



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

Gabriel de Oliveira Gomes

**IMPACTOS DA OCUPAÇÃO DAS DUNAS NO COMPORTAMENTO  
MORFOSEDIMENTAR DO ARCO PRAIAL JOAQUINA - MORRO DAS  
PEDRAS, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL**

Florianópolis  
2020

Gabriel de Oliveira Gomes

**IMPACTOS DA OCUPAÇÃO DAS DUNAS NO COMPORTAMENTO  
MORFOSEDIMENTAR DO ARCO PRAIAL JOAQUINA - MORRO  
DAS PEDRAS, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL**

Dissertação submetido(a) ao Programa de Pós-  
graduação em Oceanografia da Universidade Federal  
de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre  
em Oceanografia,  
Orientador: Prof. Dr. Norberto Olmiro Horn Filho

Florianópolis  
2020

Ficha de identificação da obra:

de Oliveira Gomes, Gabriel  
IMPACTOS DA OCUPAÇÃO DAS DUNAS NO COMPORTAMENTO  
MORFOSEDIMENTAR DO ARCO PRAIAL JOAQUINA - MORRO DAS  
PEDRAS, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL / Gabriel de  
Oliveira Gomes ; orientador, Norberto Olmiro Horn Filho,  
2020.

221 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas,  
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Florianópolis,  
2020.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Balanço sedimentar. 3. Erosão. 4.  
Urbanização. 5. Análise morfossedimentar. I. Olmiro Horn  
Filho, Norberto . II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. III.  
Título.

Gabriel de Oliveira Gomes

**IMPACTOS DA OCUPAÇÃO DAS DUNAS NO COMPORTAMENTO  
MORFOSEDIMENTAR DO ARCO PRAIAL JOAQUINA - MORRO  
DAS PEDRAS, ILHA DE SANTA CATARINA, SC, BRASIL**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Janete Josina Abreu de Castilhos  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Carolina Villaça Gomes  
Universidade Estadual de Santa Catarina

Prof. Dr. Pedro de Souza Pereira  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Oceanografia, na linha de pesquisa “Dinâmica e Gestão de Sistemas Costeiros (DGSC)”

---

Prof. Dr. Paulo Roberto Pagliosa Alves  
Coordenador do Programa

---

Prof. Dr. Norberto Olmiro Horn Filho  
Orientador

Florianópolis, 30 de setembro de 2020

Este trabalho é dedicado à minha amada Bruna, falecida Mãe (companheira de campo) e aos meus queridos pais.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Catarina, ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia e ao Departamento de Geologia por fornecerem a infraestrutura necessária e o apoio para a realização deste trabalho.

Agradeço a paciência e a colaboração do meu orientador, Norberto Olmiro Horn Filho, vulgo Norbs, por todas as suas críticas, sugestões e correções, além é claro, do respeito e da amizade.

Aos professores do mestrado, que de maneira direta contribuíram para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

A todos os meus colegas, que de maneira mais ou menos direta participaram da construção desta pesquisa, Flávia dos Santos Pereira, Michael Broggio, Júlio César Medeiros, Danilo Couto de Souza e Cibele Lima.

A CAPES, órgão fomentador da bolsa de estudos que financiou parte da pesquisa e ao SCI-HUB.

A minha mãe por todo o incentivo e força, ao meu pai por todo o suporte e confiança.

Por fim, a Bruna Moresco, companheira de vida, que me deu luz, força, incentivo, revisão de texto e ajuda durante 11 campanhas de campo (que não foram fáceis), sem você teria sido impossível.

## RESUMO

O arco praial Joaquina - Morro das Pedras apresenta ao longo de sua extensão de 11km, distintos modos de ocupação de sua zona de dunas, um setor Norte (praia do Rio Tavares) no qual as dunas são mantidas, assegurando sua funcionalidade de proteção (zona tampão) aos eventos oceanográficos e um setor Sul (praia do Campeche) com elevado adensamento populacional, impedindo as dunas de exercerem seu papel de proteção frente aos agentes climato-oceanográficos e assim, dificultando o abastecimento de sedimentos para a célula litorânea. O setor Norte se enquadrou junto a classificação morfodinâmica desenvolvida pela Escola Australiana de Geomorfologia Costeira como praia intermediária com terraço de baixa-mar, enquanto que o setor Sul se comportou de maneira refletiva, distinção explicada especialmente em função das diferentes classes granulométricas encontradas, estando a praia do Rio Tavares associada à uma granulometria arenosa mais fina em detrimento da região monitorada do Campeche, com granulometria arenosa mais grossa, consequência da gradação lateral observada. Principal agente modelador das feições arenosas costeiras, as ondas, atingiram a costa Leste da ilha de Santa Catarina ao longo do período monitorado (agosto de 2018 a dezembro de 2019) majoritariamente provenientes de leste (33,5%), sudeste (21,5%) e leste-sudeste (11,9%), culminando em uma mobilidade sedimentar total para o setor Norte (P1, P2 e P3) de 293,83m<sup>3</sup>/m, resultando ao final do período um acréscimo volumétrico de 43,8m<sup>3</sup>/m, enquanto para o setor Sul (P4, P5 e P6), o balanço final foi de 248,5m<sup>3</sup>/m, indicando um déficit sedimentar de -40,1m<sup>3</sup>/m. O verão se classificou como a principal estação deposicional e o inverno como a de maior poder erosivo. A partir da análise da posição da linha de costa pretérita ao período de ocupação da região das dunas do Campeche (1938 - 1978) por meio do DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*), foi possível identificar as características originais do comportamento sedimentar da região de interesse. Os dados indicam que para este período, ambos os setores tendiam à progradação de sua linha de costa, sob taxas de até 3,46m/ano. A mesma análise foi realizada para o período pós ocupação (1994 - 2016), sendo possível notar os impactos gerados pela ocupação do setor Sul, agora, ambos os setores apresentam características mais significativas de estabilidade e retração, especialmente no setor urbanizado, sob taxas que podem alcançar -1,60m/ano.

**Palavras-chave:** Erosão. Balanço sedimentar. Caracterização morfossedimentar. Urbanização.

## ABSTRACT

The Joaquina Morro das Pedras beach arch shows along its 11km, distinct types of occupation in its dune zone, the North sector (Rio Tavares beach) kept their dunes, allowing it to work as a buffer zone due to climate-oceanographic events, the South sector (Campeche beach) though, shows a highly occupation in their eolic fields, preventing the dunes to exert their role as a buffer zone along the oceanographic events, hindering their sediment supply to the littoral cell. The North sector fits along the morphodynamical classification developed by the Australian School of Coastal Geomorphology as an intermediate beach, with low tide terrace, as the South sector behave as a reflective beach, distinction explained especially due the difference found in grain size along the arch, been the Rio Tavares beach related to a finer sandy sediment parallel to the monitored Campeche beach, with a coarser sandy sediment, consequence of the observed lateral grading. Main agent to transform sandy shores, the waves, reached the East coast of the Santa Catarina island during the survey period (August 2018 to December 2019) mainly from east (33,5%), southeast (21,5%) and east-southeast (11,9%), culminating in a total sediment mobility for the North sector (P1, P2 and P3) of 293,83m<sup>3</sup>/m, increasing the total volume in 43,8m<sup>3</sup>/m while the South sector (P4, P5 and P6), showed a final mobility of 248,5m<sup>3</sup>/m, generating a sediment deficit of -40,m<sup>3</sup>/m. The summer could be characterized as the main depositional season and winter with the biggest erosive power. The DSAS (Digital Shoreline Analysis System) was used to identify the coastline position before the occupation period associated to the Campeche dunes (1938-1978), allowing the identification of the original characteristic of the sediments behavior in the region of interest. The data shows that for this period, both sectors tended to a progradation of its coastlines, reaching rates of 3,46m/year. The same analysis was held to the period understood as post occupation (1994 - 2016), allowing to understand the impacts generated to the arch after the South sector dune zone urbanization, now, both sectors shows more significative characteristic of stabilization and retrogradation, specially at the urbanized sector, with rates that can reach up to 1,60m/year.

**Keywords:** Erosion. Sediment budget. Morphosedimentary characterization. Urbanization.



## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1.</b> Perfil praial de equilíbrio.....	50
<b>Equação 2.</b> Cálculo para encontrar o padrão adimensional ômega (WRIGHT & SHORT, 1984). .....	52
<b>Equação 3.</b> Cálculo da velocidade de decantação das partículas. ....	52
<b>Equação 4.</b> Cálculo do parâmetro ômega com a velocidade de sedimentação corrigida. (BABA & KOMAR, 1981).....	53

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Terminologia dos constituintes das zonas hidrodinâmica e morfológica litorânea. Fonte: adaptado de Hoefel (1998). .....	9
<b>Figura 2.</b> Tipos de quebra de onda. Fonte: adaptado de Galvin (1968). .....	11
<b>Figura 3.</b> Célula de circulação costeira. Fonte: adaptado de Muehe (1995). .....	13
<b>Figura 4.</b> Características dos estados praias para condições de ondas construtivas (lado esquerdo) e destrutivas (lado direito). b) Banco e calha longitudinal, c) Banco e praias de cúspide, d) Banco transversal, e) Terraço de baixa mar. Fonte: adaptado de Wright & Short (1984). .....	16
<b>Figura 5.</b> Processo de deposição sedimentar entre dunas e oceano (Fonte: autor).....	18
<b>Figura 6.</b> Funcionamento da proteção natural exercida pelas dunas, frente à eventos de elevada altura de onda (Fonte: autor). .....	20
<b>Figura 7.</b> Processos erosivos acentuados em função da reflexão de onda em virtude de estruturas verticais (Fonte: autor). .....	22
<b>Figura 8.</b> Mapa de localização geográfica dos setores Norte e Sul da área de estudo, correspondendo à praia do Rio Tavares e praia do Campeche, respectivamente.....	27
<b>Figura 9.</b> Centros climáticos de divergência atmosférica (Adaptado de BRITTO et al., 2006). .....	29
<b>Figura 10.</b> Mapa geológico do arco praias Joaquina - Morro das Pedras. Retirado de Horn Filho & Livi (2013).....	32
<b>Figura 11.</b> Mapa de zoneamento do distrito do Campeche - Rio Tavares. Fonte: IPUF - Florianópolis 2014.....	36
<b>Figura 12.</b> Erosão costeira na praia do Campeche. A foto superior demonstra o processo de escavação para fixação das bases das estruturas de contenção (seawall) à erosão costeira, a fim de evitar novas perdas materiais como observadas na foto inferior. Fotos do autor (topo: junho de 2019 e base: outubro de 2018). .....	38
<b>Figura 13.</b> Fluxograma das etapas metodológicas da presente pesquisa.....	39
<b>Figura 14.</b> Localização geográfica da área de estudo, com indicação dos marcos topográficos 1, 2 e 3 para a praia do Rio Tavares e 4, 5 e 6 para a praia do Campeche, onde foram realizados o P1, P2, P3, P4, P5 e P6. (Imagem Google Earth - 2019).....	41
<b>Figura 15.</b> Comparação da urbanização na região das dunas frontais, na praia do Rio Tavares (imagem superior) e na praia do Campeche (imagem inferior). Também é possível identificar a	

localização dos marcos topográficos 1, 2 e 3 referentes ao setor Norte e 4, 5 e 6 no setor Sul (Imagem Google Earth - 2020).....	43
<b>Figura 16.</b> Malhas gerais com aberturas de 60, 90, 120 (conjuntamente com sua aninhada) e 150°. Fonte: o autor, no SMC - Brasil.....	48
<b>Figura 17.</b> Batimetria inserida manualmente no programa SMC - Brasill para o trecho Norte e Sul do arco praial Joaquina-Morro das Pedras, com isóbatas de 2, 4, 6, 8 e 10m, encontradas a partir do Perfil Praial de Equilíbrio de Dean (1977). ....	49
<b>Figura 18.</b> Mosaico do arco praial Joaquina – Morro das Pedras, georreferenciado por meio do software Q-GIS para o ano de 1938. ....	55
<b>Figura 19.</b> Percentual de frequência das principais direções de incidência das ondas entre as 12 campanhas de campo. Legenda: NE (Nordeste); ENE (Leste-Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); SSE (Sul-Sudeste); S (Sul).....	70
<b>Figura 20.</b> Percentual de frequência dos principais intervalos de altura das ondas entre as 12 campanhas de campo. ....	71
<b>Figura 21.</b> Distribuição sazonal da incidência de ondas. Legenda: NE (Nordeste); ENE (Leste-Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); SSE (Sul-Sudeste); S (Sul). ....	72
<b>Figura 22.</b> Distribuição sazonal das classes de altura de ondas. ....	72
<b>Figura 23.</b> Ondulações provenientes de leste (esquerda), leste-sudeste (central) e sul-sudeste (direita) atingindo o arco praial Joaquina-Morro das Pedras. Fonte: o autor, elaborado no software SMC-Brasil. ....	73
<b>Figura 24.</b> Distribuição da altura das ondas (m) incidentes no arco praial Joaquina-Morro das Pedras no período considerado da pesquisa. ....	75
<b>Figura 25.</b> Vista para sul do P1 na praia do Rio Tavares, setor Norte da área de estudo (Fonte: o autor, outubro de 2019). ....	79
<b>Figura 26.</b> Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P1. ....	81
<b>Figura 27.</b> Levantamentos topográficos realizados no P1 ....	82
<b>Figura 28.</b> Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P1.....	82
<b>Figura 29.</b> Visão para norte do Pico da Cruz e do P2 na praia do Rio Tavares, setor Norte da área de estudo (Fonte: o autor, setembro de 2019).....	83
<b>Figura 30.</b> Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P2. ....	84
<b>Figura 31.</b> Levantamentos topográficos realizados no P2.....	86
<b>Figura 32.</b> Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P2.....	86
<b>Figura 33.</b> Vista para leste do P3 na praia do Rio Tavares, setor Norte da área de estudo (Fonte: o autor, setembro de 2018). ....	87

<b>Figura 34.</b> Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P3. ....	88
<b>Figura 35.</b> Levantamentos topográficos realizados no P3.....	90
<b>Figura 36.</b> Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P3.....	90
<b>Figura 37.</b> Vista para oeste do P4 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo (Fonte: o autor, setembro de 2018). ....	91
<b>Figura 38.</b> Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P4. ....	93
<b>Figura 39.</b> Levantamentos topográficos realizados no P4.....	94
<b>Figura 40.</b> Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P4.....	94
<b>Figura 41.</b> Vista para sul do P5 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo (Fonte: Bruna Moresco, outubro de 2018).....	95
<b>Figura 42.</b> Vista para norte do P5 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo, demonstrando o início do processo de escarpamento devido à erosão costeira (Fonte: o autor, novembro de 2018).....	96
<b>Figura 43.</b> Vista para sul do P5 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo, observando-se a escarpa de 2m (Fonte: o autor, dezembro de 2018).....	97
<b>Figura 44.</b> Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P5 entre as campanhas 1 e 3. ....	98
<b>Figura 45.</b> Levantamentos topográficos realizados no P5 entre as campanhas 1 e 3.....	99
<b>Figura 46.</b> Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P5 entre as campanhas 1 e 3...99	
<b>Figura 47.</b> Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P5 entre as campanhas 5 e 12. ....	100
<b>Figura 48.</b> Levantamentos topográficos realizados no P5 entre as campanhas 5 e 12.....	102
<b>Figura 49.</b> Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P5 entre as campanhas 6 e 9. 102	
<b>Figura 50.</b> Vista para nordeste do P6 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo, ilha do Campeche ao fundo. (Fonte: Bruna Moresco, outubro de 2018). ....	103
<b>Figura 51.</b> Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P6. ....	105
<b>Figura 52.</b> Vista para sudoeste do P6 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo (Fonte: Bruna Moresco, dezembro de 2019).....	105
<b>Figura 53.</b> Levantamentos topográficos realizados no P6.....	107
<b>Figura 54.</b> Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P6.....	107
<b>Figura 55.</b> Mobilização total de sedimento (m <sup>3</sup> /m) durante as estações ao longo das 12 campanhas de campo. ....	112
<b>Figura 56.</b> Comportamento sazonal do volume (m <sup>3</sup> /m) entre as 12 campanhas para os seis perfis. ....	113

<b>Figura 57.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P1, com valores em $\Phi$ . .....	116
<b>Figura 58.</b> Histograma de frequência simples da amostra 10b do setor morfológico do pós-praia coletada na campanha 10, que representa a maioria das amostras unimodais do P1. ...	116
<b>Figura 59.</b> Histograma de frequência simples da amostra 11a do setor morfológico do limite superior do pós-praia coletada na campanha 11, que representa a única amostra bimodal do P1. ....	117
<b>Figura 60.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P1, com valores da média em $\Phi$ .....	118
<b>Figura 61.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P1, com valores da média em $\Phi$ . ....	118
<b>Figura 62.</b> Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P1.....	119
<b>Figura 63.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P2, com valores em $\Phi$ . ....	121
<b>Figura 64.</b> Histograma de frequência simples de uma amostra unimodal do limite superior do pós-praia, que corresponde à amostra 8a da campanha 8. Esta amostra representa a maioria das amostras do P2.....	122
<b>Figura 65.</b> Histograma de frequência simples indicando a única amostra bimodal encontrada para o P2, que corresponde à amostra 2b do setor morfológico do pós-praia coletada durante a campanha 11. ....	122
<b>Figura 66.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P2, com valores da média em $\Phi$ . ....	123
<b>Figura 67.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P2, com valores da média em $\Phi$ . ....	124
<b>Figura 68.</b> Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P2.....	124
<b>Figura 69.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P3, com valores em $\Phi$ . ....	127
<b>Figura 70.</b> Histograma de frequência simples da amostra unimodal 8a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 8, que representa a maioria das amostras do P3.	127
<b>Figura 71.</b> Histograma de frequência simples da amostra polimodal 11a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 11, que representa a única amostra polimodal do P3. ....	128
<b>Figura 72 .</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P3, com valores da média em $\Phi$ . ....	128

<b>Figura 73.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P3, com valores da média em $\Phi$ .	129
<b>Figura 74.</b> Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P3.	130
<b>Figura 75.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P4, com valores em $\Phi$ .	132
<b>Figura 76.</b> Histograma de frequência simples da amostra unimodal 10a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 10, que representa a maioria das amostras do P4.	133
<b>Figura 77.</b> Histograma de frequência simples da amostra bimodal 11b do P4, do setor morfológico do pós-praia, campanha 11, com modas de 1,5 e 2,5 $\Phi$ .	133
<b>Figura 78.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P4, com valores da média em $\Phi$ .	134
<b>Figura 79.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P4, com valores da média em $\Phi$ .	135
<b>Figura 80.</b> Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P4.	136
<b>Figura 81.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P5, com valores em $\Phi$ .	138
<b>Figura 82.</b> Histograma de frequência simples da amostra 1a do P5, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 1, típica amostra unimodal na moda 2 $\Phi$ .	139
<b>Figura 83.</b> Histograma de frequência simples da amostra 3c do P5, setor morfológico da face praial, campanha 3, típica amostra polimodal.	139
<b>Figura 84.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P5, com valores da média em $\Phi$ .	140
<b>Figura 85.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P5, com valores da média em $\Phi$ .	141
<b>Figura 86.</b> Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P5.	141
<b>Figura 87.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P6, com valores em $\Phi$ .	144
<b>Figura 88.</b> Histograma de frequência simples da amostra unimodal 6a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 6, que representa a maioria das amostras do P6 na moda 2 $\Phi$ .	145
<b>Figura 89.</b> Histograma de frequência simples de uma amostra bimodal 1a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 1, que representa as amostras polimodais encontradas para o P6.	145

<b>Figura 90.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P6, com valores da média em $\Phi$ .	146
<b>Figura 91.</b> Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P6, com valores da média em $\Phi$ .	146
<b>Figura 92.</b> Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P6.	147
<b>Figura 93.</b> Média e medianas das amostras do limite superior do pós-praia para os perfis P1, P2 e P3, valores em $\Phi$ .	149
<b>Figura 94.</b> Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P1, P2 e P3 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico do limite superior do pós-praia.	152
<b>Figura 95.</b> Média e medianas das amostras do pós-praia para os perfis P1, P2 e P3, valores em $\Phi$ .	153
<b>Figura 96.</b> Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P1, P2 e P3 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico do pós-praia.	157
<b>Figura 97.</b> Média e medianas das amostras da face praial para os perfis P1, P2 e P3, valores em $\Phi$ .	158
<b>Figura 98.</b> Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P1, P2 e P3 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico da face praial.	161
<b>Figura 99.</b> Médias e medianas em $\Phi$ das amostras do limite superior do pós-praia para os perfis P4, P5 e P6.	162
<b>Figura 100.</b> Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P4, P5 e P6 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico do limite superior do pós-praia.	165
<b>Figura 101.</b> Médias e medianas das amostras do pós-praia para os perfis P4, P5 e P6. Valores em $\Phi$ .	166
<b>Figura 102.</b> Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P4, P5 e P6 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico	

superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico do pós-praia. ....	169
<b>Figura 103.</b> Médias e medianas das amostras da face praial para os perfis 4,5 e 6. Valores em $\Phi$ .....	170
<b>Figura 104.</b> Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P4, P5 e P6 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico da face praial. ....	173
<b>Figura 105.</b> Gráficos que mostram a distribuição granulométrica por setor geográfico (Norte e Sul) e por setor morfológico (limite superior do pós-praia, pós-praia e face praial). No gráfico superior à esquerda, a distribuição das classes de areia no setor Norte, à direita no setor Sul. No gráfico inferior à esquerda, a distribuição do grau de seleção no setor Norte, à direita no setor Sul.....	175
<b>Figura 106.</b> Gráfico que mostra a distribuição da média ( $Mz$ ) (em $\Phi$ ) dos seis perfis relacionado aos setores morfológicos do limite superior do pós-praia (LSPP), pós-praia e face praial....	176
<b>Figura 107.</b> Imagem de 1978 que mostra a tendência pretérita do comportamento da variação da linha de costa do setor Norte, a partir da análise do LMS, valores em m/ano.....	180
<b>Figura 108.</b> Imagem de 2016 que mostra a tendência atual do comportamento da variação da linha de costa do setor Norte, a partir da análise do LMS, valores em m/ano. ....	181
<b>Figura 109.</b> Imagem de 1978 que mostra a tendência pretérita do comportamento da variação da linha de costa do setor Sul, a partir da análise do LMS, valores em m/ano. ....	182
<b>Figura 110.</b> Imagem de 2016 que mostra a tendência atual do comportamento da variação da linha de costa do setor Sul, a partir da análise do LMS, valores em m/ano. ....	183
<b>Figura 111.</b> Comparação da tendência do comportamento da linha de costa entre o passado e o presente, tendo como imagem de fundo para ambos os setores a foto aérea de 1978. Valores da taxa LMS lidos em m/ano.....	185



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Relação de equilíbrio entre estado da praia durante um período amostral e seu valor médio de $\omega$ .....	14
<b>Tabela 2.</b> Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) dos perfis selecionados (latITUDE Sul, longitude Oeste). .....	41
<b>Tabela 3.</b> Parâmetros utilizados para cálculo do Perfil PraiaL de Equilíbrio (DEAN, 1977). .	50
<b>Tabela 4.</b> Batimetria encontrada em base ao Perfil PraiaL de Equilíbrio. ....	51
<b>Tabela 5.</b> Fotografias aéreas disponíveis para a área de estudo do projeto. ....	54
<b>Tabela 6.</b> Mês, ano e estação das 12 campanhas realizadas. ....	64
<b>Tabela 7.</b> Altura (m), direção e período (s) observado das ondas na zona de arrebentação para cada um dos seis perfis durante as 12 campanhas. ....	66
<b>Tabela 8.</b> Sentido, distância (m) e velocidade da deriva litorânea (m/s) durante as 12 campanhas de campo por setor costeiro. ....	67
<b>Tabela 9.</b> Frequência da direção, tamanho das ondulações e períodos incidentes no arco praiaL Joaquina-Morro das Pedras durante as quatro estações do ano, para o período de agosto de 2018 a dezembro de 2019. ....	69
<b>Tabela 10.</b> Probabilidade mais significativa de ocorrência do <i>swell</i> a partir de modelagem do SMC. ....	70
<b>Tabela 11.</b> Frequência das principais classes de direção e velocidade dos ventos atuantes no arco praiaL Joaquina-Morro das Pedras durante as quatro estações do ano. ....	77
<b>Tabela 12.</b> Distribuição da frequência de orientação, altura de ondas, classe de ventos e velocidade de vento (km/h) no período entre campanhas. ....	78
<b>Tabela 13.</b> Parâmetros morfométricos obtidos no P1. ....	80
<b>Tabela 14.</b> Parâmetros morfométricos obtidos no P2. ....	84
<b>Tabela 15.</b> Parâmetros morfométricos obtidos no P3. ....	88
<b>Tabela 16.</b> Parâmetros morfométricos obtidos no P4. ....	92
<b>Tabela 17.</b> Parâmetros morfométricos obtidos no P5 no período entre as campanhas 1 e 3. ....	97
<b>Tabela 18.</b> Parâmetros morfométricos obtidos do P5 entre as campanhas 5 e 12. ....	100
<b>Tabela 19.</b> Parâmetros morfométricos obtidos no P6. ....	104
<b>Tabela 20.</b> Variação volumétrica dos setores Norte e Sul e dos seis perfis monitorados ao longo da pesquisa (m <sup>3</sup> /m). ....	109
<b>Tabela 21.</b> Balanço volumétrico dos setores monitorados (m <sup>3</sup> /m). ....	112
<b>Tabela 22 .</b> Planilha granulométrica das amostras do P1 por setor morfológico .....	115

