia Urbanizada, Nova Tramandaí.



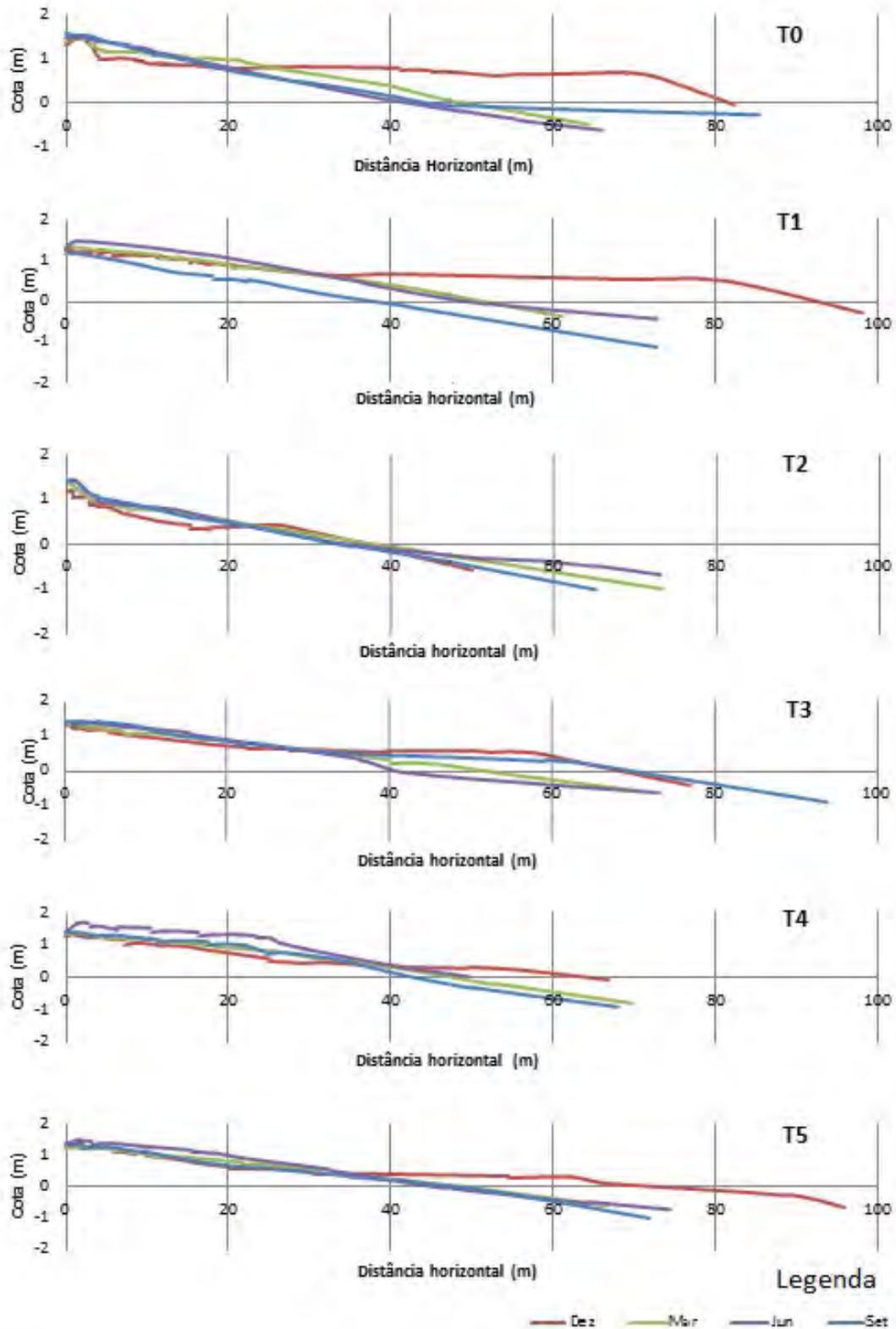
Fonte: Autora (2015).

APÊNDICE D - Mosaico dos últimos cinco perfis praias (T6 ao T10) da Praia Urbanizada, Nova Tramandaí.

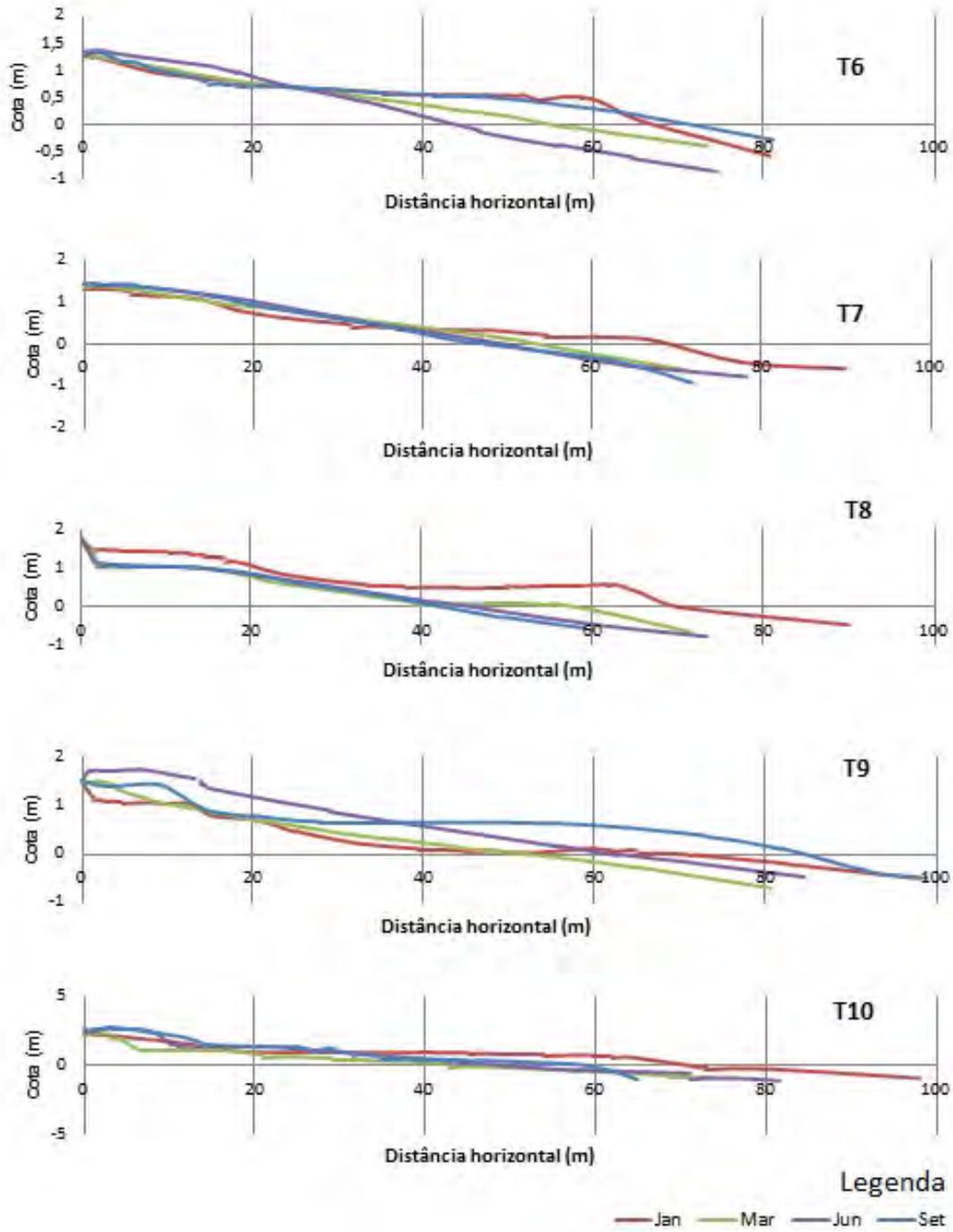


Fonte: Autora (2015).