<b>Tabela 23.</b> Planilha granulométrica das amostras do P2 por setor morfológico. ....	120
<b>Tabela 24.</b> Planilha granulométrica das amostras do P3 por setor morfológico. ....	126
<b>Tabela 25.</b> Planilha granulométrica das amostras do P4 por setor morfológico. ....	131
<b>Tabela 26.</b> Planilha granulométrica das amostras do P5 por setor morfológico. ....	137
<b>Tabela 27.</b> Planilha granulométrica das amostras do P6 por setor morfológico. ....	143
<b>Tabela 28.</b> Médias granulométricas dos seis perfis monitorados na área de estudo.....	147
<b>Tabela 29.</b> Planilha granulométrica do limite superior do pós-praia associada aos perfis P1, P2 e P3 do setor Norte da área de estudo.....	150
<b>Tabela 30.</b> Planilha granulométrica do pós-praia associada aos perfis P1, P2 e P3 do setor Norte da área de estudo.....	154
<b>Tabela 31.</b> Planilha granulométrica da face praial associada aos perfis P1, P2 e P3 do setor Norte da área de estudo. ....	159
<b>Tabela 32.</b> Planilha granulométrica do setor morfológico do limite superior do pós-praia, associado aos perfis P4, P5 e P6 do setor Sul.....	163
<b>Tabela 33.</b> Planilha granulométrica do setor morfológico do pós-praia, associado aos perfis P4, P5 e P6 do setor Sul.....	167
<b>Tabela 34.</b> Planilha granulométrica do setor morfológico da face praial, associado aos perfis P4, P5 e P6 do setor Sul.....	171
<b>Tabela 35.</b> Parâmetros granulométricos médios dos setores morfológicos e geográficos. ...	174
<b>Tabela 36.</b> Parâmetros morfodinâmicos médios obtidos para os perfis P1, P2 e P3 (praia do Rio Tavares) e P4, P5 e P6 (praia do Campeche). ....	177
<b>Tabela 37.</b> Comparativo dos dados morfodinâmicos resultantes das campanhas de campo com os parâmetros propostos por Short & Hesp (1982) e Wright & Short. (1984).....	178

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	5
<b>2.1 Geral</b> .....	5
<b>2.2 Específicos</b> .....	5
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	6
<b>3.1 Praia</b> .....	6
<b>3.2 Zonação hidrodinâmica e morfológica da praia</b> .....	8
<b>3.3 Agentes climato-oceanográficos</b> .....	9
<b>3.3.1 Ondas</b> .....	9
<b>3.3.2 Marés</b> .....	11
<b>3.3.3 Correntes litorânea</b> .....	12
<b>3.4 Classificação morfodinâmica de praias arenosas</b> .....	14
<b>3.5 Dunas</b> .....	18
<b>3.6 Erosão costeira</b> .....	19
<b>3.7 Muro de contenção (<i>Seawall</i>)</b> .....	21
<b>3.8 Linha de costa</b> .....	22
<b>3.9 Metodologia de monitoramento</b> .....	23
<b>3.9.1 Two person beach survey</b> .....	23
<b>3.10 <i>Storm Power Index</i></b> .....	24
<b>4. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	26
<b>4.1 Localização geográfica</b> .....	26
<b>4.2 Clima</b> .....	28
<b>4.3 Geologia e geomorfologia</b> .....	30
<b>4.4 Oceanografia</b> .....	32
<b>4.4.1 Ondas</b> .....	33
<b>4.4.2 Marés</b> .....	33
<b>4.4.3 Correntes litorâneas</b> .....	34

4.5 Ocupação costeira.....	35
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
5.1.1 <i>Two Person Beach Survey</i> .....	45
5.1.2. Caracterização hidrodinâmica.....	46
5.2 SMC-Brasil (Sistema de Modelagem Costeira).....	47
5.3 Caracterização granulométrica.....	51
5.4 Caracterização morfodinâmica.....	52
5.5 Variação pretérita da linha de costa.....	53
<b>6. RECURSOS E INFRAESTRUTURA.....</b>	<b>59</b>
<b>7. ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>60</b>
<b>8. RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
8.1 Dados hidrodinâmicos referentes às observações visuais.....	64
8.1.1 Ondas.....	64
8.2 Dados hidrodinâmicos e de vento incidentes na ilha de Santa Catarina.....	68
8.3 Morfologia.....	79
8.3.1 Setor Norte.....	79
8.3.2 Setor Sul.....	91
8.3.3 Sazonalidade do pacote sedimentar.....	108
8.4 Granulometria.....	113
8.4.1 Variação granulométrica transversal dos seis perfis monitorados.....	114
8.4.2 Médias granulométricas transversais.....	147
8.4.3 Variação granulométrica longitudinal dos três setores morfológicos.....	148
8.4.4 Médias granulométricas dos setores morfológicos.....	174
8.5 Classificação morfodinâmica.....	176
8.6 Análise pretérita e atual da linha de costa.....	179
8.6.1 Setor Norte.....	179
8.6.2 Setor Sul.....	182

<b>9. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>186</b>
<b>9.1 Associação entre o balanço sedimentar e os dados hidrodinâmicos.....</b>	<b>186</b>
<b>9.2 Granulometria dos perfis praias, dos setores geográficos e sua     distribuição.....</b>	<b>193</b>
<b>9.3 Classificação morfodinâmica e parâmetros morfométricos dos setores     geográficos.....</b>	<b>199</b>
<b>9.3.1 Setor Norte.....</b>	<b>199</b>
<b>9.3.2 Setor Sul.....</b>	<b>200</b>
<b>9.4 Variação da linha de costa.....</b>	<b>201</b>
<b>10. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>205</b>
<b>11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....</b>	<b>208</b>
<b>Apêndice.....</b>	<b>221</b>

## 1 INTRODUÇÃO

---

No mundo, 31% das zonas livre de gelo, correspondem a praias arenosas (LUIJENDIJK *et al.*, 2018), ou seja, depósitos sedimentares costeiros formados pela deposição de areia, variando de fina à grossa e assim, influenciando a declividade do ambiente praiial (BASCOM, 1951). Possuem variadas características morfossedimentares, resultado da relação de variações de maré, altura de onda, período de onda, tamanho do grão e forma da praia em planta (SHORT, 1999).

Ambientes costeiros estão sujeitos à erosão no mundo inteiro, função da diminuição de suprimentos de areia para a célula em erosão. Luijendijk *et al.* (2018) analisando imagens de satélite para a série temporal 1984-2016, identificaram que 24% das costas arenosas encontram-se em processos erosivos a uma taxa superior a 0,5m/ano.

Mcgranahan *et al.* (2007) apontaram que 643 milhões de pessoas vivem em Áreas Costeiras de Baixa Elevação (*Low Elevation Coastal Zones - LECZ*), regiões com no máximo 10m de altitude em relação ao nível do mar, locais muito suscetíveis à destruição causada por *tsunamis*, elevação do nível do mar, eventos extremos e a erosão.

Grande parte da urbanização de ambientes litorâneos arenosos toma para si regiões atreladas à dinâmica costeira com ocupações na região emersa do prisma praiial e dunas frontais, visto a proximidade de áreas de lazer relacionadas ao mar. O prisma praiial compreende toda a extensão possível de migração sedimentar na célula costeira, engloba desde a região do pós-praia até a profundidade de fechamento (zona de mínima transferência sedimentar) localizada no limite externo da ante praia.

A dinâmica do sistema praiial está diretamente ligada às interações hidrodinâmicas (correntes litorâneas, ondas e marés), sedimentológicas (granulometria) e morfológicas (declividade), sendo uma resultado e consequência da outra (SHORT & JACKSON, 2013), portanto para o entendimento deste ambiente é imprescindível a compreensão da morfodinâmica local.

De acordo com o Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil, cerca de 50,7 milhões de brasileiros vivem em municípios da zona costeira (IBGE, 2010). A zona

costeira compreende a área de transição entre terra e mar, uma típica zona de dissipação de energia, conjuntamente com os processos atmosféricos atuantes (SHORT & HESP, 1982), contemplando uma faixa marítima de 12 milhas náuticas a partir de uma linha de base e uma faixa terrestre, a qual, é o limite dos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos presentes na zona costeira (Decreto Nº 5.300/2004 do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC).

Santa Catarina conta com 68% de sua população ocupando a zona costeira (POLLETE *et al.*, 1995). O estado está sujeito a passagem de intensos sistemas atmosféricos, frentes polares atlânticas e ciclones extratropicais, associados a níveis extremos de subida do nível de maré observada (KLEIN *et al.*, 2016), eventos que, quando combinados de maré meteorológica e maré astronômica, podem ocasionar uma elevação anormal do nível do mar, interagindo de maneira mais extrema com o sistema praias e principalmente o cordão de dunas frontal, um evento extremo.

Nos últimos anos foram registrados diversos eventos extremos na orla do município de Florianópolis na ilha de Santa Catarina (KRUEGER, 2011), atingindo diversas partes da costa. Em regiões de ocupação muito próximas as dunas e pós-praia, geralmente irregulares, resultam em enormes perdas e remobilização de recursos para a reconstrução das áreas atingidas, função da urbanização irregular das áreas arenosas costeiras.

Na medida em que eventos extremos supostamente associados às mudanças climáticas globais se tornam mais frequentes (IPCC, 2012), é importante caracterizar e descrever os padrões de erosão a estes eventos em ambientes com maior ou menor taxa de urbanização (ISDR, 2011), compreendendo a interação da ocupação em ambientes costeiros relacionado aos processos erosivos ali presentes.

Para auxiliar na descrição de “padrões” costeiros, diversos *softwares* de modelagem vêm sendo utilizados para previsão de dados hidrodinâmicos, transporte sedimentar e evolução morfológica do ambiente costeiro (BERTIN *et al.*, 2009), além de ferramentas computacionais que permitem a caracterização da linha de costa, auxiliando o desenvolvimento, a execução e o monitoramento de projetos costeiros, exemplo do SMC (Sistema de Modelagem Costeira), elaborado para a linha de costa da Espanha (GONZÁLEZ *et al.*, 2007) e adaptado para uso no Brasil e a extensão computacional para o

software ArcGis®, DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*), desenvolvida por Thieler *et al.* (2009).

O ambiente costeiro possui um equilíbrio com o oceano, principalmente no que diz respeito ao balanço sedimentar, em eventos de tempestade com ondas largas e profundas, o pacote arenoso aéreo da praia é remobilizado para a parte submersa favorecendo a erosão. Já durante uma calmaria, ondas curtas favorecem a remobilização de sedimentos em direção à parte emersa da praia (MARTINS *et al.*, 1970; SHORT & HESP, 1982; VAN RIJN, 2008). Abreu de Castilhos & Correa (1991) em estudo na praia da Armação - SC, indicaram que há uma relação direta no aumento do processo erosivo com a urbanização na região do cordão de dunas frontais, ao se retirar ou fixar areia dos cordões eólicos, interfere-se na dinâmica praial existente, podendo assim, intensificar-se os processos erosivos atuantes (ABREU DE CASTILHOS, 1995).

Neste contexto, a região costeira da planície do Campeche, na ilha de Santa Catarina, está vulnerável em função da alta taxa de urbanização do cordão frontal de dunas, fortemente influenciada pelo projeto de desenvolvimento turístico e habitacional da região, a partir do final de 1989 (SOUSA *et al.*, 2003), projeto que previa uma população de 450.000 habitantes na região, sem o planejamento correto para ocupação da zona costeira. Ao mesmo tempo, o setor Norte deste arco praial, encontra-se com suas dunas frontais preservadas, podendo reagir de maneira diferente aos agentes climato-oceanográficos que atuam na costa Leste da ilha de Santa Catarina.

As dunas fixas ou móveis são responsáveis por garantir um equilíbrio entre oceano e praia, tendo por característica natural funcionar como zona tampão (*buffer-zone*) a eventos climáticos extremos (LEATHERMAN, 1979), ou seja, possuem um papel fundamental para a segurança da população residente na região costeira, devido à barreira natural que formam perante a ocorrência de eventos extremos, deste modo, sua ocupação irregular pode gerar riscos a quem ali se instala.

A possibilidade de minimizar o impacto da presença humana em zonas costeiras passa pelo entendimento mais aprofundado dos processos dinâmicos associados à evolução das feições do relevo litorâneo (APENDINI & FISCHER, 1998). Cruz (1993) indicou que o levantamento de perfis praias é essencial para o entendimento destes processos, os quais,



permitem compreender o comportamento de toda a extensão monitorada, no que diz respeito às variações de linha de costa e perda volumétrica de areia, possibilitando assim, determinar o balanço sedimentar, fontes e sumidouros de areia (DEAN & DALRYMPLE, 2002).

A partir da avaliação do balanço sedimentar, entrada e saída de sedimentos na célula, torna-se possível aferir características de erosão ou acreção ao perfil praiar (ROSATI, 2005). Desta maneira, é possível identificar as consequências da urbanização, por meio da avaliação do equilíbrio sedimentar da localidade, e assim, elaborar propostas de mitigação, aos processos erosivos relacionados à ocupação da zona costeira.

O presente trabalho através do monitoramento sazonal (agosto – 18 a dezembro -19), busca caracterizar o arco praiar Joaquina – Morro das Pedras, costa leste da ilha de Santa Catarina, a partir de suas características morfossedimentares e morfodinâmicas, conjuntamente com a identificação dos impactos gerados para o balanço sedimentar, associados à ocupação dos ambientes de deposição eólica da praia do Campeche.

## 2 OBJETIVOS

---

### 2.1 Geral

► Identificar, o comportamento morfossedimentar de dois setores praias distintos do arco praias Joaquina - Morro das Pedras, costa Leste da ilha de Santa Catarina, frente ao modo de ocupação da zona de dunas.

### 2.2 Específicos

► Caracterizar do ponto de vista morfossedimentar seis perfis praias avaliados ao longo do ano.

► Avaliar as características hidrodinâmicas que acentuam/atenuam os processos erosivos costeiros nas praias consideradas ao longo do período observado.

► Identificar os impactos da urbanização das dunas frontais no comportamento morfossedimentar praias ao longo dos setores estudados.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

---

A seguir são apresentados diversos conceitos referentes ao ambiente de sedimentação praial e eólico, bem como metodologias concernentes ao monitoramento praial.

#### 3.1 Praia

King (1956) definiu praia como um ambiente costeiro de características sedimentares variadas, majoritariamente formadas por areia, apresentando a morfologia relacionada à interação da costa com os sistemas de ondas. Define-se por limite externo praial (região aquosa do sistema), a profundidade limite na qual as ondas ainda conseguem interagir com os sedimentos do fundo, e por limite interno praial, o limite máximo no qual ondas de tempestade espraiam por sobre a parte seca da costa.

Para Komar (1976), praia remete a uma acumulação de sedimentos inconsolidados que podem variar de tamanho, contemplando desde areia até cascalho, que se prolonga em direção à costa a partir do nível médio da maré baixa até alguma alteração fisiográfica sobressalente como falésias, campo de dunas ou até mesmo uma área, na qual ocorra uma vegetação permanente. O autor também se apropriou do termo litoral para referir-se a parte submersa, que corresponderia à profundidade máxima onde as ondas exercem alguma influência no fundo marinho, com capacidade de transporte de sedimentos, geralmente em torno dos 15m de profundidade. Essa profundidade, definida por Dean & Dalrymple (2002), surge como o local onde a influência das ondas na remobilização de sedimentos de fundo é mínima, sendo chamada de profundidade de fechamento.

Wright & Short (1984) definiram praias arenosas como um ambiente de interação entre a zona de empinamento da onda (*nearshore*) e o limite máximo da zona de espraçamento, região responsável pela remobilização do sedimento, transportado e depositado por ação das ondas.

Sugiuo (1992) definiu costa como a faixa de terra com largura variável que a partir da linha de praia (*shoreline*) adentra o interior do continente até as primeiras mudanças nas

feições fisiográficas. E conceituou praia como toda a extensão que vai da zona de arrebentação ao setor de pós-praia (**Figura 1**).

Existem diversas definições na literatura para conceituar praia, entretanto, grande parte dos autores concordam que se trata de um ambiente com sedimentos inconsolidados, variando de areia fina a cascalhos, situados na zona litorânea, região transicional entre oceano e terra. Considerando uma zona tampão (*buffer-zone*) a eventos de elevada energia de onda, as praias encontram-se sob ação constante de agentes meteorológicos, hidrodinâmicos e antrópicos, responsáveis por uma alta capacidade de retribuir sedimentos e modificar a morfologia local (CARTER *et al.*, 1990).

Segundo o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei nº 7.661 de 16 de maio de 1988, Art. 10, parágrafo 3º) compreende-se por praia, a área periodicamente coberta e descoberta por água, acrescida da faixa subsequente de material sedimentar, como areia, cascalhos, seixos e pedregulhos, até o limite no qual se inicia a vegetação natural, ou, em sua ausência, local onde se inicie outro ecossistema.

Abreu de Castilhos (1995) abordou a praia como um ambiente frequentemente composto de material arenoso, sob intenso dinamismo de agentes hidrodinâmicos, geralmente, associados aos depósitos quaternários da planície costeira, e assim definindo a linha de costa atual.

Hoefel (1998) afirmou que praias são constituídas ou não de material arenoso. Podem ocorrer em qualquer localidade desde que haja a disponibilidade de sedimento, espaço físico e agentes hidrodinâmicos para realizar o transporte e a deposição dos grãos nesta zona transicional entre os ambientes aquáticos e terrestres, proposição também utilizada por Nunes (2002).

Torrenteguy (2002) caracterizou praia como feição geomorfológica constituída de depósitos arenosos inconsolidados sobre a zona costeira. Dominada principalmente por ondas, possui seus limites na parte aérea, estabelecidos pelo nível máximo das ações de ondas de tempestade, pela presença de dunas fixas ou qualquer outra alteração fisiográfica brusca na planície costeira. Em seu limite oposto, indicou a zona de arrebentação, região ainda dominada pelos processos praias como limite submerso do sistema.

### 3.2 Zonação hidrodinâmica e morfológica da praia

A terminologia utilizada neste texto a respeito de zonação hidrodinâmica (Figura 1), segue o trabalho elaborado por Hoefel (1998), o qual, identificou que processos hidrodinâmicos vigentes na praia são perceptíveis através das zonas de arrebentação, zona de surfe e zona de espraiamento.

▶ Zona de arrebentação (*breaking zone*) - zona definida como local onde o vagalhão ao chegar na parte rasa da plataforma continental, perde a estabilidade e entra em processo de quebra.

▶ Zona de surfe (*surf zone*) - zona que depende do tipo de quebra da onda, podendo ser confundida com zona de arrebentação em praias de baixa declividade.

▶ Zona de espraiamento (*swash zone*) - zona que aponta o limite máximo e mínimo da penetração de ondas, importante local de transporte de sedimentos, corresponde à face praial.

Quanto a zonação morfológica, cinco subambientes ou setores são definidos para o sistema praial (Figura 1):

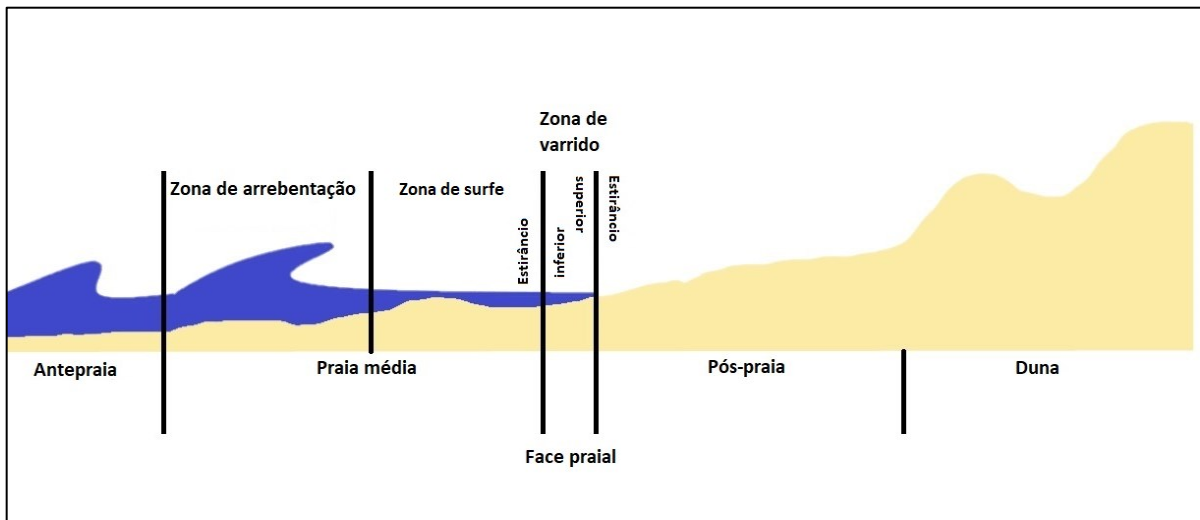
▶ Ante praia (*shoreface*) - setor que corresponde à zona de empinamento de ondas anterior a zona de arrebentação;

▶ Praia média - setor que compreende a zona de arrebentação e zona de surfe;

▶ Face praial (*beachface*) - setor relativo à zona de espraiamento, compreende a zona de varrido, onde está presente o estirâncio superior e inferior (zona de deixa), local de elevada turbulência podendo alterar a constituição granulométrica entre os dois ambientes;

▶ Pós-praia (*backshore*) - setor limitado pela extensão que vai da zona de espraiamento até base da duna frontal (*foredune*), compreendendo a berma da praia, região permanentemente seca.

► Duna frontal (*foredune*) - setor transicional entre praia e ambientes interiores, sob forte influência eólica, funciona como barreira para eventos de inundação durante períodos de elevação do nível do mar por tempestade, também mantém o estoque de sedimentos disponível para remobilização por parte do mar.



**Figura 1.** Terminologia dos constituintes das zonas hidrodinâmica e morfológica litorânea. Fonte: adaptado de Hoefel (1998).

### 3.3 Agentes climato-oceanográficos

Os agentes climato-oceanográficos são aqueles capazes de modificar feições no ambiente litorâneo por meio do transporte e deposição de materiais inconsolidados. Realiza as trocas de energia entre a parte submersa e emersa do sistema praial. Compreendem aqui os agentes ondas, marés e correntes litorâneas.

#### 3.3.1 Ondas

Ondas são movimentos orbitais da superfície da água, frequentemente associada a ação do vento quando um centro gerador de vento é formado no oceano aberto, este não encontra obstáculos e propaga-se pela superfície devido à extensa pista (*wind-fetch*). Quanto maior a extensão da pista e maior for a duração dos ventos formadores, maior será a quantidade de água capaz de gerar turbulência, iniciando a formação de ondas longas e regulares do tipo *swell* (BIRD, 2008). A regularidade do tempo entre duas cavas ou duas cristas é medida em segundos e é chamada de período.

Quando a onda é gerada próxima à costa por ventos locais e não apresenta uma pista de vento muito significativa, denomina-se de vaga, *sea waves*, com períodos curtos (TORRONTEGUY, 2002).

No processo de propagação ao sentir o fundo ou algum tipo de barreira física, a onda pode refratar, alterando sua direção em função da diminuição de velocidade causada pelo atrito com o fundo ou difratar, alterando sua direção em função de ilhas, promontórios, costões ou estruturas antrópicas (NIELSEN, 2009).

Quanto maior o período, maior a energia da onda ao quebrar na zona de surfe (DEAN & DALRYMPLE, 2002). Ao se aproximar da zona de surfe a ondulação (*swell*) começa a sentir o fundo, sua velocidade diminui e a onda começa a empinar (*shoalling*) com a diminuição da profundidade e assim, iniciando sua quebra.

O tipo de arrebentação em uma praia varia em função de sua declividade, altura e comprimento de onda (SHORT, 1999) (**Figura 2**). Wiegel (1964) caracterizou três principais tipos de quebra de onda, sendo elas: progressiva, mergulhante e ascendente. Posteriormente, Galvin (1968) acrescentou o tipo de quebra de onda frontal.

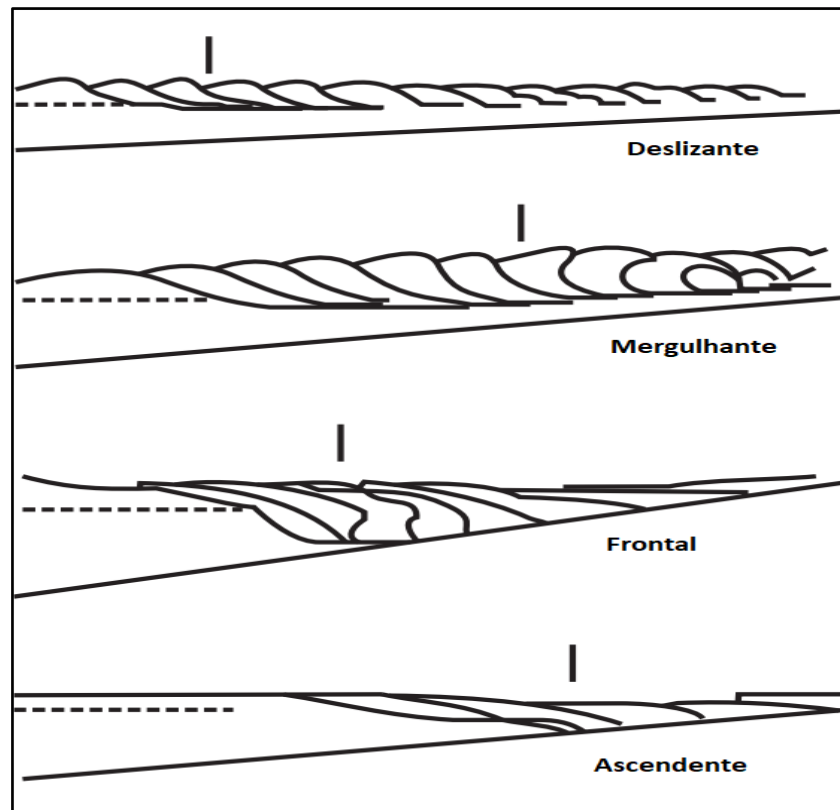
► Progressiva ou deslizante (*spilling*): associada a praias de baixa declividade, dissipativas, a crista fica instável e desmancha em direção à base.

► Mergulhante (*plunging*): característico de praias de declividade intermediária a alta, a crista empina e quebra diretamente na base da onda formando tubos.

► Frontal (*collapsing*): tipo de quebra intermediária entre a mergulhante e a deslizante, no qual a crista não quebra e a parte baixa inclina.

► Ascendente (*surging*): característico de praias com elevada declividade (refletiva): onde a crista quebra praticamente na face praial.

Cada tipo de onda provoca diferentes interações com a parte submersa. Dessa maneira, influenciam de maneiras distintas à remobilização de sedimentos da parte sub-aérea do prisma praial.



**Figura 2.** Tipos de quebra de onda (Fonte: adaptado de Galvin, 1968).

### 3.3.2 Marés

As marés são movimentos oscilatórios regulares do oceano em função da atração gravitacional entre Lua - Terra, Sol - Terra e Lua, Terra - Sol. Representam ondas de comprimento muito longo que viajam pelos oceanos e atingem todos os ambientes aquosos diretamente ligados ao oceano. Podem penetrar rios, estuários e lagunas no mundo inteiro (BIRD, 2008).

Dependendo da localidade no globo, ocorre variação ao longo do dia na oscilação entre maré alta e maré baixa. Quando a Terra se encontra alinhada com a Lua e com o Sol, as forças gravitacionais são somadas, resultando na maré de sizígia - uma maré mais alta do que a convencional, ocorrendo durante períodos de Lua cheia e Lua nova. No momento de máximo desalinhamento entre Terra, Sol e Lua, tem-se as marés de quadratura, marés mais baixas que o normal durante o período de Lua crescente e minguante (PRESS *et al.*, 2006).



Esta maré ligada direta e unicamente com os astros, denomina-se de maré astronômica (PUGH, 1987).

Quando temos a ocorrência de elevadas variações de pressão atmosférica no oceano associadas a eventos de tempestade, grandes centros geradores de ventos são criados. Esses ventos são passíveis de percorrer grandes distâncias sem encontrar obstáculos, extensa pista de vento (*wind-fetch*), o que possibilita que uma elevada quantidade de água seja empilhada na borda da plataforma continental, ocasionando uma elevação anormal do nível do mar que pode durar de horas a mais de dois dias (FLATHER, 2001).

A maré astronômica quando acrescida de elevações do nível do mar, resultado do empilhamento de água em função de fortes pistas de vento e variações de pressão atmosférica, apresenta uma elevação anormal recebendo o nome de maré meteorológica (FARACO, 2003).

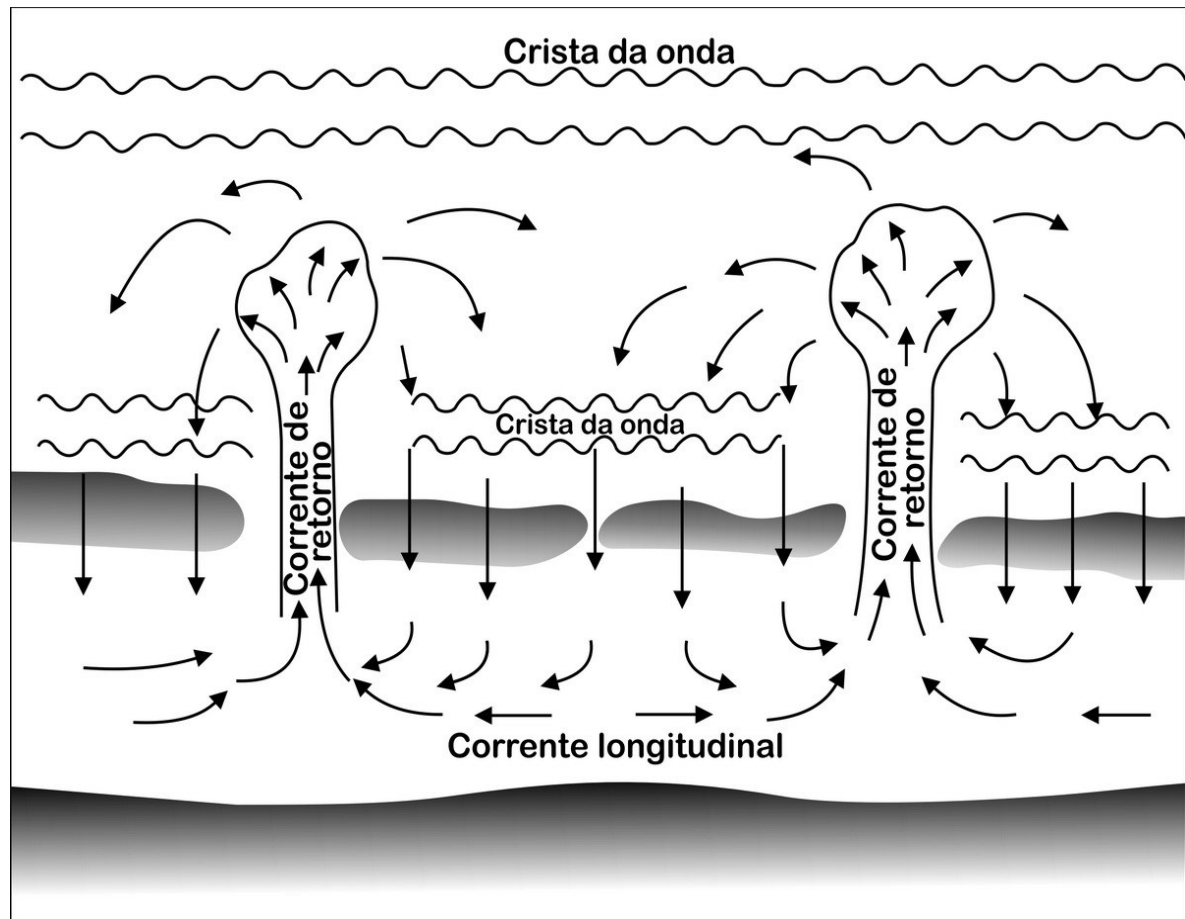
Mesmo que as marés não sejam as principais responsáveis pelo dinamismo morfodinâmico do ambiente praial, elas são importantíssimas para os processos deposicionais e erosivos, visto que, a amplitude de maré em conjunto com a ação das ondas, pode acentuar o alcance delas na berma e no pós-praia, atingindo subambientes que geralmente permanecem secos (LEAL, 1999), visto que a oscilação da maré resulta na geração de extensas correntes que transportam sedimentos e remodelam o fundo marinho (CARTER, 1998).

Doodson (1921) desenvolveu a amplitude e fases de maré para 396 componentes da maré, fato que possibilitou após sobreposição dos mais importantes, calcular teoricamente a maré para qualquer localidade por um período de anos. Com esta função definiu-se dois principais tipos de maré, semi-diurna, duas marés altas e duas marés baixas por dia, com período aproximado de 12 horas, e diurna, com período de oscilação aproximado de 24 horas.

### **3.3.3 Correntes litorâneas**

As ondas que avançam na direção do continente se acumulam na zona de surfe. Após quebrar e refletir, a onda precisa retornar ao mar aberto, *backwash*. Para isso procura pelas

menores elevações no caminho durante seu retorno estabelecendo diversas células de circulação. Cada célula caracteriza-se por apresentar dois tipos de corrente: a longitudinal, *longshore current*, que flui em direção paralela à praia, sendo capaz de transportar sedimentos finos suspensos pela ação de ondas, e a transversal ou de retorno, *rip current*, na qual, corta a zona de arrebentação de maneira concentrada e espalha-se posteriormente em



**Figura 3.** Célula de circulação costeira. (Fonte: adaptado de MUEHE, 1995).

forma de leque, movendo grandes quantidades de água e sedimento (**Figura 3**) (MUEHE, 1995).

O volume, direção e velocidade dos sedimentos transportados, paralelamente à praia, seja na zona de surfe ou na face praial, nomeia-se deriva litorânea (*litoral drift*) e depende da obliquidade de incidência da direção de onda, ou seja, é resultante do ângulo formado entre crista de onda na zona de arrebentação e a direção da linha de costa.

Correntes com menor intensidade são aptas a transportar apenas os sedimentos mais finos em suspensão, enquanto que as de maior intensidade estão capacitadas a produzir

cordões no fundo arenoso, dispostos de maneira transversal à costa (MENDES *apud* FARACO, 2003).

Com velocidades superiores a 15cm/s, as correntes se tornam capazes de transportar sedimentos de diâmetro entre 0,1 e 0,5mm (SANTOS, 1995). Deste modo, independente das forças de corrente, a deriva é fundamental no transporte de partículas mais finas em suspensão na zona de arrebentação (CRUZ, 1993).

### 3.4 Classificação morfodinâmica de praias arenosas

A morfodinâmica praial resulta da dinâmica entre o empinamento da onda, o processo de quebra e a movimentação do fundo de areia, que mobilizam sedimentos e modificam feições na interface praial, em união com as correntes, ventos, geologia local, tipo de sedimentos, morfologia e a biota (SHORT & JACKSON, 2013).

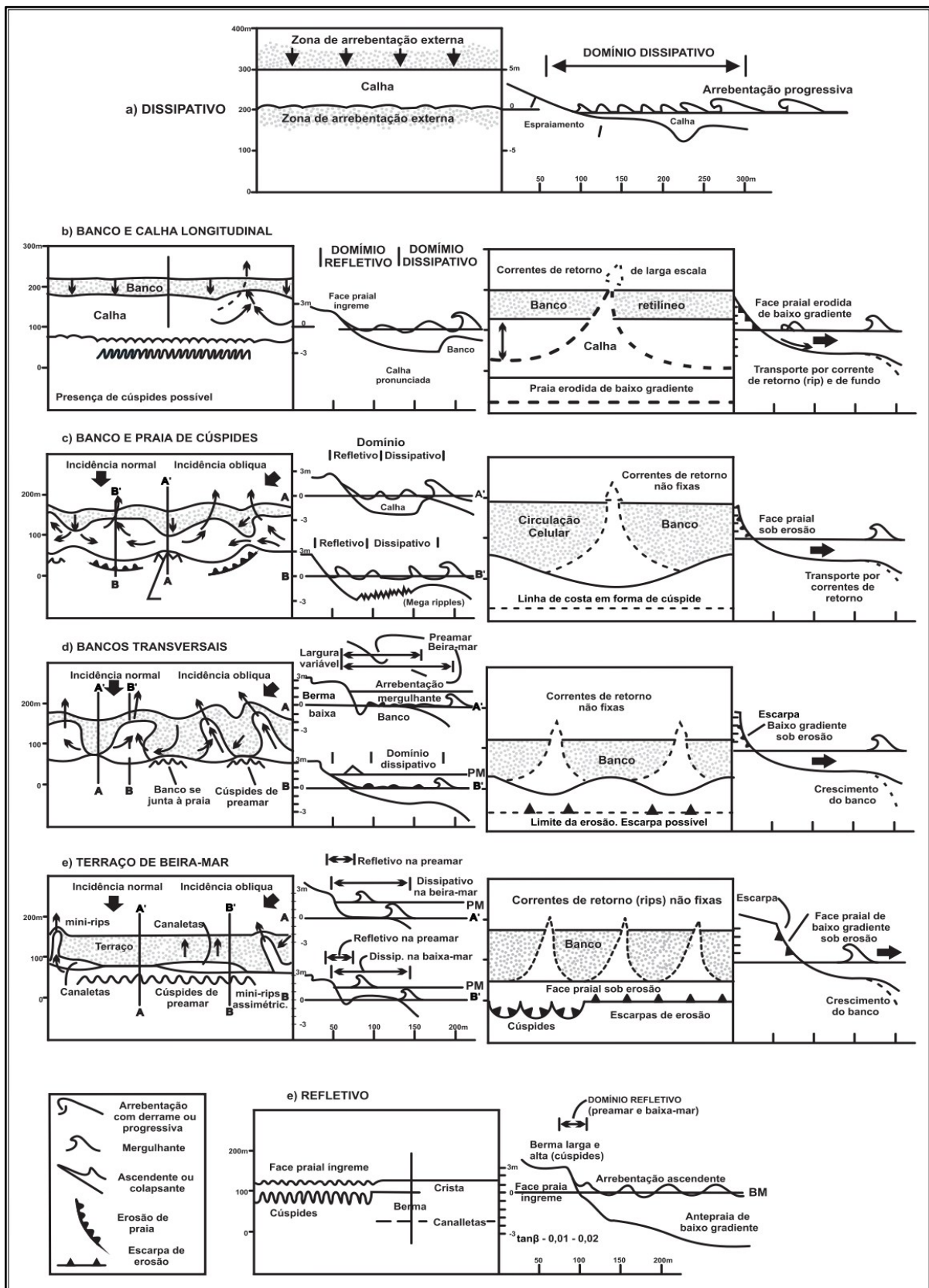
A partir do parâmetro adimensional ômega ( $\Omega$ ) proposto por Dean (1973), Wright & Short (1984), amparados em estudos realizados majoritariamente pela Escola Australiana de Geomorfologia Costeira, propuseram um modelo classificatório dos diferentes estágios morfodinâmicos do perfil praial ao longo do período monitorado. Esse modelo, considera a altura da arrebentação ( $H_b$ ), a velocidade de sedimentação da partícula ( $W_s$ ) e o período da onda ( $T$ ), portanto  $\Omega = H_b/W_s.T$ .

O modelo de classificação proposto por Wright & Short (1984) para praias dominadas por ondas, definiu seis estágios morfodinâmicos (**Tabela 1**) (**Figura 4**), com dois estágios extremos.

**Tabela 1.** Relação de equilíbrio entre estado da praia durante um período amostral e seu valor médio de ômega.

Estado	$\Omega$ médio	Desv.Pad
Refletivo	<1,5	-
Terraço de baixa-mar (TBM)	2,4	0,19
Bancos transversais (BT)	3,15	0,64
Banco e praia e cúspides (BPC)	3,5	0,76
Banco e calha longitudinal (BCL)	4,7	0,93
Dissipativo	>5,5	-

► Refletivo - praias com  $\Omega$  inferior a 1,5; apresentam um estirâncio de elevada declividade, geralmente associado a uma granulometria mais grossa e zona de arrebentação estreita próxima à praia, contendo maior parte do estoque sedimentar na parte emersa da praia.



**Figura 4.** Características dos estados praias para condições de ondas construtivas (lado esquerdo) e destrutivas (lado direito). b) Banco e calha longitudinal, c) Banco e praias de cúspide, d) Banco transversal, e) Terraço de baixa mar. (Fonte: adaptado de Wright & Short, 1984).

► Dissipativo - praias com  $\Omega$  maior que 5,5; caracterizadas por uma baixa declividade, extensa zona de arrebentação onde ocorre a maior parte da dissipação de energia das ondas, apresenta diversos bancos submersos (estoque sedimentar na parte subaérea) e compreende areias com granulometria mais fina.

Se o padrão adimensional  $\Omega$  estiver entre 1,5 e 5,5 tem-se o estágio morfodinâmico intermediário, dividido em quatro tipos, variando sua parte submersa e apresentando diferentes tipos de bancos de areia, indo do extremo refletivo ao extremo dissipativo.

► Banco e calha longitudinal - o banco e a calha são bem definidos, permitindo uma quebra progressiva sobre o banco e uma recomposição da onda na parte da calha, levando a uma nova quebra na parte da face praial, característica refletiva.

► Banco e praia de cúspides - as ondas ao dissiparem a sua energia por meio da quebra no banco, se recompõe na calha, assegurando características refletivas à face da praia e formações de cúspides, podem também apresentar um perfil menos íngreme de característica dissipativa no banco com formações de cúspides submarinos e presença de correntes de retorno (*rip currents*) nas depressões dos bancos.

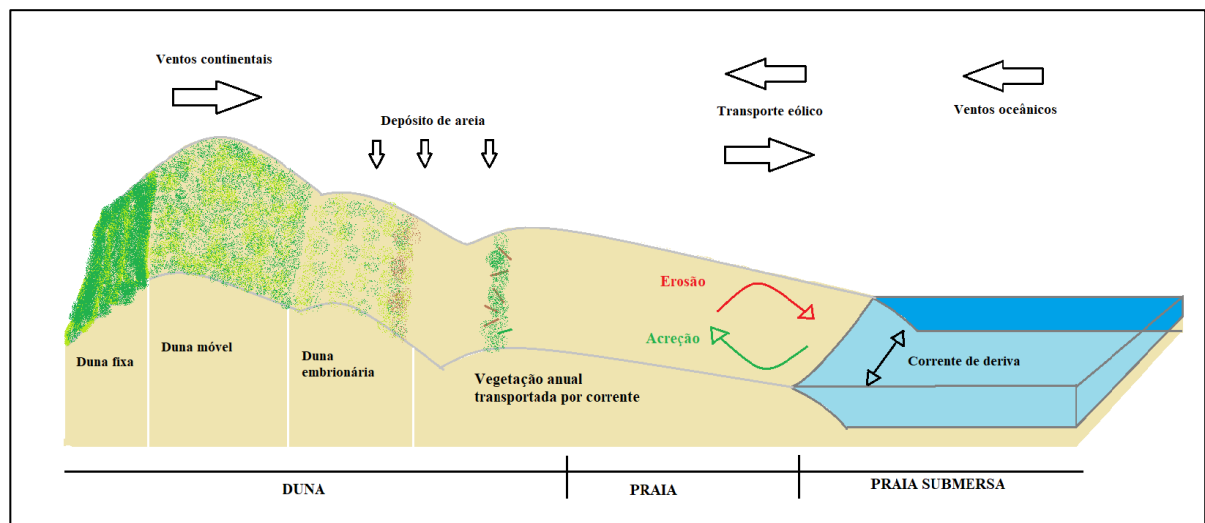
► Banco transversal - aglomeração das extremidades dos bancos em forma de cúspide à face praial, permitindo grande dissipação de energia, com elevada presença de correntes de retorno, garante alterações na face praial levando a formação de mega cúspides, apresentando máxima segregação lateral de fluxo.

► Terraço de baixa-mar - caracterizado pelo menor nível de energia dentre os intermediários, apresentando pouca declividade em estágios de baixa-mar, e uma maior gradiente em estágios de preamar, com ondas inferiores a 1m que ultrapassam o terraço sem efetivar sua quebra, assegurando características refletivas à face da praia.

A fim de classificar individualmente cada perfil, foram utilizados os parâmetros propostos por Short (1999) no qual  $\Omega < 1,5$  caracteriza um perfil refletivo,  $1,5 < \Omega < 5,5$  perfil intermediário e  $\Omega > 5,5$  perfil dissipativo.

### 3.5 Dunas Costeiras

Podem ocorrer em costas arenosas ao longo de todo o planeta. Variando em altura, comprimento e cobertura vegetal, seu desenvolvimento encontra-se diretamente ligado a capacidade de o vento transportar sedimentos entre a antepraia e o pós-praia (**Figura 5**). A quantidade e o tipo de material transportado oscilam em relação à velocidade, direção do vento, amplitude da maré, disponibilidade e características dos sedimentos, além do estado morfodinâmico da praia (HOUSER & ELLIS, 2013).



**Figura 5.** Processo de deposição sedimentar entre dunas e oceano (Fonte: o autor).

A taxa de formação e morfologia das dunas é resultado dos diferentes regimes de vento, clima de ondas, precipitação e temperatura, aporte sedimentar, tipo da vegetação, tamanho de grão e tipo de arrebentação (HESP, 1989). Em praias dissipativas, o transporte de sedimento é maior em direção à praia, caracterizando dunas com alturas mais elevadas (SHORT & HESP, 1982). A quantidade de sedimento transportado entre praia e duna, também é regulada pela erosão e inundação em eventos de elevação meteorológica do nível do mar (LEATHERMAN, 1979).

Na faixa do pós-praia, a primeira formação deposicional arenosa eólica observada são as dunas frontais (*foredunes*), também chamadas cristas de praia (*beach ridges*), cordões de dunas paralelas (*parallel dune ridges*) e dunas transversais (*transverse dunes*), geralmente originadas a partir de dunas embrionárias (*embryo dunes*) e alinhadas paralelamente à linha de costa (HESP, 2002). Suguio (2003) afirmou que estes depósitos também podem ser constituídos de conchas de moluscos e seixos.

As dunas frontais aparecem a partir da retenção do material arenoso fino transportado da praia média em direção ao pós-praia, estágio inicial conhecido como duna frontal incipiente (*incipient foredunes*) (HESP, 1984). Uma vez que se confirme o processo de consolidação desta duna incipiente, a vegetação começa a se desenvolver, fixando-se e transformando-a em uma duna estabelecida, com a sucessão de comunidades vegetais. A falta de cobertura vegetal nas dunas frontais pode favorecer os processos erosivos causados pela energia de onda e pela ação do vento (HESP, 1988).

Os cordões arenosos eólicos possuem um papel fundamental para prevenção de inundações na planície litorânea. Em conjunto com a praia, formam uma zona tampão no qual protegem as estruturas à retaguarda da ação de ondas de tempestade, além de garantir um estoque sedimentar para a célula litorânea (LARSON *et al*, 2004; VAN RIJN, 2013).

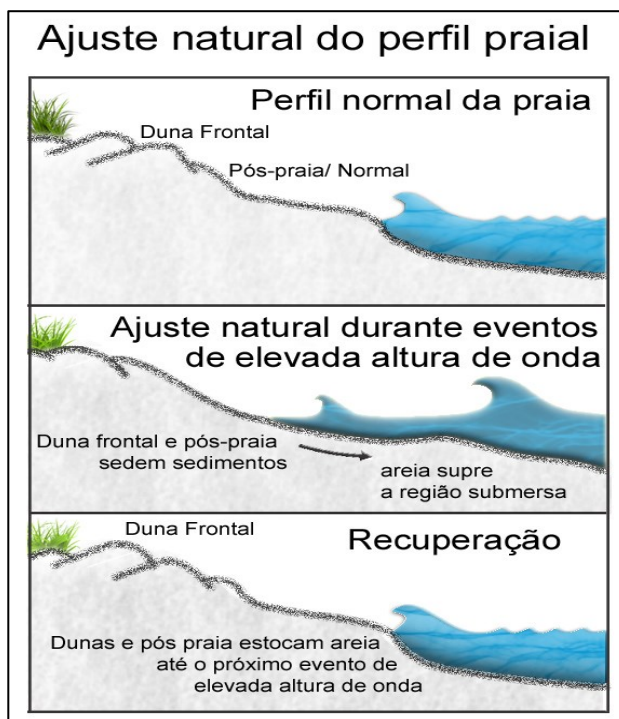
### **3.6 Erosão costeira**

Erosão costeira em ambientes de deposição arenosa significa a perda permanente de areia presente na célula, ou seja, ela é removida da célula litorânea gerando um déficit no balanço sedimentar (VAN RIJN, 2008, SOUZA, 2009). Encontra-se diretamente ligada ao tipo de costa, exposição ao regime de ondas, altura da maré, obliquidade da costa em relação ao ataque de ondas, quantidade de sedimentos disponíveis para serem remobilizados, ausência de bancos de areia para diminuir a intensidade do ataque das ondas e a presença de sumidouros próximos que possam aprisionar os sedimentos disponíveis (VAN RIJN, 2013).