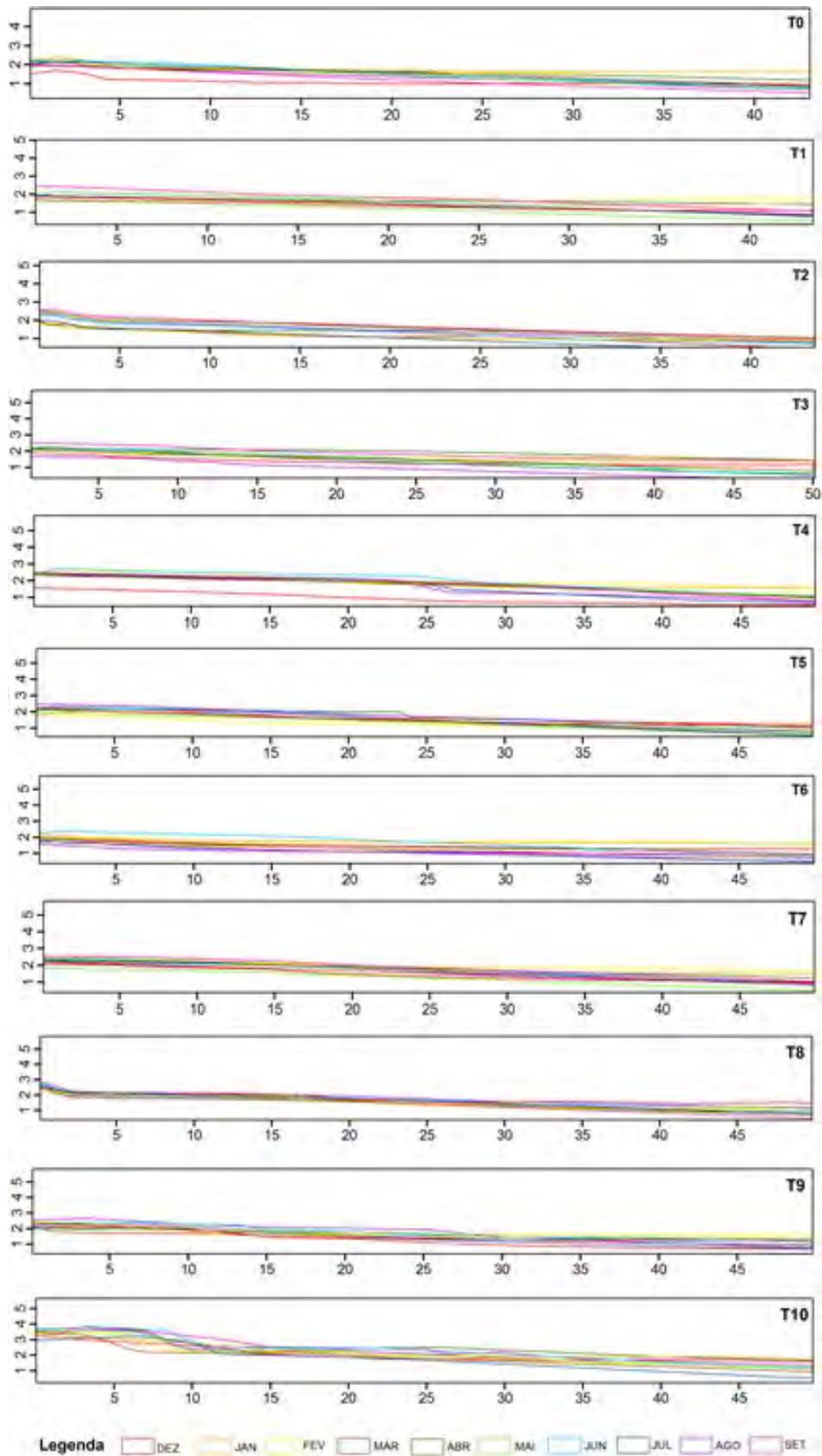
APÊNDICE E - Mosaico dos primeiros seis perfis praias (T0 ao T5) da praia não urbanizada, Praia das Cabras.



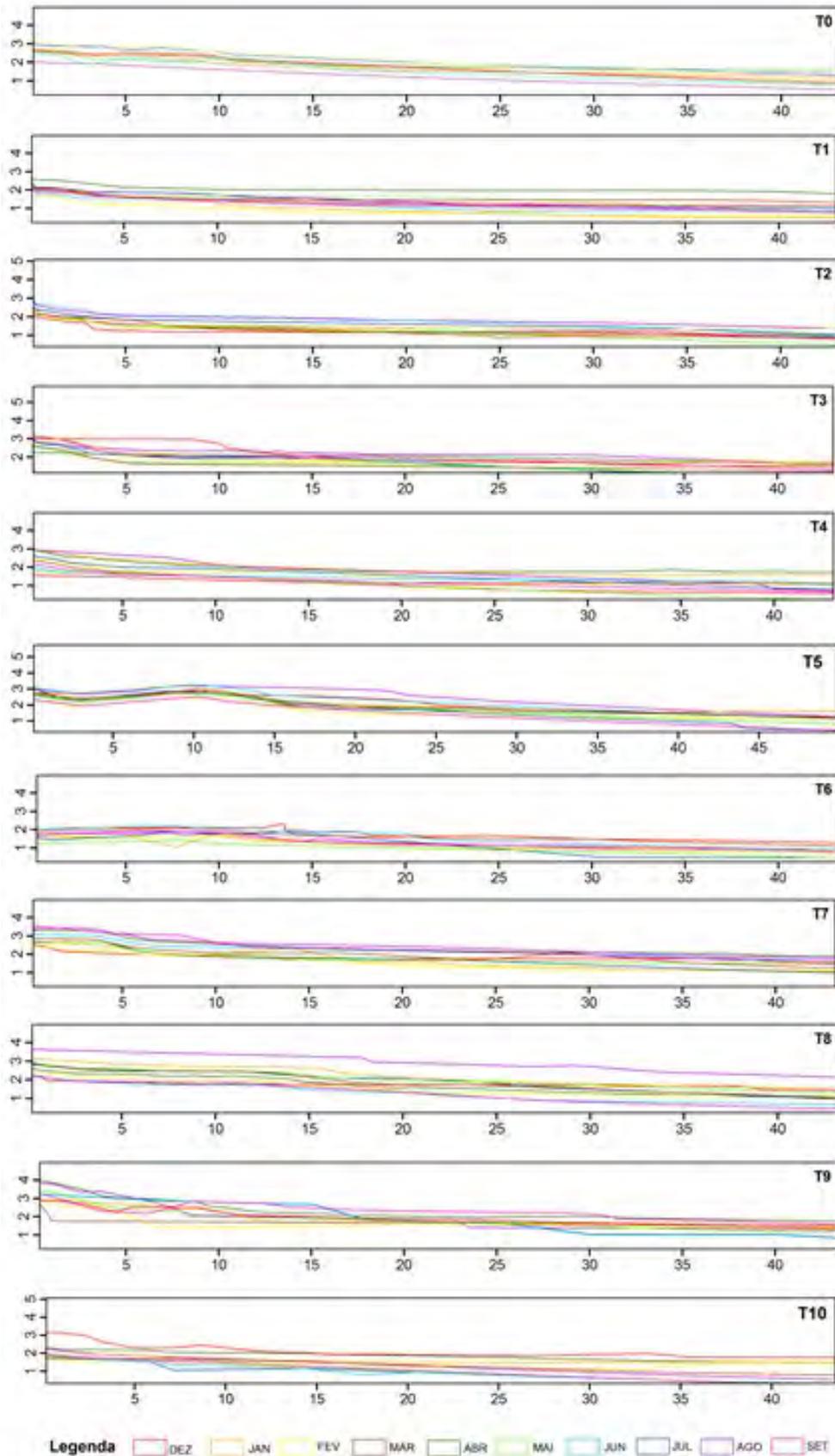
APÊNDICE F - Mosaico dos últimos cinco perfis praias (T6 ao T10) da praia não urbanizada, Praia das Cabras.