O ambiente costeiro arenoso é passível de migração sedimentar sob qualquer condição meteorológica, entretanto a erosão costeira, relaciona-se principalmente com eventos extremos de subida do nível do mar. Ondas de tempestade, ao chegarem na praia, tem sua crista sob constante quebra no pós-praia, acarretando em um elevado volume de água subindo a face praial. Ao retornar, o excesso de água draga grandes quantidades de sedimentos, ocasionando processos erosivos na praia, esculpindo a duna e podendo levar ao colapso de sua base. Neste caso, um grande volume de areia é remobilizado para a parte submersa (VAN RIJN, 2008), com o desenvolvimento de um novo perfil para o ambiente praial (VELLINGA, 1986).



Em situação normal de equilíbrio, o sedimento retorna à praia emersa após um tempo do evento de tempestade, sendo transportado pelo vento de volta para os cordões litorâneos (VAN RIJN, 2011) (**Figura 6**).



**Figura 6.** Funcionamento da proteção natural exercida pelas dunas, frente à eventos de elevada altura de onda (Fonte: o autor).

A célula litorânea possui componentes erosivos transversais e paralelos à linha de costa, que diariamente remobilizam os sedimentos praias, de maneira mais ou menos perceptíveis. Durante eventos de tempestade, o ambiente costeiro pode ter seu sedimento retirado das dunas de maneira mais intensa, abrupta, com transporte *cross-shore* ou até mesmo *long-shore* por meio de correntes de maré e longitudinais (VAN RIJN, 2013), sendo, portanto, os processos hidrodinâmicos os principais responsáveis pela erosão costeira natural.

Abreu de Castilhos e Corrêa (1991); Diehl (1997); Horn Filho *et al.* (2001) e Muehe (2005), identificaram que a intensificação dos processos erosivos nos cordões arenosos costeiros, está fortemente relacionada à ocupação humana. Durante os eventos de tempestade, as estruturas que fixam os sedimentos da parte emersa do prisma praial, impossibilitam que estes materiais sejam retrabalhados e supram a necessidade da célula, de modo que favoreçam a erosão ativa do sistema (PILKEY & WRIGHT, 1988).

### 3.7 Muro de contenção (*Seawall*)

Guralnik (1972) definiu *seawall* como uma parede com função de quebrar a energia da onda e proteger à costa de processos erosivos. Outra definição mais completa proposta por Krauss & Mc Dougal (1996) é de uma estrutura paralela à costa, construída para prevenção da retração da linha de costa, inundação ou perda de sedimentos por ação das ondas. Desse modo, torna-se de grande importância perceber que nenhuma definição prevê que a praia seja mantida, mas sim, que evite a acentuação dos processos erosivos com estruturas físicas, à retaguarda da “parede”.

Sua efetividade no combate à erosão durante muitos anos foi duvidosa, sendo comumente associadas à intensificação da erosão, por alterarem os padrões de transporte *cross-shore* e *longshore* de sedimentos arenosos (WEGGEL, 1988). Em muitos casos, as estruturas de contenção são construídas de forma emergencial, de formato vertical e sem o planejamento prévio necessário para verificação da real efetividade do projeto (BARNETT *et al.*, 1989).

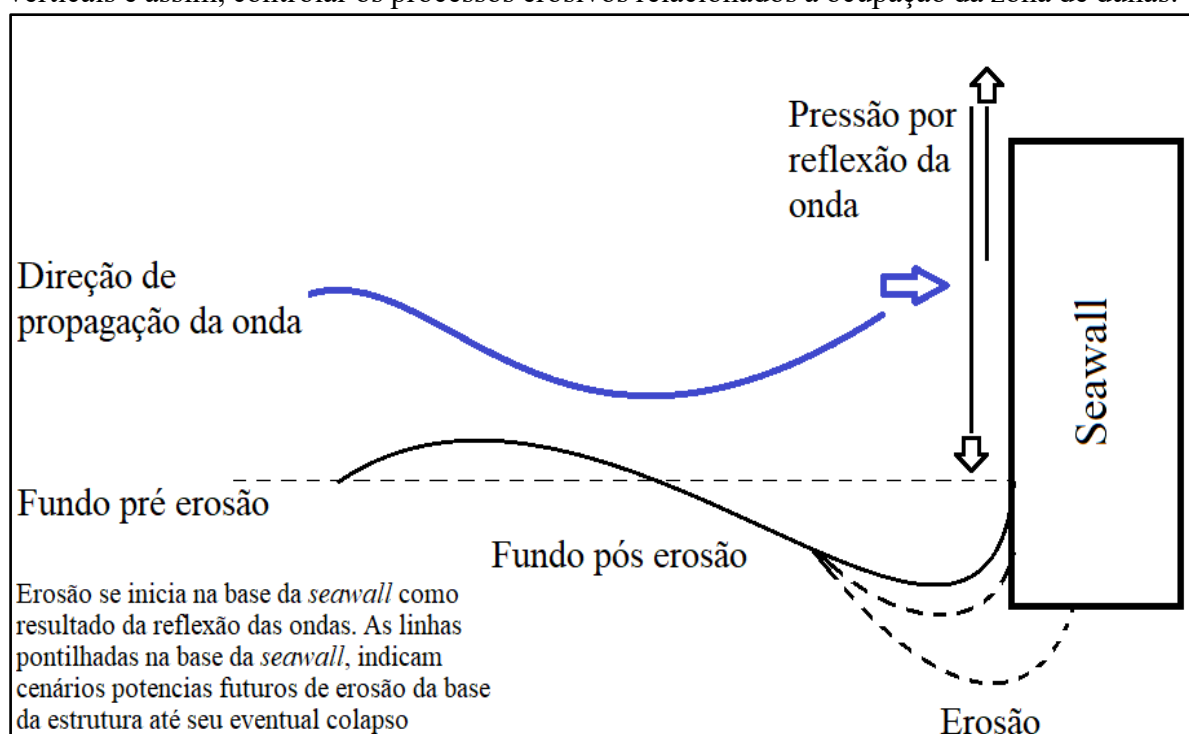
Bird (2008) mostrou que muitos dos problemas verificados pelas construções verticais de *seawall*, ocorrem em função da reflexão das ondas, que ao colidirem contra a parede sólida, retornam ao mar, formando correntes de retorno com mais energia e altura, levando embora sedimentos da base da estrutura (**Figura 7**). Kraus & Pilkey (1988); Tait & Griggs (1990) e Hsu *et al.* (2007) observaram a diminuição da faixa de areia em diversas praias, na qual, *seawalls* foram construídas de maneira vertical e com baixa permeabilidade.

Muito da incerteza sobre a efetividade de tais estruturas remontam ao fato de sua construção ser usualmente em áreas com ocorrência de processos erosivos. Em função disso, Pilkey & Wright (1988) propuseram a utilização de erosão “passiva” e “ativa”. A passiva, estaria relacionada à erosão natural ocorrida no local, caracterizando uma tendência pré-existente. Enquanto a ativa, estaria diretamente ligada aos efeitos da interação entre a *seawall* e os agentes hidrodinâmicos presentes na linha de costa.

A principal problemática referente às estruturas de *seawall* remetem ao seu material e modo de construção. A região da *Gold Coast* - Austrália, possui grande parte da sua costa protegida por *seawalls*, a diferença, é que enorme quantidade de tempo e pesquisa foram

dedicadas ao entendimento e aperfeiçoamento destas estruturas, chegando a um modelo inclinado de 1m de altura para 1,5m de comprimento, com diferentes texturas de material (granulometria) que permitem a penetração e dissipação da energia de onda (JACKSON & TOMLINSON, 2017).

Uma vez construídas, estas *seawalls* são recobertas por sedimentos iguais ao do ambiente em que foram instaladas, de maneira a integrar estas estruturas ao ambiente praiar. Desta maneira e com este tipo de estrutura, associada também à inserção de sedimentos na célula litorânea por meio do engordamento praiar e/ou sistemas de *by-pass*, a Escola Australiana de Engenharia Costeira conseguiu mitigar a erosão ativa causada pelas *seawalls* verticais e assim, controlar os processos erosivos relacionados à ocupação da zona de dunas.



**Figura 7.** Processos erosivos acentuados em função da reflexão de onda em virtude de estruturas verticais (Fonte: o autor).

### 3.8 Linha de costa

Compreender a dinâmica da linha de costa, indicador físico relacionado ao limite entre água e terra (DOLAN *et al.*, 1980), é de suma importância para o desenvolvimento de diretrizes reguladoras e norteadoras das políticas associadas as regiões costeiras (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1990), conjuntamente com o planejamento de ações para remediação de riscos (CROWELL *et al.*, 1997) visto a possibilidade de identificar os padrões da dinâmica costeira para médio e longo prazo (CRACKNELL, 1999).

Extremamente ativa, a posição da linha de costa é diretamente influenciada pela capacidade de transporte sedimentar (atrelada as correntes longitudinais e de retorno) e da dinâmica local do nível do mar (ação de ondas, *storm surge*, marés, *runup etc.*) (BOAK & TURNER, 2005), deste modo, é importante, portanto, compreender sua alta capacidade de variação, podendo sua progradação ou retrogradação horizontal ser na casa de centímetros, ou até mesmo dezenas de metros a partir da escala temporal em questão (KOMAR, 1976).

Para identificar sua posição e variação, é necessário primeiramente a escolha de um indicador. Na literatura diversos proxy's são descritos, incluindo o nível máximo de espriamento, linha de dunas, linha de vegetação, sopé da duna frontal etc. (CROWELL *et al.*, 1991; LEATHERMAN, 2003; MUEHE & KLUMB-OLIVEIRA, 2014). Uma vez definido, é necessário conseguir fontes de informação passíveis de retirada de dados a partir do *proxy* escolhido, podem ser imagens aéreas, fotografias antigas, imagens de satélite, sensoriamento remoto dentre outros (BOAK & TURNER, 2005).

Com o entendimento dos processos associados à linha de costa, torna-se possível identificar e quantificar taxas de variação ao longo dos anos, além de possibilitar compreender tendências passadas e estimar futuras (DOLAN *et al.*, 1991), associadas aos processos erosivos presentes nesta zona geomorfológica (MAZZER & DILLENBURG, 2009).

### **3.9 Metodologia de monitoramento**

A fim de atingir os objetivos propostos para interpretação e compreensão dos efeitos de agentes climato-oceanográficos no ambiente praiial, será utilizado na dissertação a metodologia de Birkermeier (1981): *Two person beach survey*.

#### **3.9.1 Two person beach survey**

Descrito por Birkemeier (1981), é um método aperfeiçoado do modelo proposto por Emery (1961) e Davis *et al.* (1966). *Two Person Beach Survey* (monitoramento praiial por duas pessoas) permite a elaboração de perfis praiiais para identificação da variação do pacote sedimentar em  $m^3/m$ , é amplamente utilizado para o monitoramento de praias oceânicas no mundo inteiro, função de sua simplicidade e baixo custo operacional.

### 3.10 Storm Power Index

A fim de caracterizar tempestades extratropicais para a costa Nordeste do oceano Atlântico, Dolan & Davis (1992) introduziram o *Storm Power Index*, uma classificação análoga a escala de *Saffir-Simpson*, utilizada para classificação de ciclones tropicais. A principal motivação para a elaboração deste novo *index*, é a de que a classificação de *Saffir-Simpson* não leva em conta a duração do evento, altura da onda e altura da *storm surge* local.

Deste modo, o *index* proposto de classificação das tempestades leva em conta o local de formação, a direção de propagação, as distâncias percorridas, duração dos eventos e altura de onda. A partir de análise de eventos de tempestade que resultaram em modificações na zona de costa, foram computados 1.347 eventos com ondulações em alto mar de alturas superiores a 1,5m; entre os anos de 1942 e 1984.

A partir da combinação de variáveis de altura significativa da onda ( $H_{1/3}$ ) e duração dos eventos, chegou-se a uma terceira variável, poder relativo das ondas, que permitiu por meio de métodos de *cluster* classificar o poder das tempestades. O método utilizado para a classificação foi o de *average linkage* no qual a partir da similaridade da distância média entre os casos, possibilitou-se o agrupamento de 28 *clusters* a partir da variável de poder de ondas. Como algumas classes apresentaram poucos casos, eles foram manualmente agrupados a partir das médias em cinco classes (DOLAN & DAVIS, 1992) (**Quadro 1**).

- ▶ Classe 1 - Fraca (*weak*): Altura média de 2m com duração aproximada de 8h,
- ▶ Classe 2 - Moderada (*moderate*): Altura média de 2,5m com duração aproximada de 18h,
- ▶ Classe 3 - Significante (*significant*): Altura média de 3,3m com duração aproximada de 34h,
- ▶ Classe 4 - Severa (*severe*): Altura média de 5m com duração aproximada de 63h.
- ▶ Classe 5 - Extrema (*extreme*): Altura média de 7m com duração aproximada de 96h.

**Quadro 1.** Classes de tempestade e impactos costeiros (Fonte: adaptado de DOLAN & DAVIS, 1992).

<b>Escala de tempestade</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Altura de onda média</b>	<b>Duração</b>	<b>Erosão da praia</b>	<b>Recuperação da praia</b>	<b>Erosão da duna</b>	<b>Rompimento da duna</b>	<b>Sobrelavagem</b>	<b>Danos a propriedades</b>
<b>Classe 1</b>	Fraca	2m	8h	Pequenas alterações	Total e imediata	Nenhuma	Nenhum	Nenhuma	Nenhum
<b>Classe 2</b>	Moderada	2,5m	18h	Modesta: Face-praial	Total e imediata	Nenhuma	Nenhum	Nenhuma	Pequena e local
<b>Classe 3</b>	Significante	3,3m	34h	Por toda a praia	Geralmente se recupera totalmente em um período de meses	Pode ser singnificante	Nenhum	Áreas de baixa inundação	Perda de muitas estruturas em escala local
<b>Classe 4</b>	Severa	5m	63h	Severa	Raramente se recupera	Severa ou destruição	Onde a praia é pouco larga	Áreas de baixa inundação	Perda de muitas estruturas em escala comunitária
<b>Classe 5</b>	Extrema	7m	96h	Extrema	Alterações permanentes	Severa e destruição de grandes áreas	Por toda a praia	Massiva	Extensa perda em escala regional

As tempestades são comumente associadas a eventos extremos, e estes, respondem de maneiras distintas para as características morfológicas de cada praia. A partir da relação entre elevação vertical máxima ( $R_{MAX}$ ) e mínima ( $R_{MIN}$ ) do nível da água e as dimensões verticais da morfologia praial  $D_{MAX}$  e  $D_{MIN}$ , representada pela maior elevação da crista da duna frontal, ou qualquer outra estrutura existente, Morton & Sallenger (2003) identificaram quatro distintos tipos de resposta da costa arenosa aos eventos extremos, propondo a escala de impactos de tempestade (*Storm power scale*).

► Regime de espraiamento (*swash regime*): a onda não atinge a base da duna frontal, tem-se a erosão do pós-praia e transporte dos sedimentos em direção ao mar (*cross-shore*). Sob condições de menor energia o sedimento é novamente depositado na parte área do sistema praial, o volume sedimentar líquido é mantido.

► Regime de colisão (*collision regime*): o  $R_{MAX}$  elevado ao atingir a base da duna, força sua erosão, este sedimento é transportado tanto em direção ao mar (*cross-shore*) como ao longo da costa (*long-shore*), impossibilitando seu retorno a região das dunas como consequência tem-se uma erosão líquida, o pós-praia é submetido as mesmas condições do regime de espraiamento.

► Regime de sobrelavagem (*overwash*):  $R_{MAX}$  é superior ao  $D_{MAX}$ , o *runup* ocorre por cima das dunas acarretando a formação de leques de sobrelavagem (KLEIN, 2016), o sedimento transportado em direção ao continente não retorna para as dunas, assegurando uma erosão líquida do sistema de dunas.

► Regime de inundação (*inundation regime*): as dunas frontais são completamente inundadas e submetidas à ação da zona de surfe.

Os eventos extremos representam grandes riscos as zonas costeiras, regularmente associadas a perdas de vida e bens materiais (MURTY, 1988; STORCH *et al.*, 2015), sendo capaz de intensificar significativamente a erosão no cordão de dunas frontais, retirando sedimentos de regiões que usualmente permanecem secas, como identificado por Vellinga (1982); Komar & Holman, (1986); Flather (2001); Benavente *et al.* (2002); Simó & Horn Filho (2004); Van Rijn (2008); Li *et al.* (2014); Harley *et al.* (2017); Plomaritis *et al.* (2018).

## 4 ÁREA DE ESTUDO

---

Neste tópico será elaborada uma breve descrição da área de estudo referente ao clima, geologia e geomorfologia, dados oceanográficos e ocupação do solo.

### 4.1 Localização geográfica

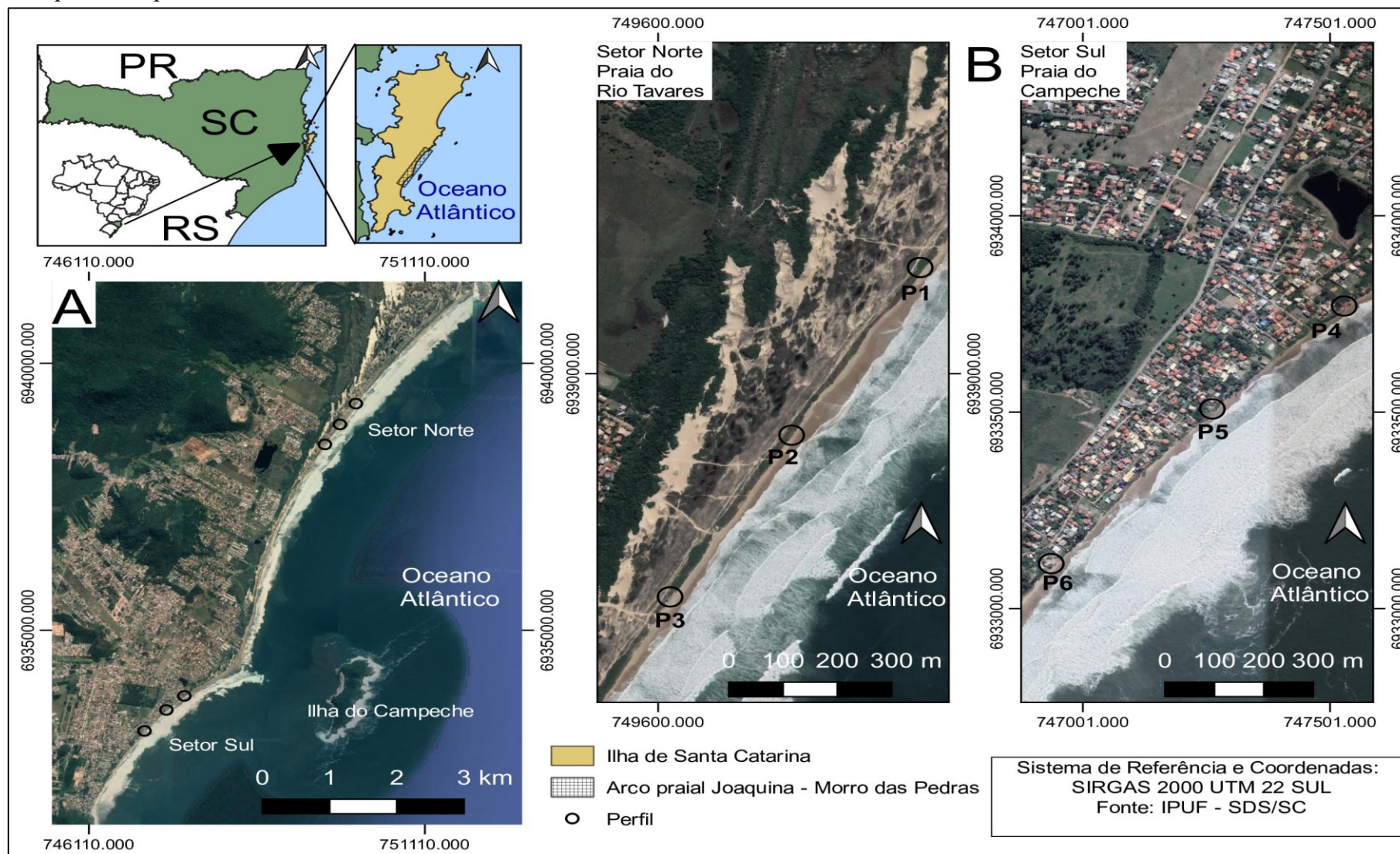
A ilha de Santa Catarina situada no litoral Sudeste do Brasil, possui um perímetro de 171,3km dos quais 88km ou 50,5% corresponde a praias arenosas (HORN FILHO, 2006), característica comum à linha de costa de ambientes temperados e tropicais (MCLACHLAN, 1983).

A área de estudo encontra-se na margem Leste da ilha de Santa Catarina, caracterizada por suas praias voltadas ao mar aberto, oceano Atlântico. A margem oceânica Leste da ilha possui uma extensão total de 33km onde, no limite Norte, encontra-se a ponta das Aranhas, na latitude Sul de 27° 28' e, no limite Sul, a ponta da Armação na latitude Sul de 27°46' (TORRONTEGUY, 2002).

O foco da pesquisa é uma área pertencente a um mesmo sistema praial no setor leste da ilha de Santa Catarina, ou seja, sujeito as mesmas ações hidrodinâmicas, porém diferente quanto ao modelo de ocupação da zona de dunas, contemplando as praias do Rio Tavares (setor Norte) e sul da praia do Campeche (setor Sul) nas coordenadas geográficas 27°38'42" Sul e 27°42'22" Sul (**Figura 8**). Esta área é caracterizada por Abreu de Castilhos e Gré (1997) como um sistema praial alongado, pertencente ao arco praial Joaquina-Morro das Pedras com extensão total de 11.000 m e orientação NNE - SSW (HORN FILHO *et al.*, 2014).



**Figura 8.** Mapa de localização geográfica dos setores Norte e Sul da área de estudo, correspondendo à praia do Rio Tavares e praia do Campeche, respectivamente.



## 4.2 Clima

Nimer (1989) caracterizou o clima da região Sul do Brasil como predominantemente mesotérmico (Cf), do tipo temperado (Cfb), com temperaturas médias no inverno inferiores a 18° e que no verão não ultrapassam os 22°. O estado de Santa Catarina, inserido entre os paralelos 26° Sul e 30° Sul (PANDOLFO *et al.*, 2002), possui segundo a classificação de KÖPPEN, o predomínio de clima mesotérmico (Cf), acrescido de dois subtipos. Além do temperado (Cfb), previamente descrito e presente em 59,9% da área do estado (ALVARES *et al.*, 2013), é possível identificar também o clima subtropical (Cfa), definido por um inverno de temperaturas médias inferiores a 18°, e um verão que facilmente ultrapassa os 22° (OMETO, 1981). Tal característica é responsável nos meses de dezembro a março, pelos elevados índices pluviométricos observados em Santa Catarina.

Monteiro (2001) relatou que as chuvas em Santa Catarina apresentam uma boa distribuição ao longo das quatro estações, e estão diretamente relacionadas às frentes frias, vórtices ciclônicos, cavados de níveis médios, convecção tropical, ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e a circulação marítima.