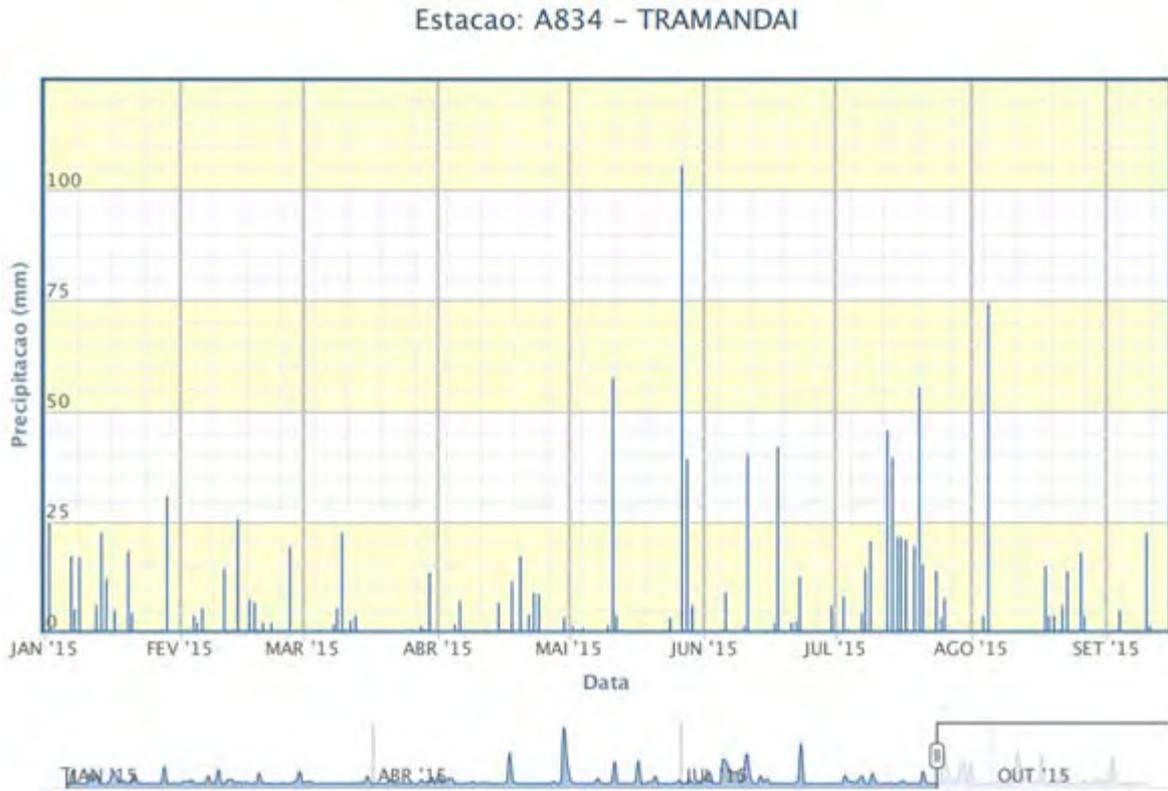
APÊNDICE G – Gráficos do comportamento mensal da Praia não urbanizada (Praia das Cabras).



APÊNDICE H – Gráficos do comportamento mensal da Praia urbanizada (Nova Tramandaí).



ANEXO A - Variação da precipitação pluvial de janeiro a setembro de 2015 de acordo com a estação A834 de Tramandaí, RS.



Fonte: INMET (2015)