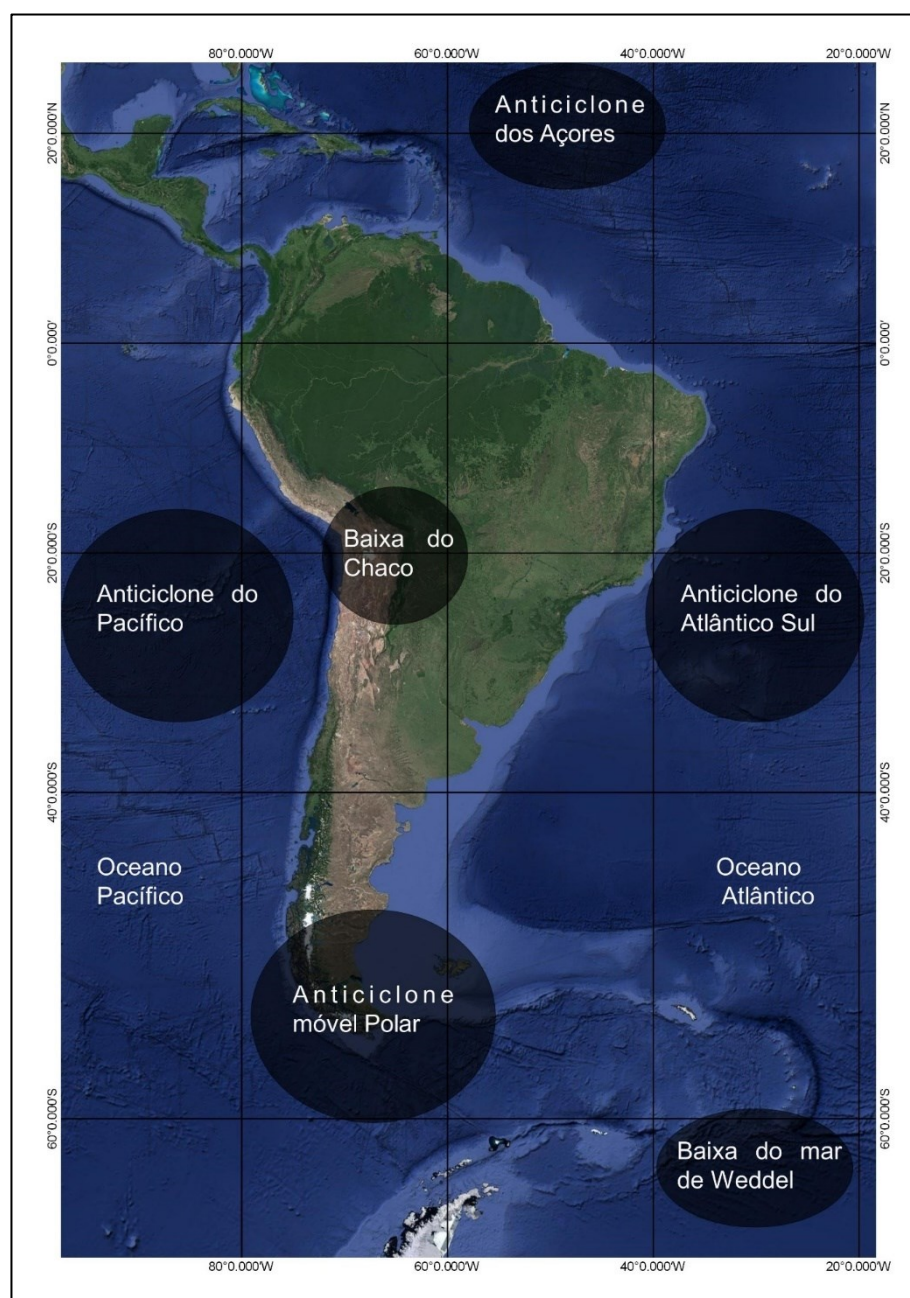
Oliveira (1986) analisando imagens de satélite entre 1975 e 1984, observou uma alta passagem de frentes frias entre 35° e 25° Sul no período de inverno, e que tal característica é responsável pelo baixo índice pluviométrico da estação na região do litoral, visto que o fortalecimento destas massas de ar inibe a formação de nuvens mais desenvolvidas, assegurando um tempo estável. Nesta estação, os municípios costeiros apresentam precipitação média de 100mm (MONTEIRO, 2001).

Os principais centros de divergência atmosférica atuantes na região Sul do Brasil, são identificados por Nimer (1989) (**Figura 9**) como: anticiclone do Atlântico, anticiclone móvel Polar, responsável pela instabilidade atmosférica na região da ilha de Santa Catarina, anticiclone do Pacífico e baixa do Chaco, sendo o anticiclone do Atlântico Sul o principal responsável pelas características atmosféricas da região costeira do Sul do Brasil, gerando ventos de NE e SE (MONTEIRO *et al.*, 1995).

Quando o anticiclone Atlântico é perturbado pelo avanço de uma massa de ar frio, oriunda das regiões polares, tem-se a formação de ventos do setor sul imediatamente após a

passagem da frente fria (STECH & LORENZZETTI, 1992), sendo ela a responsável pelos ventos de maior intensidade que atingem a ilha de Santa Catarina (CRUZ, 1998).

Estes ventos de sul, influenciados pelo efeito *Coriolis*, são responsáveis por um empilhamento de água na costa Leste do continente Sul Americano (TRUCCOLO, 1998). Quando acrescidos de grandes ondulações, este empilhamento de água pode se tornar um evento extremo, capaz de grandes transformações na morfologia da região atingida e assim acentuar os processos erosivos perceptíveis.



**Figura 9.** Centros climáticos de divergência atmosférica (Fonte: adaptado de BRITTO *et al.*, 2006).

### 4.3 Geologia e geomorfologia

A província costeira, termo introduzido por Villwock (1972), é a zona de transição entre oceano e terra, variando de 60m de altitude até aproximadamente a quebra da plataforma continental, em 200m de profundidade. Na ilha de Santa Catarina, além do embasamento cristalino, compreende-se também a parte emersa (planície costeira), com depósitos fortemente associados às regressões e transgressões do nível marinho (HORN FILHO, 2003). A plataforma continental da ilha de Santa Catarina é caracterizada por seu caráter deposicional (ZEMBRUSCKI, 1979), definindo-a como uma região sumidouro de sedimentos de baixa declividade (GRÉ, 1993).

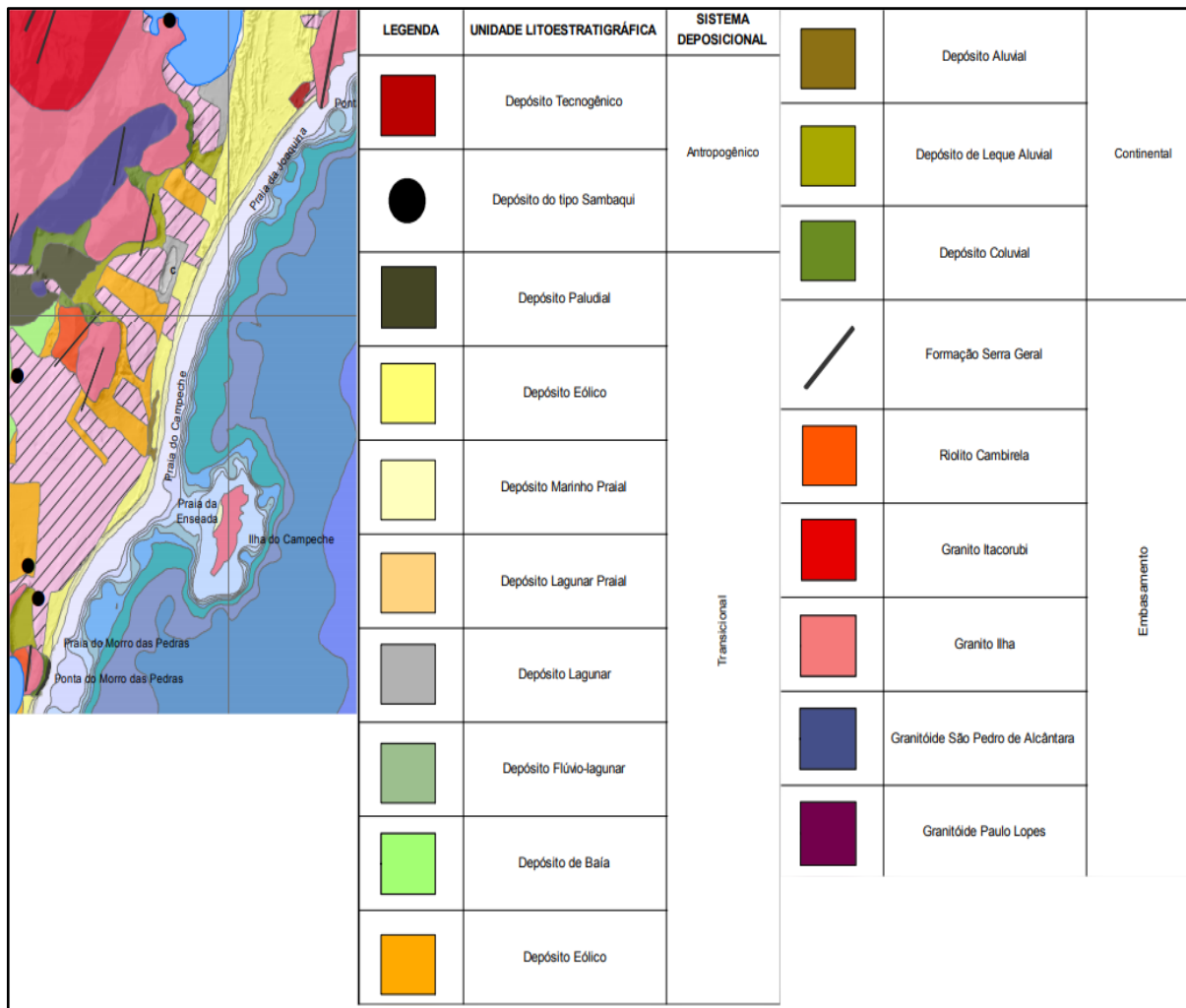
Tomazzoli *et al.* (2018) setorizaram o embasamento cristalino da ilha de Santa Catarina, a partir de cinco unidades litoestratigráficas: Complexo Águas Mornas, Granito São Pedro de Alcântara, Granito Ilha, Suíte Plutono Vulcânica Cambirela e Enxame de Diques Florianópolis, além de refusões graníticas e rochas miloníticas e cataclásticas.

Os promontórios que delineiam a área de estudo nos extremos junto à praia da Joaquina e do Morro das Pedras são formados do Granito Ilha, litotipo predominante da ilha de Santa Catarina, de cor cinza claro, formados principalmente por quartzo, feldspato e biotita, além de minerais acessórios e secundários, com idade variando entre 600 e 585 Ma AP. Tais estruturas fazem parte da unidade geomorfológica Serras do Leste Catarinense, sequência de elevações, orientadas predominantemente de SW-NE. Tal formação, por ser mais resistente aos processos erosivos, desponta em direção ao mar no formato de costões e pontais rochosos (HERRMANN & ROSA, 1991). Em ambos promontórios, é possível identificar presença de diques básicos de diabásio da Formação Serra Geral com coloração escura (TOMAZZOLI & PELLERIN, 2014).

Horn Filho & Livi (2013) caracterizaram na planície costeira da ilha de Santa Catarina treze tipos de depósitos, a partir de três sistemas deposicionais: antropogênico, transicional e continental. Os depósitos são: tecnogênico, do tipo sambaqui, marinho praiial, eólico, lagunar, lagunar praiial, fluviolagunar, de baía, paludial, aluvial, de leque aluvial e coluvial, respeitando suas idades do Quaternário indiferenciado, Pleistoceno, Holoceno e Antropoceno.

De acordo com o mapa geoevolutivo da planície costeira da ilha de Santa Catarina (HORN FILHO & LIVI, 2013) (**Figura 10**), o sistema praiial observado, inserido na planície costeira da ilha de Santa Catarina, compreende em seus setores Norte e Central, depósitos marinhos praiiais atuais, em forma de cordões litorâneos (CARUSO JR., 1993), de texturas variadas e depósitos eólicos (dunas transversais ativas) formados por sedimentos arenosos finos, bem selecionados e de cor esbranquiçada. Na porção Sul ocorrem depósitos eólicos com dunas longitudinais fixas e depósitos marinho praiiais atuais, todos relacionados às variações relativas do nível do mar ocorridas durante o Pleistoceno e Holoceno (HERRMANN & ROSA, 1991; SANTOS, 1995). É possível também identificar depósitos antropogênicos tecnogênicos nos aterros no setor Sul, próximo à praia do Campeche.

Com orientação NNE-SSW, o arco praiial Joaquina - Morro das Pedras, compreende uma faixa de aproximadamente 11km de extensão, onde na coordenada geográfica de 27°41'Sul (HORN FILHO *et al.*, 1999) ocorre uma “zona de sombra” causada pela presença da ilha do Campeche (pontal emerso de Granito Ilha), responsável por difratar e refratar ondas, alterando sua altura e direção. Devido a esta característica em conjunto com a menor energia de ondas, existe uma tendência à criação de uma zona deposicional de sedimentos, levando assim, a formação de um pseudo-tômbolo, uma saliência entre a ilha do Campeche e a praia homônima do arco praiial (SCHMIDT, 2010), o qual, gera um perfil convexo e anômalo ao padrão côncavo da área (BROGGIO, 2015).



**Figura 10.** Mapa geológico do arco praiial Joaquina - Morro das Pedras (Fonte: Horn Filho & Livi, 2013).

#### 4.4 Oceanografia

Os agentes oceanográficos, ondas, marés e correntes litorâneas são os principais dinamizadores e modeladores de praias arenosas oceânicas (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Diversos estudos em escala global, mostram que estes agentes oceanográficos, associados a eventos extremos, são capazes de remobilizar enormes taxas de sedimentos da linha de costa, retirando-o da região emersa e podendo transportá-los para além da profundidade de fechamento, gerando um déficit sedimentar para a célula, e por consequência, erosão (NIEDORODA *et al.* 1984; STIVE & VRIEND DE, 1995; VAN DE MEENE & VAN RIJN, 2000; SOUZA, 2009).

#### 4.4.1 Ondas

Por possuir uma feição voltada ao mar aberto, as praias do Campeche e Rio Tavares estão sujeitas à ação direta das ondas e eventos extremos provenientes do oceano Atlântico.

Torronteguy (2002), Araújo *et al.*, (2003), Miot da Silva (2006), Cechinel (2014), Broggio (2015) e Tomaz (2016) identificaram o predomínio de ondulações provenientes de leste-nordeste e sul-sudeste na costa da ilha de Santa Catarina.

Torronteguy (2002) afirmou que durante o período monitorado (abril de 2000 a março de 2001) para a extensão praial Joaquina - Morro da Pedras, as ondulações de maior intensidade, período e tamanho, ocorreram durante o inverno, com predomínio de ondulações de sul e sudeste. A primavera por sua vez, apresentou ondas de baixa energia, oriundas principalmente do setor leste-nordeste.

Araújo *et al.* (2003) caracterizaram o regime de ondas da ilha de Santa Catarina a partir de verão e inverno, identificando que no verão, existe um equilíbrio entre *swell* de sul e leste e que no inverno, o predomínio é de ondulações proveniente do sul, com atuação de ondulações de leste, apresentando médias de altura de 1,25m para orientação leste, e 1,25 à 2m para orientação sul, além de períodos bem definidos entre 8 e 12s.

#### 4.4.2 Marés

A ilha de Santa Catarina, segundo a Tábua de Marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil - DHN, está inserida na categoria de marés semiduras, classificada por Davies (1980) como uma costa de micro marés, de amplitudes médias de 0,8m, podendo chegar a valores de 1,4m. Esta amplitude pequena, se comparada aos estados do norte do país, é função da costa Sul estar próxima ao ponto anfidrômico secundário existente no oceano Atlântico Sul, que acaba por diminuir a contribuição da Lua como força atuante para a maré astronômica (SCHWIDERSKI, 1980), além de regular como as ondas de maré atuam dentro da bacia deste oceano (MELO F.º, 2017).

Quando acrescidas da maré meteorológica, o soerguimento anormal do nível do mar na borda da plataforma continental é comumente associado à ocorrência de eventos extremos, caracterizado por ondas de alta energia provenientes de sul/sudeste e de longos

períodos. Ao longo de 1991 e 2001, Simó & Horn Filho (2004) contabilizaram 18 episódios de “ressaca”, subida anormal do nível do mar e compreendidos aqui como evento extremo, no litoral de Santa Catarina. Tais eventos são fortemente associados à acentuação dos processos erosivos perceptíveis no ambiente praias.

#### 4.4.3 Correntes litorâneas

Torrenteguy (2002) caracterizou quatro tipos de correntes capazes de influenciar a dinâmica sedimentar e a morfologia da zona costeira, são elas: correntes de maré, correntes de circulação oceânica, correntes fluviais e correntes litorâneas.

No caso da ilha de Santa Catarina, as correntes de maré e as correntes de circulação oceânicas exercem influência muito pouco significativa, ou seja, não exercem poder expressivo na remobilização sedimentar e transformação morfológica. As marés no sul do Brasil são do tipo micro maré, e não são capazes de gerar correntes fortes o suficiente para regular a dinâmica do ambiente praias. A corrente de circulação oceânica do Brasil, que tangencia a região da ilha de Santa Catarina, passa na parte central e quebra da plataforma continental, entre 140 e 180m de profundidade (NAGAI *et al.*, 2014), portanto não é capaz de influenciar a dinâmica sedimentar e morfológica da linha de costa.

As correntes fluviais são perceptíveis nas desembocaduras de “grandes” corpos hídricos, tais corpos fluviais transportam e inserem enormes quantidades de sedimentos à célula litorânea, todavia, na área de estudo, não existe nenhuma desembocadura de grande porte. Por este motivo, as correntes fluviais apresentam importância secundária na função de dinamizadoras do transporte sedimentar na área de estudo, deste modo, apenas as correntes litorâneas se mostram capazes de influenciar diretamente o transporte de sedimentos nas praias analisadas.

As correntes litorâneas, descritas no capítulo anterior como de retorno (*rip current*) e longitudinal (*longshore current*) atuam de forma significativa na região. Schmidt (2010) encontrou velocidades de deriva litorânea para a ilha do Campeche, que oscilaram entre 0,6 e 0,9 *knots*. Cechinel (2014), no setor Norte do arco praias Joaquina - Morro das Pedras, encontrou velocidades de corrente na média de 0,39m/s com sentido sul. Broggio (2015), estudando a saliência do Campeche, encontrou valores para a deriva litorânea que variaram



com médias de 0,33 e 0,35m/s, com predomínio em 58,3% dos casos de deriva no sentido sul, Tomaz (2016) também identificou predomínio de deriva para sul com velocidades médias entre 0,06 e 0,27m/s durante seu estudo na região do Morro das Pedras.

#### 4.5 Ocupação costeira

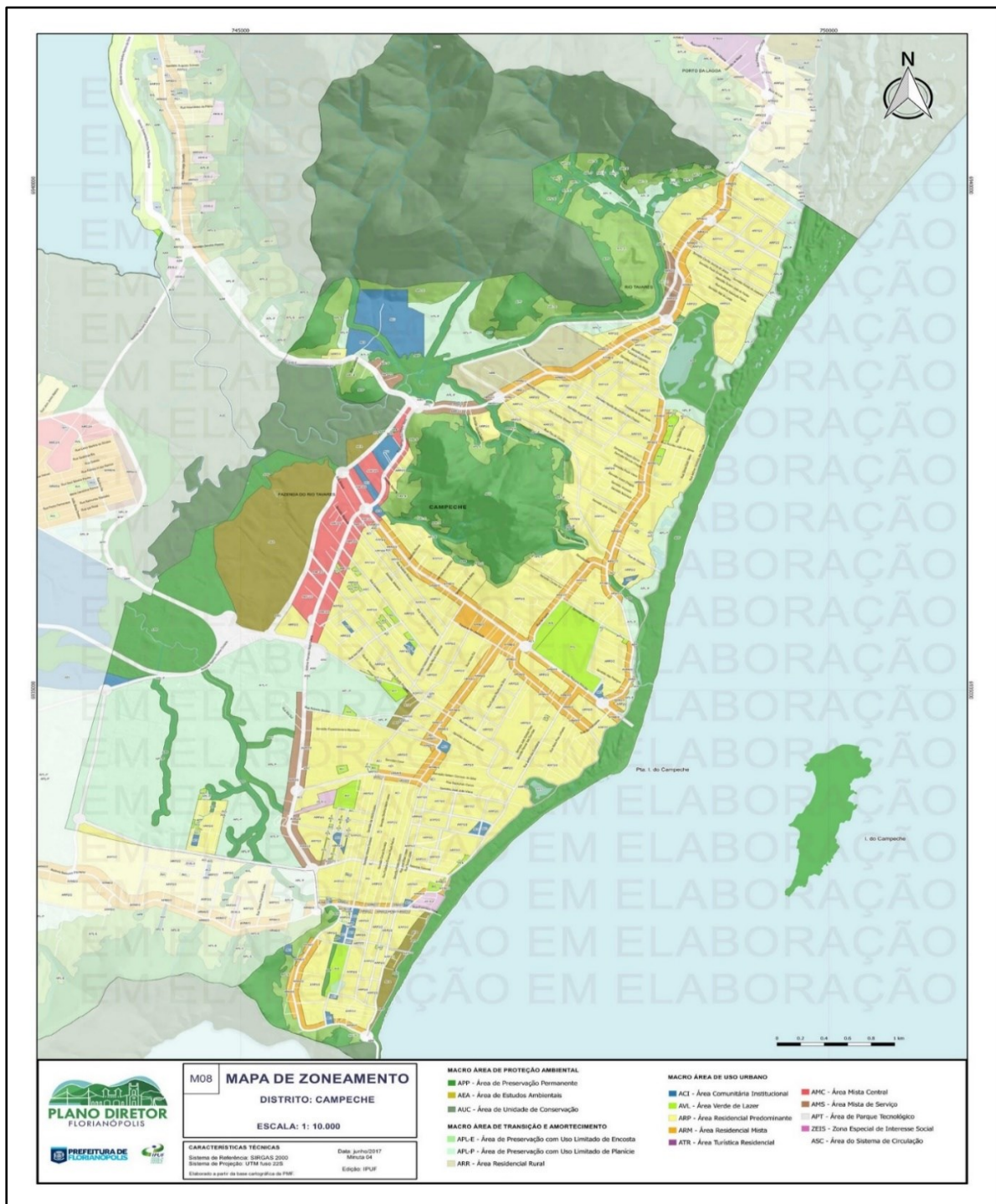
No setor Norte da área de estudo encontra-se o Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (Decreto municipal nº 213 de 14 de dezembro de 1979), caracterizado como APP (Área de Preservação Permanente). O parque estende-se desde a Avenidas das Rendeiras, na laguna da Conceição, até quase a Avenida Pequeno Príncipe no Campeche, garantindo a preservação e conservação do cordão de dunas ao longo do trecho monitorado da praia do Rio Tavares.

No setor Sul do sistema praias, também integra, segundo o zoneamento do Plano Diretor (PD) de Florianópolis (2014) (**Figura 11**) áreas de APP. Porém, com a ocupação humana anterior ao PD atual. Esta área é caracterizada por um elevado adensamento populacional na zona do cordão de deposição eólica das dunas. A ocupação da região litorânea do Campeche, é fortemente associada à presença de *seawalls* no limite superior do pós-praia, estruturas que podem acabar acentuando os processos erosivos (BIRD, 2008) ao invés de atenuá-los.

Durante a década de 70, ocorreu a inauguração da ponte Governador Colombo Machado Salles, responsável por uma dinâmica totalmente nova e nunca vista à ilha de Santa Catarina, a velocidade dos fluxos automotivos e de turistas aumentou drasticamente. Em um primeiro momento a consequência observada foi a de expansão para os balneários do Norte. Com a chegada do transporte público, meados da década de 70, a rotina do ilhéu (nativo da ilha de Santa Catarina) foi se alterando, pessoas que se ocupavam da terra passaram a trabalhar no comércio, serviços públicos e em outros bairros, fato que alterou a dinâmica de uso da terra, a população passou a cada vez menos se dedicar às atividades “tradicionais”, dando início a grandes “loteamentos” na região do Campeche (MOREIRA, 2009).

A região das Areias do Campeche, inserida no setor Sul da área de estudo, possui um assentamento bem consolidado no domínio das dunas, ocupado precariamente durante os

anos 80 por pessoas de menor poder aquisitivo, adquiridas de grileiros ou por simplesmente cercarem “terrenos” baldios (MOREIRA, 2009).



**Figura 11.** Mapa de zoneamento do distrito do Campeche - Rio Tavares (Fonte: IPUF - Florianópolis 2014).

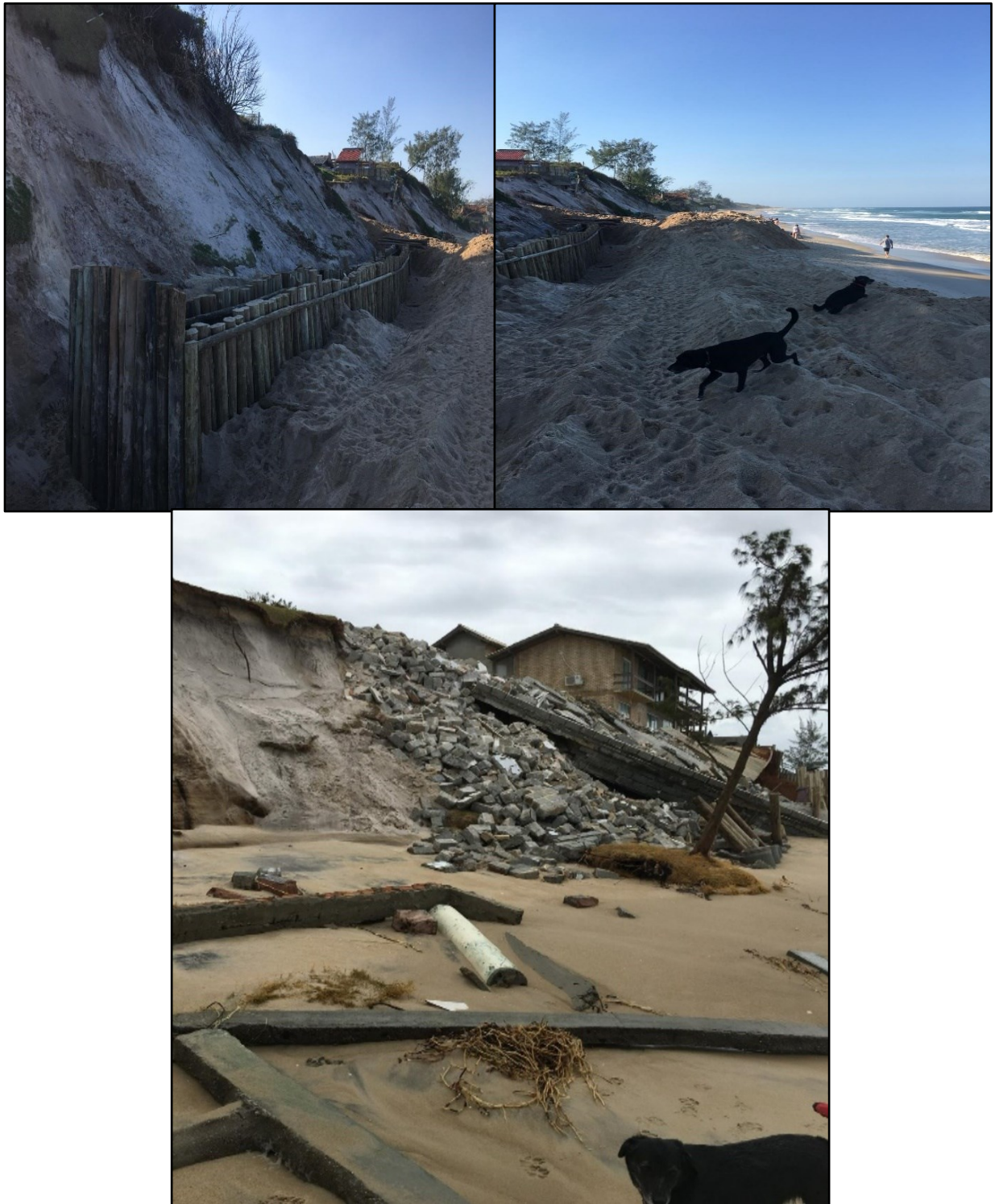
No final da década de 80 e início dos anos 90, com a pavimentação de diversos acessos ao balneário, como por exemplo a SC405 e Av. Pequeno Príncipe, além da implementação de redes de telefonia e água encanada, parte da política de ocupação da

planície costeira do Campeche, fizeram com que o bairro, que contava com uma população de 2.301 nos anos 70, saltasse para 18.570 nos anos 2000 (Plano Diretor Participativo de Florianópolis).

Com a melhoria de infraestrutura, a parte sul do Campeche, Areias, a partir dos anos 2000 começa a se valorizar, alterando os padrões de construção, elevando e agregando valor ao local, função do rápido acesso à praia, centro, escolas, supermercados e aeroporto.

As casas simples que por ali existiam são vendidas, derrubadas e reconstruídas por esta nova classe média que inicia este segundo ciclo de ocupação da região, não respeitando os limites do oceano e o do balanço sedimentar. Por este motivo, diversos proprietários se vêem obrigados a construir estruturas semi-rígidas (paliçadas), na tentativa de “conter” os processos erosivos e de salvar as estruturas à retaguarda (**Figura 12**). Durante este processo, ao fazer a “cova” para fixação da paliçada, muitas vezes acabam por inserir à dinâmica costeira enormes quantidades de areia do pós-praia, que rapidamente são transportadas para outras células, intensificando os processos erosivos locais.

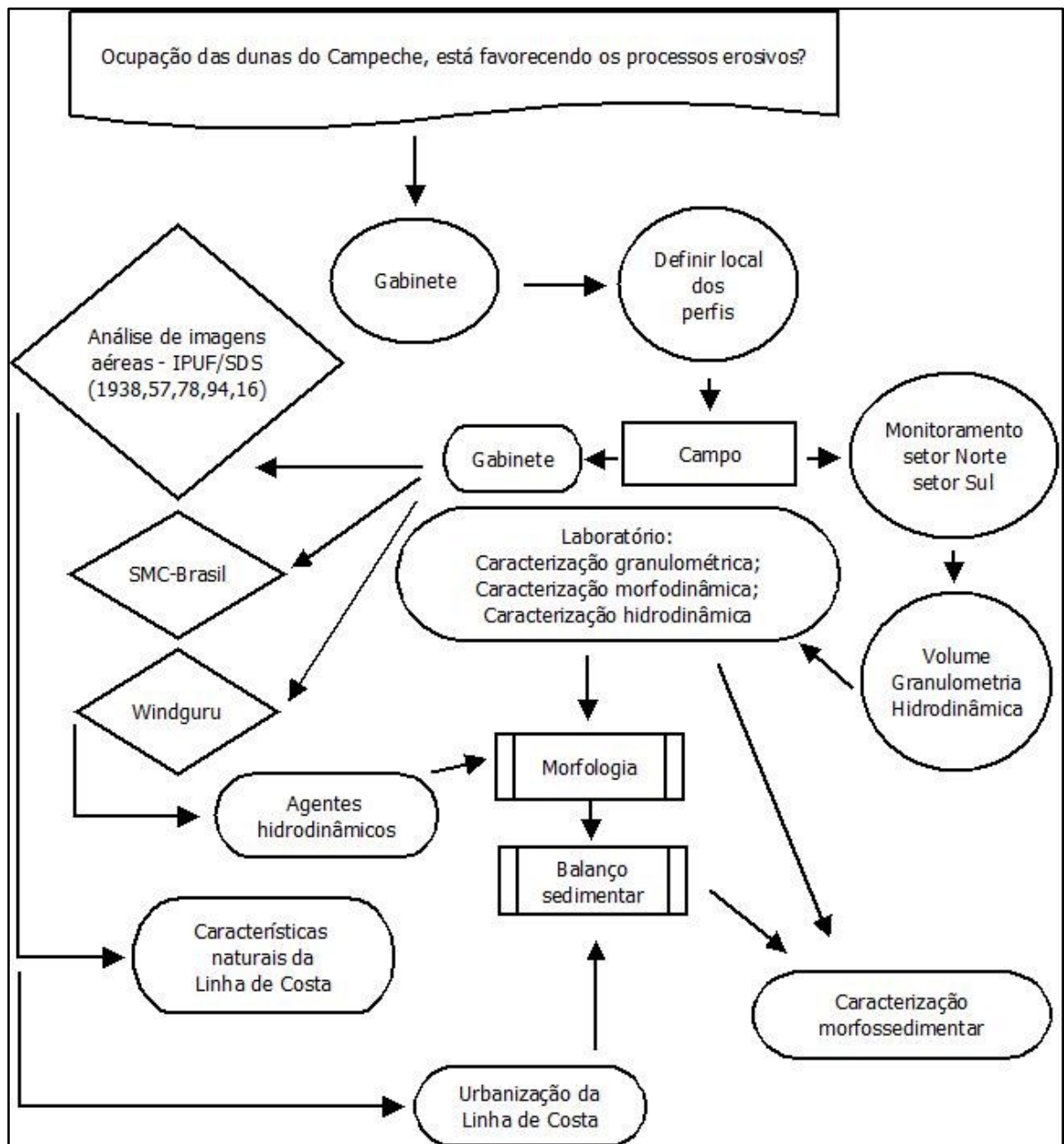
As construções são tantas ao longo da extensão sul da praia, que entre a rua Lomba do Sabão e a rua do Chalé, distantes aproximadamente 900m, não existe nenhum trecho no qual as dunas frontais estão mantidas, resultando em um grande trecho com indicadores erosivos na região do pós-praia, consequência do aprisionamento sedimentar conjuntamente com as variáveis hidrodinâmicas que atuam na costa Leste da ilha de Santa Catarina. A ocupação destes cordões arenosos no trecho Sul deve, portanto, apresentar significativos resultados erosivos, se comparados ao trecho Norte da área monitorada, permitindo comparações válidas no que diz respeito à influência destas estruturas para o balanço sedimentar como causadoras da erosão ativa.



**Figura 12.** Erosão costeira na praia do Campeche. A foto superior demonstra o processo de escavação para fixação das bases das estruturas de contenção (*seawall*) à erosão costeira, a fim de evitar novas perdas materiais como observadas na foto inferior. Fotos do autor (topo: junho de 2019 e base: outubro de 2018).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

A partir do questionamento da influência da ocupação dos ambientes de deposição marinho praial e eólica na praia do Campeche, relacionando com o balanço sedimentar do arco praial Joaquina - Morro das Pedras, foi proposta uma metodologia para averiguação desta questão, dividida em seis etapas e descritas de acordo com o fluxograma da **Figura 13**.



**Figura 13.** Fluxograma das etapas metodológicas da presente pesquisa.

► Etapa 1 - Atividade de gabinete pré-campo: incluiu o levantamento bibliográfico, cadastramento geocartográfico, preparação do material necessário para o trabalho de campo, elaboração de planilhas e implementação dos marcos topográficos.

► Etapa 2 - Trabalho de campo: consistiu na coleta de dados morfológicos, granulométricos e oceanográficos ao longo dos perfis praias em doze campanhas de campo, coleta diária durante o período monitorado (agosto 2018 a dezembro 2019) via *website windguru*, dos dados de ondulação e vento, além da simulação via SMC-Brasil do comportamento das ondulações predominantes, frente aos pontos possíveis de difração.

► Etapa 3 - Aquisição, tratamento e análise de imagens aéreas e seus produtos por meio dos *softwares* Q-GIS 3.6.3 NOSSA e extensão *DSAS (Digital Shoreline Analysis System)* disponível no ArcGis®, a fim de compreender as tendências da linha de costa para os dois setores estudados entre 1938 e 2016, procurando identificar tendências erosivas para a região.

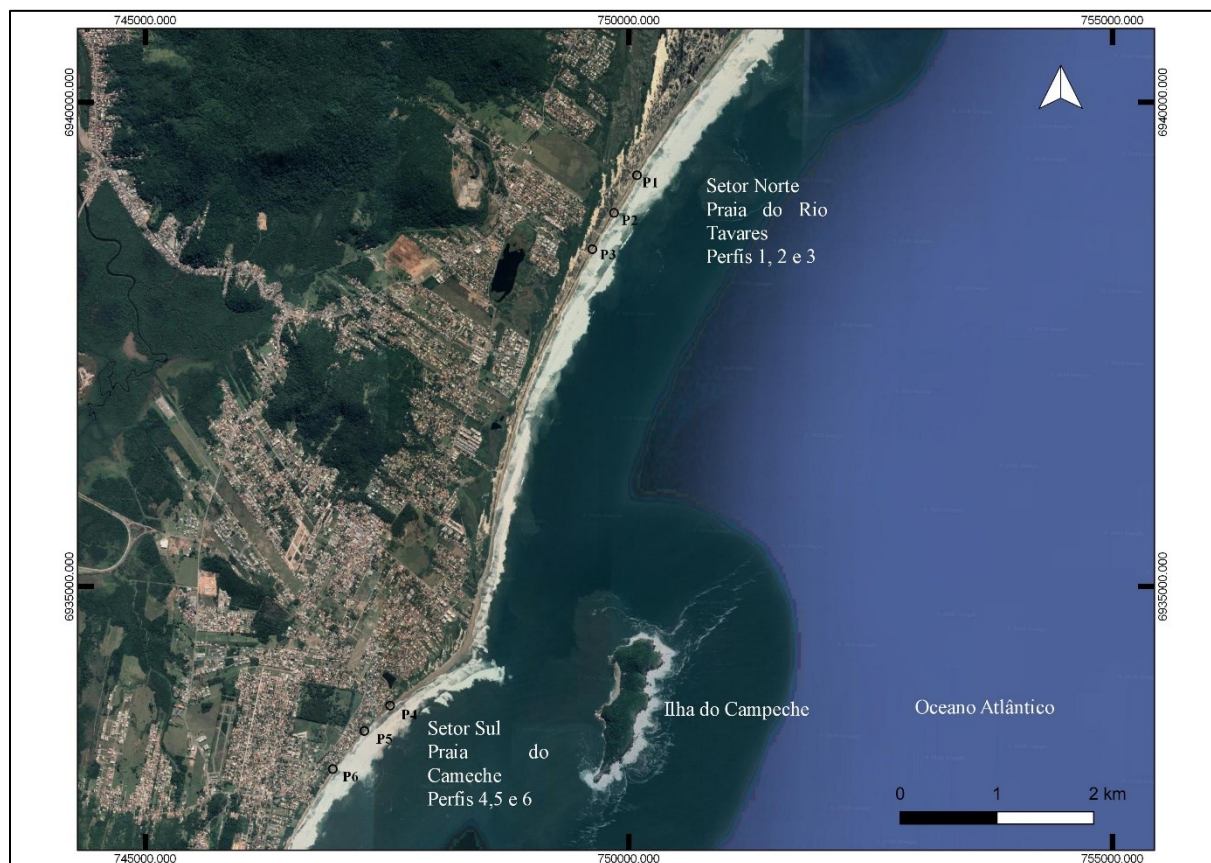
► Etapa 4 - Análise laboratorial: tratamento das amostras de sedimentos, incluindo o processo de lavagem, secagem, quarteamento, peneiramento e pesagem.

► Etapa 5 - Tratamento dos dados, consistiu em relacionar os dados morfossedimentares obtidos com as informações oceanográficas do período monitorado.

► Etapa 6 - Compilação e interpretação dos dados: constituiu o passo final da dissertação. Com todas as campanhas de campo realizadas e analisadas, a finalidade nesta etapa foi a caracterização morfossedimentar, conjuntamente com a interpretação dos agentes hidrodinâmicos que favorecem os processos erosivos, além de identificar o papel da urbanização para com o balanço sedimentar praias do arco estudado.

De acordo com o fluxograma, a primeira etapa do trabalho competiu à definição das células a serem estudadas a fim de sua caracterização morfossedimentar. Para tanto, foram definidos dois trechos do arco praias Joaquina - Morro das Pedras para realização do monitoramento, distintos em função dos diferentes tipos de ocupação e utilização das dunas frontais (**Figura 14**). Seis perfis foram selecionados: perfil 1, perfil 2, perfil 3, perfil 4, perfil 5 e perfil 6, doravante denominados de P1, P2, P3, P4, P5 e P6

A escolha destes locais deu-se por terem uma orla voltada para leste e sob influência dos mesmos regimes costeiros, apresentando, entretanto, diferentes usos por parte da população para a região da linha de costa ao longo de sua extensão. Para tal, foram selecionados seis perfis ao longo do trecho monitorado, três no setor Norte (Rio Tavares – P1, P2 e P3) e três no setor Sul (Campeche – P4, P5 e P6), condizentes às coordenadas UTM observadas na **Tabela 2**.



**Figura 14.** Localização geográfica da área de estudo, com indicação dos marcos topográficos dos perfis P1, P2 e P3 para a praia do Rio Tavares e P4, P5 e P6 para a praia do Campeche. (Imagem *Google Earth* - 2019).

**Tabela 2.** Coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator) dos perfis selecionados (latitude Sul, longitude Oeste).

UTM	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<b>Latitude</b>	6939289	6938908	6938524	6933811	6933493	6933493
<b>Longitude</b>	0750138	0759895	0749677	0747581	0747262	0748989

Para garantir o melhor entendimento possível dos regimes climato-oceanográficos nas regiões monitoradas, definiu-se a realização de modelagem via *software* computacional - SMC-Brasil (Sistema de Modelagem Costeira), a fim de identificar as principais direções de propagação de ondulação e a compreender o ângulo de ataque das ondas junto à região

costeira de interesse, com as possíveis zonas de difração em função dos promontórios existentes da praia da Armação e ilha do Campeche, que alterariam o ângulo de chegada das ondulações setores analisados.

Em conjunto com a modelagem da área, os dados de vento, direção de ondulação, período, e altura significativa de ondas foram monitorados diariamente entre agosto de 2018 e dezembro de 2019 a partir do *website windguru*, no intuito de compreender as respostas da morfologia praial frente aos agentes hidrodinâmicos predominantes no período entre as campanhas de campo, além de permitir identificar a quantidade de eventos extremos ao longo do período, a partir da *Storm Power index* (DOLAN & DAVIES, 1992). Para isso, foi adotado como evento extremo, aqueles eventos oceanográficos no qual o oceano encontrava-se sob forte influência de centros atmosféricos, possibilitando a propagação de *swell* com pelo menos 2m por um período de pelo menos oito horas, caracterizando assim, evento de classe 1.

Uma vez delimitadas as células (Rio Tavares e Campeche), foram caracterizados seis perfis: três ao Norte e três ao Sul, distando aproximadamente 500m entre si, resultando em uma extensão monitorada de 1000m no trecho Norte e 1000m no trecho Sul (**Figura 15**). Os perfis foram a base para o desenvolvimento da pesquisa de campo. O objeto do estudo, a praia, foi monitorada nos dois setores ao longo das quatro estações a partir da metodologia proposta por Birkemeier (1981).

Ao final do monitoramento, o método disponibilizou um total de 12 transectos por perfil, transversais à linha de costa, o que permitiu a visualização e quantificação da variação do volume líquido e acumulado do pacote sedimentar, da declividade e largura da faixa de areia, possibilitando, aliado à coleta e análise de sedimentos, a caracterização do comportamento sedimentar e morfológico de cada perfil e dos distintos setores.





**Figura 15.** Comparação do contexto de urbanização na região das dunas frontais, na praia do Rio Tavares (imagem superior) e na praia do Campeche (imagem inferior). Também é possível identificar a localização dos marcos topográficos P1, P2 e P3 referentes ao setor Norte e P4, P5 e P6 no setor Sul (Imagem *Google Earth* - 2020).

Como consequência do monitoramento, os dados da velocidade de deriva litorânea (corrente) e dados granulométricos foram coletados durante todas as campanhas, para caracterização morfossedimentar do ambiente em laboratório. Cada perfil contou com três amostras de sedimentos por campanha nos setores morfológicos da base da duna frontal, pós-praia e face praial.

Por fim, com os dados de campo, foi possível caracterizar os setores e os seis perfis avaliados quanto aos regimes oceanográficos presentes e suas consequências para a morfologia costeira, além de sua caracterização morfodinâmica de acordo com o parâmetro  $\omega$  encontrado.

Para compreender os efeitos da urbanização como fatores agravantes ou não dos processos erosivos na área de estudo, foi necessário realizar a caracterização passada das linhas de costa para os dois setores, e assim, identificar se os setores possuíam uma tendência significativa a processos erosivos anterior à ocupação das dunas frontais. A partir da utilização de imagens aéreas obtidas por meio de aerolevantamentos e satélites disponíveis junto ao IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis) e SDS (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina), foi possível aferir as características pretéritas do comportamento da linha de costa para a praia do Rio Tavares e do Campeche.

De maneira geral, esperava-se que os dados morfológicos apresentassem números volumétricos negativos (erosivos), maiores no setor Sul em relação ao setor Norte, visto que a região do Campeche é altamente urbanizada.

Neste trecho, diversas estruturas de contenção vertical, como *seawalls* estão presentes, podendo estar diretamente relacionadas à intensificação dos processos erosivos. Ao final do período das campanhas, estes resultados poderão ou não ser relacionados à antropização da área, por meio da variação do volume acumulado, identificados para os diferentes perfis e trechos do arco-praial e principalmente, por meio das estatísticas obtidas através da extensão *DSAS*, que possibilitam à identificação de taxas associadas à variabilidade da linha de costa. A partir da comparação dos resultados entre os setores Norte e Sul, pode-se identificar se a urbanização é responsável por uma descaracterização natural

do balanço sedimentar, a partir do favorecimento dos processos erosivos que culminam para uma erosão ativa do sistema praial.

## **5.1 Monitoramento praial**

### **5.1.1 *Two Person Beach Survey***

Para a realização do monitoramento praial foi necessário a definição de um marco fixo, de referência, para cada perfil analisado na base ou crista da duna frontal. A partir deste marco, duas balizas foram posicionadas, uma próxima ao marco, região da duna frontal e outra na zona de deixa, a fim de assegurar um transecto perpendicular à linha de costa durante as campanhas.

Uma vez que as balizas foram alinhadas, o nível topográfico foi posicionado, para que então se iniciasse as visualizações de alturas da morfologia praial por meio do fio superior, médio e inferior para posições de ré e vante. Os pontos de medida variaram de acordo com a morfologia da praia, não tendo uma distância definida para cada medição. Para monitorar o perfil foram necessários além do marco e das balizas, uma régua com aproximadamente 5m e o aparelho óptico de medição da altura, o nível topográfico. Cada campanha também contou com a coleta sedimentar de três amostras para caracterização da granulometria da praia em seus distintos setores morfológicos.

Com esta configuração, a partir do marco de referência fixo e do monitoramento dos perfis, tornou-se possível identificar características de erosão, acreção ou equilíbrio nos perfis monitorados, bem como a relação da variação de seu volume líquido e volume acumulado ( $m^3/m$ ).

Com a relação entre a seção transversal do perfil e 1m de largura, foi possível quantificar o pacote sedimentar aéreo do sistema ( $m^3/m$ ) a partir das alturas obtidas pelo nível. O pacote sub-aquoso, parte submersa da praia, ficou impossibilitado da quantificação de seu estoque sedimentar por falta de equipamentos que permitissem uma melhor coleta de dados, visto que a metodologia proposta não é muito adequada para medição do pacote submerso para costas com elevada energia de onda, função da dificuldade de se manter a régua estacionada na zona de surfe.

O volume líquido corresponde a quantidade do pacote sedimentar que foi erodido ou acrescido em  $m^3/m$ , entre uma campanha e outra. O volume acumulado indicou ao final de todo o monitoramento quantos  $m^3/m$  foram remobilizados no perfil, inferindo se houve erosão, acreção ou manteve-se em equilíbrio em relação aos valores encontrados para a campanha 1.

Uma vez que as medidas do fio superior, médio e inferior foram transcritas ao computador, utilizando-se de uma rotina de MatLAB desenvolvida para EXCEL por Broggio (2015), foi possível transformar estes valores de altura em um desenho 2D, tornando visível por meio de perfis, as variações sedimentares destes pacotes.

Os perfis 2D necessitam um *datum* arbitrário que seja associado ao estofo da maré baixa de sizígia (SCHMIDT, 2010), a fim de aferir um nível médio do mar. O *datum* arbitrário (RN) para este estudo, foi estipulado através das médias obtidas nas campanhas para cada um dos perfis.

### **5.1.2. Caracterização hidrodinâmica**

A observação da dinâmica costeira *in situ*, é pautada na metodologia proposta por Melo Filho (1993) e amplamente reproduzida para quantificação da velocidade e direção da deriva, altura de onda e período. A técnica para identificar a velocidade da deriva litorânea consiste na utilização de uma garrafa pet de 500ml, areia e trena de medida. Primeiramente se completa aproximadamente 3/5 da garrafa com sedimentos arenosos, desta maneira tem-se a garantia que o objeto, derivador, permanecerá na posição vertical quando lançado ao mar.

O local de lançamento do derivador precisa ser identificado na areia, para que após 120s ao retirar o objeto da água, se possa por meio de uma trena medir a distância e aferir a velocidade da deriva litorânea (m/s), conjuntamente com seu sentido, norte a sul, sul para norte ou inexistente.

A altura de quebra observada ( $H_b$ ) e período médio ( $T$ ) são monitorados a partir da zona de surfe com o auxílio da régua. Para a altura de onda é observado o nível da água e

então contabilizado a altura média de dez ondas, para quantificar o período, é contabilizado o intervalo de tempo para a quebra de onze ondas a partir de um marco de referência.

## 5.2 SMC-Brasil (Sistema de Modelagem Costeira)

O *software* SMC foi desenvolvido pelo Instituto de Hidráulica Ambiental (IH CANTABRIA) da Universidade da Cantábria, Espanha. É uma metodologia que combina modelos numéricos a fim de auxiliar na prevenção da erosão costeira juntamente com estimativa de riscos de inundação para a região (DALINGHAUS, 2016).

No ano de 2010, por meio de acordo de cooperação técnica, científica e tecnológica entre o governo brasileiro e espanhol, deu-se início à execução do projeto de Transferência de Metodologias e Ferramentas de Apoio à Gestão da Costa Brasileira, que resultou na adaptação do modelo espanhol para que fosse de acessível utilização na costa do Brasil. A partir disso, surgiu o SMC-Brasil.

O SMC-Brasil possui uma base de dados de onda diária e horária que vai do ano de 1948 a 2008 - totalizando 60 anos de dados para a costa brasileira, calibrados e validados (GOMES DA SILVA *et al.*, 2015). Melhores detalhes sobre os modelos numéricos e processos de validação dos dados podem ser observados em Dalinghaus (2016).

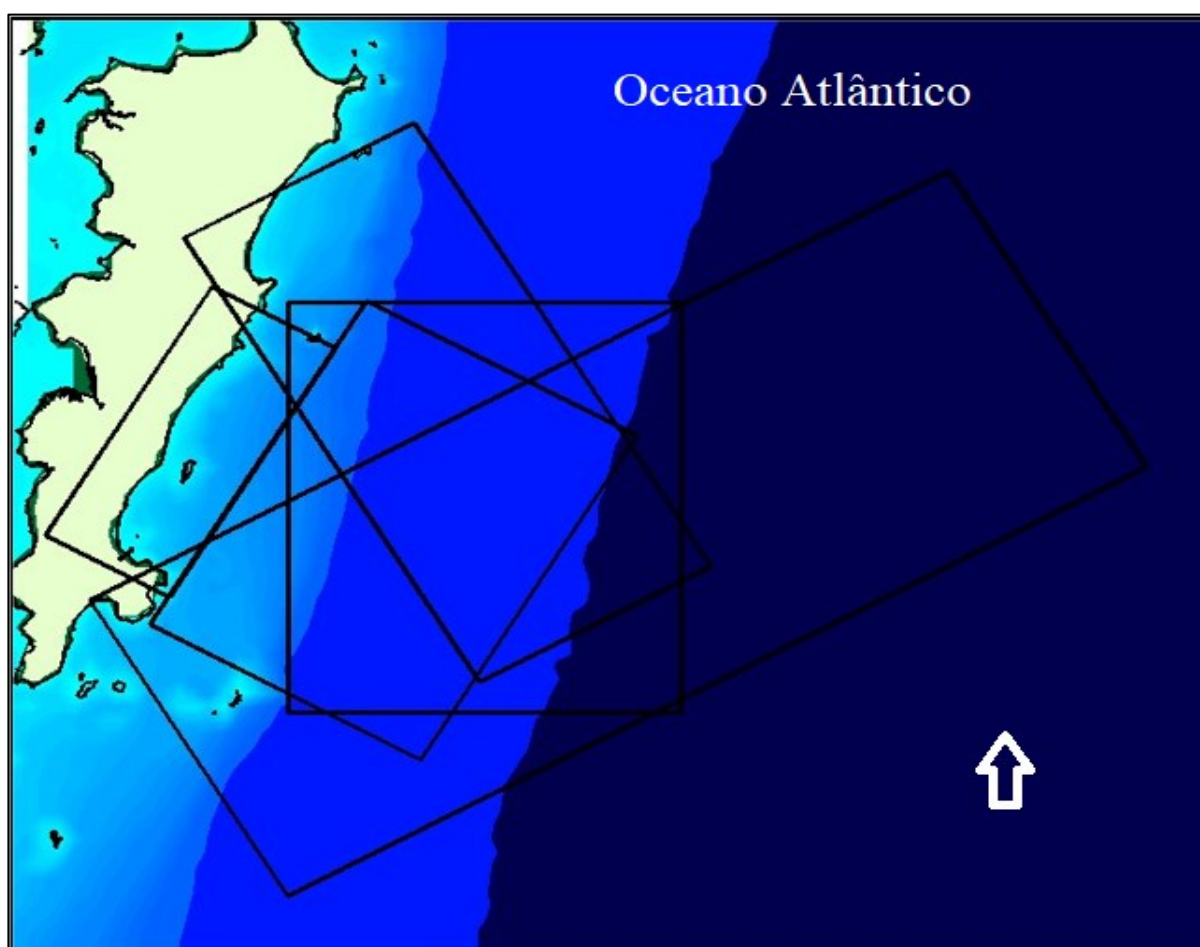
A utilização deste modelo se dá pela vasta quantidade de dados disponíveis para o Brasil, permitindo a simulação de propagação de ondas,  $H_s$  (altura significativa), período (T), correntes litorâneas, transporte de sedimentos, estabilidade do perfil, dentre outras modelagens.

O principal objetivo da utilização do SMC-Brasil neste trabalho, é identificar o comportamento anual dos dados climato-oceanográficos e aferir à influência dos promontórios na difração das ondas mais significativas para a região de interesse.

Sabendo das limitações do sistema computacional utilizado, a simulação de todos os casos possíveis da série temporal do SMC-Brasil se tornaria algo impossível, deste modo, a partir do método de máxima dissimilaridade, foram selecionados 100 casos de direção, altura e período de ondulações a partir da distância euclidiana entre eles. Com um N amostral

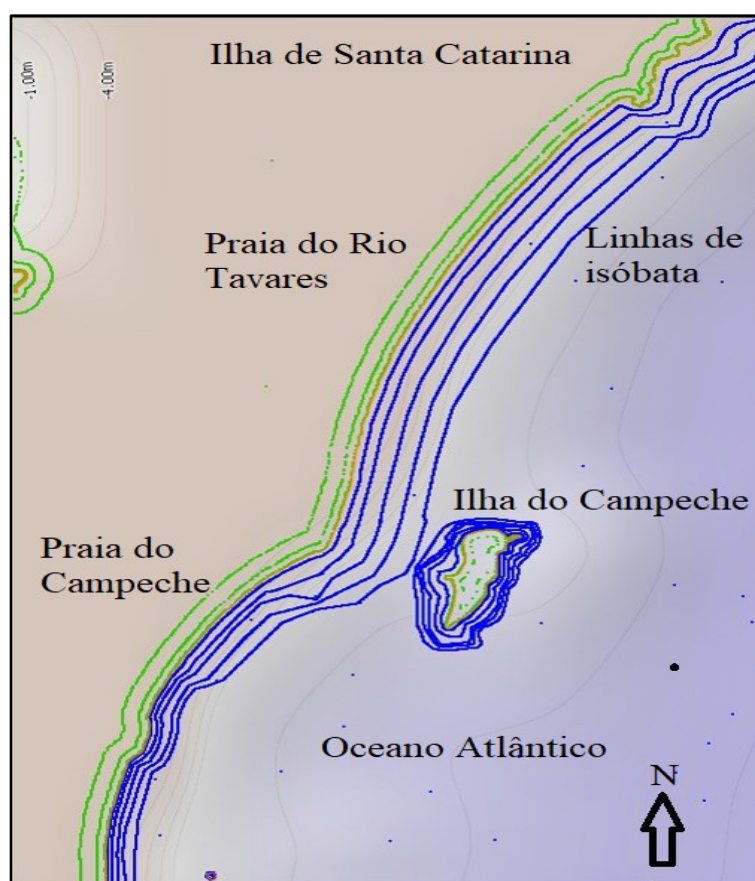
superior a 100, os erros referentes à seleção de casos são pouco representativos (CAMUS, 2011).

No modelo, as ondulações devem entrar com no máximo  $50^\circ$  em relação ao eixo principal da malha (região de interesse onde os dados serão simulados), sendo assim, foram criadas quatro malhas gerais de propagação de ondulação, com aberturas de  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  e  $150^\circ$  (**Figura 16**), além de uma malha aninhada para cada malha geral, dessa maneira todas as principais direções de ondulação conseguiriam ser simuladas para a área de estudo. A malha aninhada, é uma malha de menor espaçamento, colada, adjacente à malha geral no sentido oceano-terra, portanto é ela que permite os maiores detalhes oceanográficos da região próxima à costa, a malha aninhada inicia no oceano e termina em terra firme, garantindo assim a total propagação das ondulações até a linha de costa e simulando sua consequência para zona costeira.



**Figura 16.** Malhas gerais com aberturas de  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  (conjuntamente com sua aninhada) e  $150^\circ$  (Fonte: o autor, SMC – Brasil).

Para maior fidelidade nos dados de direção de incidência, pontos de difração e refração de ondas, é necessário o *input* de valores batimétricos no *software* (Figura 17). Por não haver dados de profundidade da zona de surfe no arco praial Joaquina-Morro das Pedras, foi realizado um levantamento de estudos que analisaram a granulometria de praias da região do arco e adjacências, Armação e praia Mole, a fim de obter resultados associados à granulometria do local e assim, simular a batimetria da região. Os dados granulométricos utilizados para os diferentes transectos, foram retirados de Torronteguy (2002); Oliveira *et al.* (2014) e Broggio (2015).



**Figura 17.** Batimetria inserida manualmente no programa SMC - Brasil para o trecho Norte e Sul do arco praial Joaquina-Morro das Pedras, com isóbatas de 2, 4, 6, 8 e 10m, encontradas a partir do Perfil Praial de Equilíbrio de Dean (1977).

O Perfil Praial de Equilíbrio (DEAN, 1977) permite simular a tendência de funcionamento do fundo de areia, e assim, tornar possível aferir uma eventual batimetria local. Partindo do pressuposto de que as forças hidrodinâmicas são constantes, encontra-se

H (profundidade) por meio de uma relação entre A (parâmetro adimensional relacionado ao diâmetro médio do grão) e y (distância horizontal do início do perfil) (**Equação 1**).

$$H=A*y^{2/3}$$

**Equação 1.** Perfil praiial de equilíbrio.

Os dados de granulometria e parâmetro adimensional A, utilizados para criação da batimetria podem ser observados na **Tabela 3**.

**Tabela 3.** Parâmetros utilizados para cálculo do Perfil Praial de Equilíbrio (DEAN, 1977).

	RT	CAM	ICAM	MP	CAL	ARM
<b>d<sub>50</sub></b>	0,18	0,35	0,19	0,22	0,43	0,24
<b>A</b>	0,0936	0,135	0,0968	0,106	0,1498	0,112

Legenda: RT (Rio Tavares); CAM (Campeche Areias); ICAM (ilha do Campeche); MP (Morro das Pedras); CAL (Caldeirão); ARM (Armação); d<sub>50</sub> (tamanho médio do grão em mm); A (parâmetro adimensional utilizado).

A partir da utilização da equação de Dean, foi possível simular uma batimetria para as profundidades de 1 a 10m (**Tabela 4**). Uma vez que a batimetria já tinha sido realizada, seus valores foram inseridos no programa SMC, de maneira a assegurar uma maior fidelidade dos dados hidrodinâmicos obtidos pelo programa de modelagem. O presente trabalho não buscou aferir uma batimetria real da região. Este passo se mostrou necessário em função de que os dados hidrodinâmicos simulados, apresentariam melhores resultados a partir da inserção da batimetria local. Por falta de dados reais associados ao arco-praiial, tornou-se necessária simulação de batimetria por meio do Perfil Praial de Equilíbrio apenas para um melhor resultado do modelo SMC.



**Tabela 4.** Batimetria encontrada em base ao Perfil Praial de Equilíbrio.

Prof. (m)	Rio Tavares	Campeche (Areias)	Ilha do Campeche	Morro das Pedras	Caldeirão	Armação
1	34,3	19,9	32,6	11,6	10,8	26,2
2	96,5	55,9	91,8	32,5	30,4	73,9
3	176,8	102,4	168,2	59,6	55,8	135,3
4	271,6	157,3	258,4	91,5	85,7	207,8
5	379,0	219,4	360,5	127,7	119,5	289,9
6	497,5	288,0	473,2	167,6	156,9	380,6
7	626,3	362,5	595,6	211,0	197,5	479,1
8	764,4	442,5	727,0	257,6	241,1	584,8
9	911,3	527,5	866,7	307,1	287,4	697,1
10	1066,5	617,4	1014,3	359,4	336,3	815,9

Legenda: Prof. = (Profundidade), coluna indicam distância da costa em metros (m) para a profundidade em questão.

### 5.3 Caracterização granulométrica

As amostras foram tratadas no Laboratório de Sedimentologia, do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina. Cada amostra foi lavada individualmente para retirada de sais e resíduos de matéria orgânica, para depois serem secas na estufa a 60°C, e assim, se iniciar o processo de quarteamento, peneiramento e pesagem.

Após a total secagem das amostras, elas foram passadas em um quarteador tipo Jones, para que então seja separado um total de areia entre 30 a 40g para as análises granulométricas.

Uma vez secas e quarteadas (30-40g), as amostras passaram por um processo de peneiramento, no qual, dez diferentes telas foram utilizadas, variando  $\frac{1}{2} \phi$  por malha. A peneira mais grosseira tem 1mm e a mais fina tem 0,062mm, respeitando a escala de Wentworth (1922). O material retido em cada malha foi individualmente pesado em balanças de alta precisão. Este processo laboratorial é descrito em Suguio (1973).

Os resultados obtidos foram organizados em forma de tabela para utilização do *software* SYSGRAN 3.0. Por meio do tratamento estatístico proposto por Folk & Ward

(1957), os parâmetros granulométricos de Mz (média aritmética), Md (mediana), Dp  $\sigma$  (desvio padrão), Ski (assimetria) e Kg (curtose) foram obtidos para cada amostra.

#### 5.4 Caracterização morfodinâmica

Para classificação morfodinâmica dos setores monitorados, foi utilizada a metodologia descrita por Wright & Short (1984), na qual a partir do parâmetro adimensional ômega ( $\Omega$ ) se tornou possível aferir se a praia apresentava característica dissipativa, refletiva ou intermediária (**Equação 2**).

---


$$\Omega = Hb/Ws.T$$

**Equação 2.** Cálculo para encontrar o padrão adimensional ômega (WRIGHT & SHORT, 1984).

---

Para o cálculo do valor de  $\Omega$ , foi necessário encontrar a velocidade de decantação das partículas ( $W_s$ ), inicialmente proposto por Gibbs (1971) (**Equação 3**).

---


$$W_s = \frac{-3\eta + \sqrt{9\eta^2 + gr^2\rho_f(\rho_s - \rho_f)(0,015476 + 0,19841r)}}{\rho_f (0,011607 + 0,14881 r)}$$

**Equação 3.** Cálculo da velocidade de decantação das partículas.

---

Compreende-se por  $W_s$  = velocidade de sedimentação (cm/s), o resultado de:  $\eta$  = viscosidade dinâmica do fluido;  $g$  = aceleração da gravidade (9,81m/s<sup>2</sup> ou 981cm/s<sup>2</sup>);  $r$  = raio médio da partícula (cm);  $\rho_f$  = densidade do fluido (g/cm<sup>3</sup> - 1,025g/cm<sup>3</sup> para a água do mar) e  $\rho_s$  = densidade da partícula (g/cm<sup>3</sup> - 2,65g/cm<sup>3</sup> para quartzo).

Por não levar em consideração a assimetria das partículas, e entender-las como perfeitamente simétricas, Baba e Komar (1981) propuseram uma correção para velocidade de sedimentação proposta por Gibbs *et al.* (1971) (**Equação 4**), ( $W_m$ ), sendo  $W_m = 0,761 W_s$ . Deste modo a equação aqui utilizada para cálculo do  $\Omega$  foi:

---

$$\Omega = H_b/W_m.T$$

**Equação 4.** Cálculo do parâmetro ômega com a velocidade de sedimentação corrigida. (BABA & KOMAR, 1981)

---

Além do parâmetro ômega, a morfodinâmica também foi descrita a partir dos parâmetros morfométricos descritos por Short & Hesp (1982): largura média da praia ( $Y_b$ ), índice de mobilidade do pós-praia ( $\sigma Y_b$ ) (desvio padrão da posição média da linha de costa), coeficiente de variação da linha de costa (CV%), declividade da face praial, variação de volume, diâmetro médio do grão ( $M_z$ ), velocidade de sedimentação das partículas ( $W_s$ ) e altura da arrebentação de onda ( $H_b$ ).

O coeficiente de variação da linha de costa (CV%) é obtido através da relação entre a largura média da praia e seu desvio padrão, dados obtidos através do tratamento estatístico da largura de praia por meio do coeficiente de variação de Pearson,  $CV Y_b\% = Y_b/\sigma Y_b$  (FARIAS & LAURENCEL, 2000).

Os valores utilizados para o cálculo de ômega são referentes às médias visuais encontradas para altura de ondas e período médio de cada um dos perfis ao longo das 12 campanhas de campo, enquanto que os dados granulométricos para cálculo da velocidade de decantação, foram pautados na média granulométrica de cada perfil após análise laboratorial.

### **5.5 Variação pretérita da linha de costa**

Para análise da variação pretérita da linha de costa, foram utilizadas fotografias aéreas obtidas por meio de aerolevantamentos referente aos anos de 1938, 1957, 1978, 1994 e 2016 (**Tabela 5**).

**Tabela 5.** Fotografias aéreas disponíveis para a área de estudo do projeto.

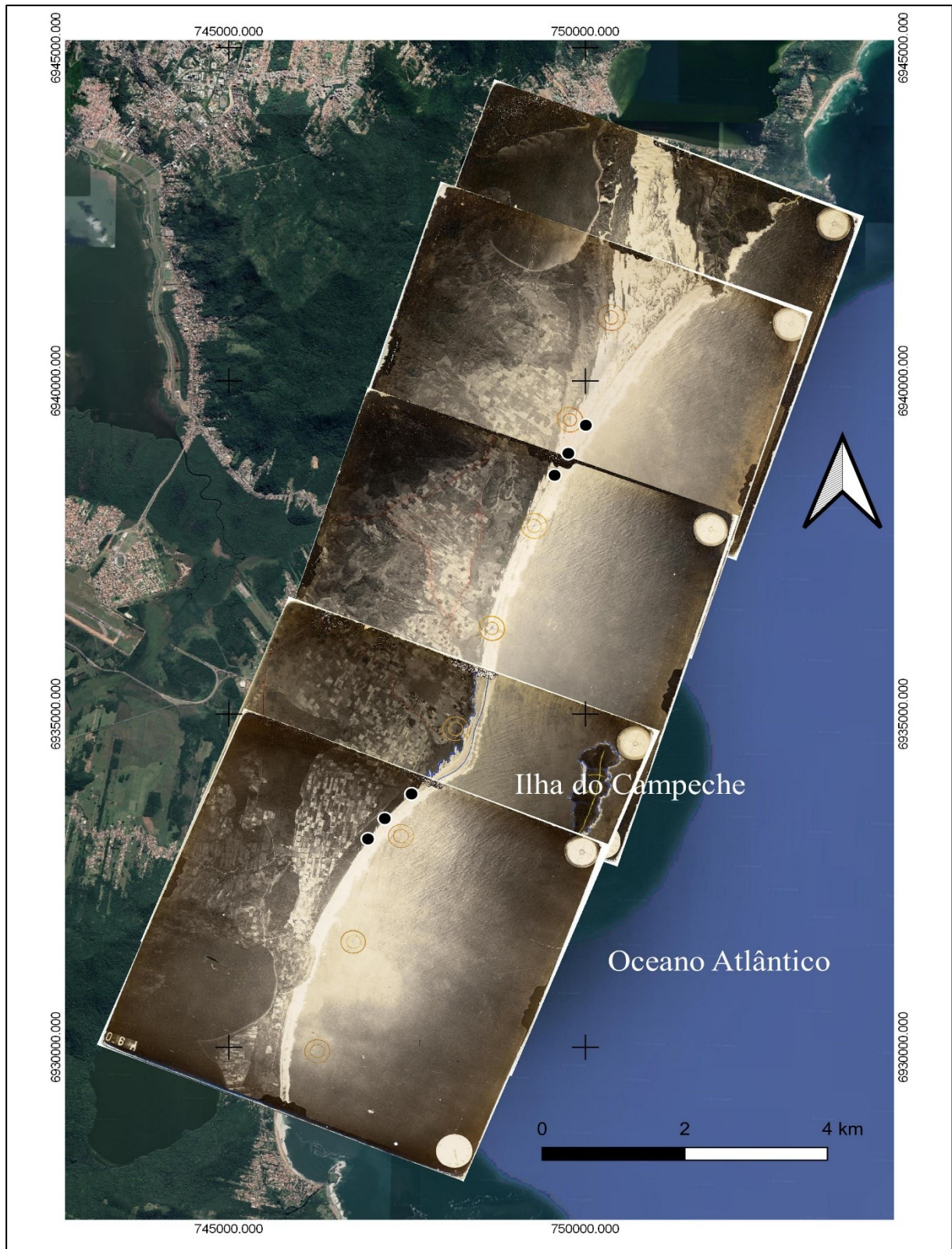
<b>Data</b>	<b>Tipo</b>	<b>Escala</b>	<b>Meio</b>	<b>Fonte</b>
<b>abr/38</b>	Aerofoto	1: 30.000	Digital	União
<b>mai/57</b>	Aerofoto	1: 25.000	Digital	União
<b>set/78</b>	Aerofoto	1: 25.000	Digital	Governo do Estado de SC
<b>jul/94</b>	Aerofoto	1: 25.000	Digital	IPIUF
<b>ago/16</b>	Aerofoto	Mosaico	Digital	SDS

A fim de garantir precisão na análise pretérita da linha de costa, as imagens passaram por um processo de georreferenciamento no *software* livre Q-GIS 3.6.3 NOSSA, onde, por meio de 24 pontos de controle por imagem associados à base cartográfica digital do *Google Earth Pro*, foi possível conseguir um erro quadrático médio (EQM) máximo para o georreferenciamento que oscilou de 0,97 a 1,97m para as imagens georreferenciadas. A partir deste processo, tornou-se possível a mosaicagem (**Figura 18**) da região central das imagens por setor, resultando em 10 mosaicos associados a série temporal em questão, permitindo assim, a visualização integral da extensão de interesse. Para isso, o sistema de coordenadas e *datum* utilizados para o processamento das imagens foi o Sistema de Referência Geocêntrico das Américas, SIRGAS 2000 UTM *zone* 22S.

Através do posterior processamento digital das imagens selecionadas no *software* Q-GIS 3.6.3. NOOSA, foi possível a delimitação da linha de costa dos setores Norte e Sul, por meio do *proxy* da linha de vegetação das dunas frontais para cada um dos cinco anos escolhidos.

O principal motivo da escolha do *proxy* linha de vegetação é justificado pelo fato de a vegetação fixa das dunas estar bem contrastada nas imagens obtidas e ser menos instável para análises de longo prazo se comparados a zona de seco e molhado (HOEKE *et al.*, 2001), além de permitir identificar o avanço da urbanização no setor Sul, visto que ocorre a supressão da mesma em função do crescimento imobiliário, deste modo, torna-se possível

identificar as características morfológicas da linha de costa dos setores, pretéritas ao processo de urbanização.



**Figura 18.** Mosaico do arco praias Joaquina - Morro das Pedras, georreferenciado por meio do *software* Q-GIS para o ano de 1938.

Para cálculo das taxas de variação da linha costa, foi necessária a utilização da extensão computacional *DSAS (Digital Shoreline Analysis System)* desenvolvida por Thielert *et al.*, (2009), para o *software* computacional ArcGis®, como uma ferramenta estatística associada à variação da linha de costa.

A partir da criação de uma base de dados no *software* ArcGis® que conta com todas as linhas de costa vetorizadas, conjuntamente com a criação de uma linha base *offshore* (suporte para os cálculos de variação) tornou-se possível a utilização da extensão *DSAS*. Uma vez que a base de dados está inserida junto ao *software* criou-se transectos ortogonais à linha de base, distando 5m entre si por toda a extensão da área de interesse, resultando em 741 transectos para o setor Norte e 480 para o setor Sul.

Por meio dos transectos ortogonais, o *DSAS* calcula as taxas de variação da linha de costa para toda a série temporal inserida na base de dados, apresentando resultados em taxas ou em metros. Os métodos estatísticos utilizado pelo *DSAS* para cálculo da variação da linha de costa variam de acordo com o objetivo da pesquisa, sendo os principais métodos utilizados: *Shoreline Change Envelope (SCE)*, maior distância encontrada entre as linhas de costa para o transecto, não levando em consideração as datas, distância em metros; *Net Shoreline Movement (NSM)*, distância em metros entre a linha de costa mais recente e mais antiga para cada transecto; *End Point Rate (EPR)*, relação espaço tempo a partir da taxa de movimento da linha de costa, dividindo as distâncias entre a linha de costa mais antiga e mais recente pelo tempo decorrido; *Linear Regression Rate-of-Change (LRR)* a partir de conceitos estatísticos e de todas as variáveis disponíveis, calcula-se a taxa de variação linear anual da linha de costa em metros por meio da regressão linear simples a partir dos valores da média; *Least Median of Squares (LMS)*, método robusto de regressão da linha de costa que minimiza a influência de *outliers* a partir do uso de valores de medianas dos resíduos quadráticos na equação de regressão; *Weighted Linear Regression (WLR)* calcula a regressão entre as linhas de costa com peso associado às imprecisões de posição (HIMMELSTOSS, 2009).

A partir de uma base de dados com série temporal conhecida, *proxys* definidos (vetorizados) e linha de base estipulada, a extensão *DSAS* gera transectos com espaçamentos definidos pelo usuário que permitem identificar as taxas de variação a partir da relação dos transectos para com as linhas de costa e de base previamente definidas.

O principal objetivo desta análise é o de comparar as tendências dos setores no período pré urbanização da zona de dunas, para com o período pós urbanização da zona de dunas, e assim, identificar se a ocupação massiva da região costeira do Campeche, afetou o balanço sedimentar do arco praial Joaquina - Morro das Pedras.

O método adotado para análise da linha de costa é foi o LMS, pautada pelo fato de que as imagens foram analisadas em duas séries temporais distintas: (1<sup>a</sup>) 1938, 1957 e 1978 e (2<sup>a</sup>) 1994 e 2016, função do objetivo proposto que busca a identificação das características da linha de costa antes e pós urbanização, além de que, o LMS por ser um método mais robusto, diminui a influência de *outliers* na equação de regressão geral, visto que utiliza os resíduos quadráticos da mediana e não da média como no LRR (*Linear Regression Rate*), possibilitando assim, uma maior proximidade dos pontos de controle junto a linha de regressão (HIMMELSTOSS, 2009).

Este método, portanto, calcula todos os intervalos possíveis da taxa de variação (inclinação) da linha de costa dentro de um intervalo restrito. Para cada entrada de dados (linha de costa vetorizada associada a ano  $x$ ), valores de  $x$ , diversos ângulos são associados com o objetivo de encontrar a intersecção de  $x$  e  $y$  de mínimo deslocamento. Estes valores são utilizados para o determinar a equação da linha de costa a partir de uma gama de interações entre a linha  $x$  e os ângulos (rodadas), que variam de  $-89^\circ$  a  $89^\circ$ . O valor residual encontrado para cada rodada é elevado ao quadrado para que assim seja calculada sua mediana.

Após a primeira rodada de interações entre eixo  $x$  e os ângulos, os valores são comparados às medianas encontradas e assim, descoberto o deslocamento mínimo, neste primeiro momento, a variação dos ângulos é dado pelo incremento de  $1^\circ$  por vez ( $89^\circ$  a  $88^\circ$  ...). Uma vez que o ângulo de menor deslocamento é encontrado (exemplo  $47^\circ$ ), é novamente encontrado o deslocamento mínimo da interação a partir da progressão dos ângulos em décimos de grau ( $47,1^\circ$  a  $47,2^\circ$  ...), uma vez descoberta o valor mínimo da interação, este é comparado ao valor encontrado na primeira rodada. Este processo continua para uma terceira rodada, no qual o deslocamento acontece em centésimo de grau, até que os valores de mínimo deslocamento entre as rodadas sejam mínimos.

Quando este deslocamento mínimo insignificante é identificado, a linha de regressão melhor ajustada retorna para o LMS, reduzindo a influência dos resíduos na linha de regressão melhor ajustada, visto que os valores quadrados da média, como utilizando no LRR, não são utilizados, deste modo, diminui-se a influência dos maiores resíduos na computação da equação de regressão da linha de costa.



## 6 RECURSOS E INFRAESTRUTURA

---

Para execução do projeto de dissertação, o instrumental necessário para o trabalho de campo foram régua, balizas, nível topográfico e GPS. Todo o equipamento foi disponibilizado pelo Laboratório de Geologia Costeira do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Em relação às análises granulométricas, utilizou-se o Laboratório de Sedimentologia da UFSC, a posteriori, os dados necessitaram de tratamento computacional, realizados em computador pessoal, com auxílio de *softwares* como o SYSGRAN 3.0, SMC-Brasil e o *software* R, utilizado para tratamento estatístico das variáveis disponibilizado pela Universidade Federal de Santa Catarina, além do *software* livre GIS 3.6.3. NOOSA e o *software* ArcGis®.

A pesquisa não foi contemplada com recursos por nenhum edital até o final de março de 2019, no início de abril o Programa de Pós-graduação em Oceanografia liberou uma bolsa emergencial disponibilizada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## 7 ESTADO DA ARTE

---

Não são muitos os trabalhos que contemplaram especificamente a região da praia do Rio Tavares e praia do Campeche, entretanto existem diversos trabalhos acerca das praias arenosas inseridas na margem Leste da ilha de Santa Catarina.

Pode-se destacar os estudos sedimentológicos pioneiros na região de Martins *et al.* (1970), associando sedimentologia aos processos dinâmicos observados e deste modo setorizando as praias da ilha de Santa Catarina a partir de seu nível energético. Os autores classificaram as praias da borda Leste como de alta energia, de granulometria menor e melhor selecionada se comparadas as praias das baías Sul e Norte.

Estudos mais específicos a respeito das características morfossedimentares de praias arenosas da costa Leste da ilha de Santa Catarina podem ser observados em Gré *et al.* (1994), Abreu de Castilhos (1995), Abreu de Castilhos & Gré (1997), Leal (1999), Horn Filho *et al.* (1999), Horn Filho *et al.* (2000), Moreno (2000), Horn Filho (2003, 2006), Simó & Horn Filho (2004) e Oliveira *et al.* (2014).

Ao se analisar a área de estudo, o arco praiial Joaquina-Morro das Pedras, encontra-se alguns trabalhos pretéritos de caracterização morfossedimentar e morfológica, entretanto, nenhum tentou diretamente mostrar a influência da urbanização na dinâmica morfossedimentar.

Santos (1995) caracterizou os cordões regressivos holocênicos da região do arco praiial da Joaquina - Campeche conjuntamente com sua cobertura vegetal. O extremo norte do arco praiial, praia da Joaquina, foi identificado como alterado em função das atividades antrópicas inseridas na região de deposição eólica, enquanto que com o distanciamento da praia da Joaquina era possível encontrar regiões menos “perturbadas”, referente ao setor Norte da área de estudo do presente trabalho (praia do Rio Tavares). Por sua vez, a região Sul do Campeche apresentava-se altamente descaracterizada em função do elevado desenvolvimento e ocupação antrópica desordenada por sobre as dunas frontais e campo de dunas.

Como parte de sua metodologia, realizou o levantamento de oito perfis praias e coleta superficial de sedimentos para o setor de estirâncio, pós-praia, ante duna e duna inativa, sendo os perfis 6 e 7 de sua pesquisa, condizentes com o P2 do trabalho atual (perfil central referente à Cruz, na praia do Rio Tavares) e P3, localizado 500m ao sul do P2. Com o total de quatro campanhas entre novembro de 1992 e março de 1994, a autora observou uma característica erosiva para o perfil 6 e elevada variação do pacote sedimentar aéreo para a região do estirâncio e pós-praia no perfil 7.

Pode-se dizer que o trabalho de maior abrangência do arco praias associado a caracterização morfossedimentar em questão até o momento é a dissertação de Torronteguy (2002), no qual por meio de cinco perfis e 10 campanhas, monitorou os dados morfodinâmicos e morfológicos da Joaquina ao Morro das Pedras entre abril de 2000 e março de 2001, todavia nenhum de seus cinco perfis coincidiu com a área delimitada para o setor Norte ou Sul do presente trabalho. Os perfis propostos por Torronteguy (2002) estão associados ao extremo norte da praia da Joaquina (P1), (P2) e (P3) à região central da extensão Joaquina - Rio Tavares, P4 associado a saliência do Campeche e P5 na região Central da extensão Campeche - Morro das Pedras.

Dentre os perfis que mais se aproximam dos setores propostos neste trabalho, pode-se citar o perfil 2, ao sul do limite Sul do setor Norte e o perfil 4 e perfil 5, estando o perfil 4 a norte do setor Sul e o perfil 5 a sul do setor Sul. Ao longo do período monitorado por Torronteguy (2002), o clima esteve sob influência direta do fenômeno *La Niña*, o que segundo o autor foi responsável por sistemas frontais de baixa intensidade e de rápido deslocamento, podendo este fator, ter sido o responsável por reduzir o poder energético e erosivo das ondulações junto à praia monitorada. Segundo o autor em anos de *El Niño*, o comportamento observado poderia ter sido diferente em função de uma maior quantidade de tempestades costeiras.

Cechinel (2014) caracterizou do ponto de vista morfossedimentar a região do arco praias Joaquina - Campeche por meio do estudo de quatro perfis durante 14 campanhas de campo ao longo de 11 meses, associando três de seus quatro perfis ao trabalho de Torronteguy (2002) (perfil 1, perfil 3 e perfil 4) afim de garantir uma comparação do comportamento e das tendências do sistema ao longo dos 13 anos de intervalo entre os distintos trabalhos. Deste modo, o autor observou uma tendência erosiva maior para a região,

se comparado ao trabalho de Torronteguy (2002), associando tal comportamento às ondulações de maior energia e presença de um maior número de eventos extremos com ondulações superiores a 2m, visto que o período de 2013 - 2014 foi caracterizado por um ano de “neutralidade climática”, sem ocorrência de *El Niño* e *La Niña* (CECHINEL, 2014).

Dentre os perfis escolhidos pelo autor, tem-se o P1 na região da praia da Joaquina, o P2, junto à Cruz, na praia do Rio Tavares, o P3 na região do Novo Campeche e o P4 no setor Norte da saliência do Campeche. Dentre os quatro perfis estudados, o perfil 2 coincide com o P2 do presente trabalho para o setor Norte, no qual se adotou a Cruz como marco.

Outro autor que trabalhou no arco praias Joaquina-Morro das Pedras foi Broggio (2015), responsável pela caracterização morfossedimentar da saliência do Campeche. Esta saliência é resultado da zona de sombra observada, função da barreira natural que a ilha do Campeche forma perante o ataque das ondulações de mar aberto, sendo capaz de modificar a dinâmica de correntes e de deriva no local, para que assim se forme uma zona de deposição (HERBICHE, 1999).

Por meio de três perfis e 12 campanhas, Broggio (2015) caracterizou a morfologia, morfodinâmica, granulometria e características migratórias da saliência, inserindo seu perfil 1 a perfis de trabalhos já existentes na região (TORRONTÉGUY, 2002, CECHINEL, 2014). O trabalho de Broggio (2015) não possui nenhum perfil que coincida com os avaliados no período 2018-2019.

Tomaz (2016), estudando a porção sul do arco praias Joaquina Morro das Pedras por meio do monitoramento de quatro perfis, caracterizou o setor a partir de suas características morfossedimentares e morfodinâmicas encontrando um balanço final deficitário para o setor de  $-17,58\text{m}^3/\text{m}$ .

No que diz respeito aos processos de urbanização da planície do Campeche e por consequência a região do Rio Tavares, pode-se citar os trabalhos de Sousa *et al.* (2003), Rizzo (2005), Steffens (2008), Moreira (2009), Amarante (2015, 2016) e Eller (2016), no qual a partir da análise de imagens aéreas, levantamentos de campo, geoprocessamento e dados “empíricos” da própria comunidade, retratam e explanam os processos de ocupação intensa e expansão urbana associados à planície em questão, Campeche.

Ao norte da praia da Joaquina pode-se encontrar nos trabalhos de Borges (2017) e Rusa (2018) a caracterização morfossedimentar das praias da Mole e Galheta. Rusa (2018) ao monitorar três perfis na praia da Galheta pelo período de um ano, definiu-a como uma praia intermediária de bancos e praia rítmicos, encontrando areias majoritariamente finas e bem selecionadas, além de identificar um balanço sedimentar positivo para sistema de  $27,99\text{m}^3/\text{m}$ , dando ênfase para o caráter deposicional nas estações de primavera e verão.

Borges (2017) em seu trabalho na praia Mole, também por meio do monitoramento anual, dividiu a extensão praial em três setores, Sul, Central e Norte. Encontrou valores positivos para o balanço sedimentar no setor Sul e Norte, enquanto o Central se caracterizou por processos majoritariamente erosivos, função das maiores velocidades de deriva litorânea observadas e presença de correntes de retorno se comparado aos outros setores avaliados. A primavera se apresentou com a estação de maior caráter erosivo e verão e inverno as de maiores deposições sedimentar. Classificou-a morfodinamicamente como intermediária, com presença majoritária de areias médias e quase nada de areia fina.

Para além da região Sul do arco praial estudado pode-se destacar o trabalho de Abreu de Castilhos (1995) no qual propôs um estudo evolutivo, sedimentológico e morfodinâmico da praia da Armação - SC, a partir da fotointerpretação de imagens aéreas e monitoramento praial de oito perfis entre a praia do Caldeirão e a ponta das Campanhas. Para o balanço sedimentar da praia, identificou-se que nas estações de verão e outono ocorreram uma maior acumulação sedimentar, enquanto que nas estações de primavera e inverno a praia apresentou predominância de processos erosivos. O setor Norte de sua área de estudo foi o que apresentou maior amplitude de mobilidade sedimentar e um caráter de praia refletivo, enquanto que o Centro-sul se apresentou com características de praia intermediária e baixa variação volumétrica.

A autora identificou o predomínio de correntes de deriva litorânea no sentido norte-sul, sendo esta responsável por assegurar aos diferentes setores praias, granulometrias variadas, caracterizando uma areia de granulometria grossa e muito grossa no setor Norte, e mais fina conforme a proximidade com a ponta da Campanhas. Também associou o maior recuo da linha de costa no extremo sul, à presença das correntes longitudinais e de retorno, conjuntamente a elevada urbanização da região por sobre as dunas frontais, que induzem ao aumento dos processos erosivos observados em função do aprisionamento sedimentar.

## 8 RESULTADOS

O período de monitoramento do sistema praial Joaquina-Morro das Pedras resultou em um total de 12 campanhas de campo (**Tabela 6**), contemplando o período entre agosto de 2018 e dezembro de 2019, permitindo desta forma, o estudo dos dados meteoceanográficos, da morfologia e de textura para os seis perfis durante as quatro estações. Os resultados obtidos possibilitaram assim, a submissão do artigo intitulado “Evidências deposicionais e/ou erosivas em duas praias distintas no arco praial Joaquina - Morro da Pedras, ilha de Santa Catarina, SC, Brasil” (GOMES & HORN FILHO, 2020, no prelo) (**Apêndice A**), para a Revista Brasileira de Geomorfologia, premissa básica para obtenção do título de Mestre de acordo com o Regimento do Programa de Pós-graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Tabela 6.** Mês, ano e estação das 12 campanhas realizadas.

Campanha	Mês	Ano	Estação
C1	agosto	2018	Inverno
C2	outubro	2018	Primavera
C3	novembro	2018	Primavera
C4	dezembro	2018	Verão
C5	janeiro	2019	Verão
C6	março	2019	Outono
C7	maio	2019	Outono
C8	junho	2019	Outono
C9	julho	2019	Inverno
C10	agosto	2019	Inverno
C11	outubro	2019	Primavera
C12	dezembro	2019	Verão

Legenda: C (Campanha).

### 8.1 Dados hidrodinâmicos referentes às observações visuais

Estes dados foram obtidos *in loco* através de medidas visuais propostas por Melo Filho (1993).

#### 8.1.1 Ondas

Os dados visuais de altura de ondas, direção de ondulação e período são observados na **Tabela 7**. O P1 apresentou a maior média de altura de ondas (0,89m), seguido dos perfis P2, P3, P6, P5 e P4, este com a média de 0,77m, resultando em uma amplitude média de

variação entre os perfis de 0,12m. O período médio observado das ondas variou de 6,93s a 8,25s, estando o P6 associado ao menor período médio e o P2 à maior média encontrada.

As ondulações observadas, de uma maneira geral se apresentaram de maneira homogênea ao longo dos seis perfis monitorados, com diferença máxima chegando a 0,40m entre os P3 e P6 na campanha 5, P3 e P4 na campanha 12 (0,38m) e durante a campanha 4 entre o P3 e P6. Durante a campanha 12, o P3 e P4 apresentaram uma diferença de 0,35m.

Esta diferença de altura observada relativamente baixa entre os seis perfis pode ser explicada pelo fato de que as ondulações de ESE, mais observadas durante as coletas, atingem os dois setores avaliados sem sofrer difração pelos promontórios da ilha do Campeche e do costão Sul da praia do Matadeiro, como simulado pelo SMC-Brasil, fazendo com que altura de onda e período, atinjam a linha de costa com características muito parecidas tanto no setor Norte quanto no setor Sul.

**Tabela 7.** Altura média (m), direção e período médio (s) observado das ondas na zona de arrebentação para cada um dos seis perfis durante as 12 campanhas.

Altura (m)							
Perfil	1	2	3	4	5	6	Direção
Campanha 1	0,85	1,05	0,85	1,05	1,15	0,85	S
Campanha 2	1,35	1,35	1,35	0,95	0,95	0,95	ESE
Campanha 3	0,85	0,85	0,85	0,75	0,75	0,75	ESE
Campanha 4	0,71	0,67	0,59	0,72	0,85	0,97	ESE
Campanha 5	0,70	0,65	0,60	0,73	0,75	1,00	E
Campanha 6	0,80	0,70	0,73	0,66	0,80	0,85	ESE
Campanha 7	0,95	0,85	0,85	0,88	1,10	0,85	SSE
Campanha 8	0,70	0,65	0,70	0,55	0,55	0,55	ESE
Campanha 9	1,55	1,55	1,35	1,25	1,35	1,45	ESE
Campanha 10	0,80	0,75	0,75	0,70	0,65	0,65	E
Campanha 11	0,60	0,55	0,55	0,45	0,45	0,55	ENE
Campanha 12	0,85	0,85	0,95	0,55	0,60	0,60	E
MÉDIA	0,89	0,87	0,84	0,77	0,83	0,84	
Período (s)							
Perfil	1	2	3	4	5	6	
Campanha 1	9,09	7,80	8,95	9,09	8,72	7,09	S
Campanha 2	10,45	10,45	10,45	9,36	9,36	9,36	ESE
Campanha 3	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	ESE
Campanha 4	7,20	7,27	6,72	6,36	6,70	6,80	ESE
Campanha 5	6,09	7,81	7,45	5,09	6,36	8,00	E
Campanha 6	9,02	10,20	9,55	10,30	9,27	8,00	ESE
Campanha 7	7,90	7,20	5,27	11,90	11,72	6,36	SSE
Campanha 8	8,90	6,63	7,27	5,72	5,00	3,36	ESE
Campanha 9	12,70	11,90	12,18	7,00	8,72	6,36	ESE
Campanha 10	4,09	8,27	6,00	8,36	6,45	7,36	E
Campanha 11	6,45	5,18	5,18	5,18	4,00	6,54	ENE
Campanha 12	6,81	8,27	7,90	7,00	6,72	5,90	E
MÉDIA	8,06	8,25	7,91	7,78	7,59	6,93	

Legenda: ENE - Leste-Nordeste; E - Leste; ESE - Leste-Sudeste; S – Sul; SSE – Sul-Sudeste.

### 8.1.2 Deriva litorânea

Os dados relacionados à deriva litorânea dos perfis são observados na **Tabela 8**. As observações *in situ* da deriva litorânea apontam um expressivo predomínio de sentido norte-sul, acompanhando o predomínio das ondulações do setor ESE, enquanto a maioria das ondulações observadas de sul resultaram em correntes majoritariamente de sentido sul-norte, caso das campanhas 1 e 7.



**Tabela 8.** Sentido, distância (m) e velocidade da deriva litorânea (m/s) durante as 12 campanhas de campo por setor costeiro.

Campanha	Sentido	Distância (m)	Velocidade (m/s)	Campanha	Sentido	Distância (m)	Velocidade (m/s)
RTC01P01	S-N	41,17	0,42	CAMPC01P04	S-N	44,00	0,48
RTC01P02	S-N	17,19	0,19	CAMPC01P05	S-N	44,00	0,45
RTC01P03	S-N	12,18	0,12	CAMPC01P06	S-N	19,10	0,24
RTC02P01	N-S	9,40	0,09	CAMPC02P04	S-N	19,40	0,25
RTC02P02	N-S	38,80	0,38	CAMPC02P05	S-N	17,00	0,18
RTC02P03	N-S	16,20	0,18	CAMPC02P06	N-S	32,30	0,27
RTC03P01	N-S	24,42	0,20	CAMPC03P04	S-N	34,30	0,29
RTC03P02	S-N	17,30	0,14	CAMPC03P05	S-N	3,00	0,02
RTC03P03	S-N	48,40	0,40	CAMPC03P06	N-S	11,20	0,30
RTC04P01	N-S	64,40	0,53	CAMPC04P04	N-S	19,70	0,36
RTC04P02	N-S	23,00	0,20	CAMPC04P05	N-S	33,70	0,38
RTC04P03	N-S	50,60	0,42	CAMPC04P06	N-S	47,70	0,40
RTC05P01	N-S	31,30	0,27	CAMPC05P04	N-S	29,00	0,24
RTC05P02	N-S	74,40	0,62	CAMPC05P05	N-S	16,80	0,23
RTC05P03	N-S	82,90	0,69	CAMPC05P06	N-S	9,30	0,08
RTC06P01	N-S	22,10	0,18	CAMPC06P04	N-S	44,60	0,37
RTC06P02	N-S	29,40	0,25	CAMPC06P05	N-S	28,30	0,24
RTC06P03	N-S	37,12	0,31	CAMPC06P06	N-S	35,70	0,30
RTC07P01	S-N	8,20	0,07	CAMPC07P04	N-S	11,10	0,09
RTC07P02	S-N	15,30	0,13	CAMPC07P05	NULO	0,00	0,00
RTC07P03	S-N	16,55	0,14	CAMPC07P06	S-N	11,80	0,10
RTC08P01	N-S	5,00	0,04	CAMPC08P04	S-N	3,00	0,03
RTC08P02	S-N	13,54	0,11	CAMPC08P05	N-S	10,60	0,09
RTC08P03	N-S	44,90	0,37	CAMPC08P06	N-S	5,20	0,04
RTC09P01	N-S	60,00	0,50	CAMPC09P04	S-N	26,40	0,22
RTC09P02	N-S	62,20	0,52	CAMPC09P05	S-N	16,60	0,14
RTC09P03	N-S	29,70	0,25	CAMPC09P06	N-S	40,30	0,34
RTC10P01	S-N	8,80	0,07	CAMPC10P04	N-S	28,30	0,24
RTC10P02	N-S	10,90	0,14	CAMPC10P05	N-S	17,20	0,20
RTC10P03	N-S	38,70	0,32	CAMPC10P06	N-S	10,20	0,10
RTC11P01	N-S	63,00	0,70	CAMPC11P04	N-S	55,00	0,45
RTC11P02	N-S	62,00	0,51	CAMPC11P05	N-S	48,00	0,40
RTC11P03	N-S	108,00	0,90	CAMPC11P06	N-S	18,50	0,15
RTC12P01	S-N	36,70	0,30	CAMPC12P04	NULO	0,00	0,00
RTC12P02	N-S	8,40	0,07	CAMPC12P05	N-S	10,40	0,09
RTC12P03	N-S	21,00	0,18	CAMPC12P06	S-N	37,00	0,30
<b>Média</b>	N-S	34,81	0,30		N-S	23,30	0,22

Legenda: S-N (sul para norte); N-S (norte para sul); RT (setor Norte); CAMP (setor Sul); C (campanha); P (perfil).

O setor Norte apresentou em 69% dos casos predomínio de deriva norte-sul e nenhuma ocorrência de deriva nula, a distância média percorrida pelo derivador foi de 34,9m, com velocidade média de 0,3m/s, enquanto que no setor Sul, obteve-se um total de dois perfis com velocidade nula, predomínio de correntes norte-sul em 66% dos casos e média de distância percorrida pelo derivador de 23,3m com velocidades de 0,22m/s.

O P3 apresentou a maior velocidade média de deriva (0,36m/s), seguido do P1 (0,28m/s), P2 (0,27m/s), P4 (0,25m/s), P6 (0,22m/s) e P5 (0,20m/s).

A maior distância observada pelo derivador foi no P3 durante a campanha 11. Este percorreu uma distância total de 108m e alcançou uma velocidade de deslocamento na casa de 0,9m/s. O P5 durante a campanha 7 e o P4 durante a campanha 12 foram os únicos a apresentar velocidade e deslocamento nulo.

De uma maneira geral as direções de deriva litorânea foram bem condizentes com as direções de ondulação observada, exceção da campanha 3, que apresentou ondulações de ESE, e deriva predominante no sentido sul-norte.

## 8.2 Dados hidrodinâmicos e de vento incidentes na ilha de Santa Catarina

Os dados hidrodinâmicos que atuaram na costa Leste da ilha de Santa Catarina, especificamente na extensão do arco praiial Joaquina-Morro das Pedras ao longo do período monitorado, agosto de 2018 a dezembro de 2019, foram obtidos através de previsões numéricas disponibilizadas pelo *website* [www.windgur.cz](http://www.windgur.cz).

Para isso foram utilizados os modelos GFS (*Global Forecast System*) para os dados associados à vento, e o modelo NWW3 (*NOAA Wavewatch 3*) para os dados a respeito de ondulações, visto a confiável representatividade do clima de ondas gerado pelo modelo para a região (PIANCA *et al.*, 2010).

A totalidade de *data* referente aos dados hidrodinâmicos, direção de ondulação, tamanho da ondulação, período, velocidade e direção do vento no período monitorado contabilizaram um total de 478 dias, neste caso, as médias “anuais” são baseadas na totalidade de dados, e não em 365 dias. A distribuição de frequência da direção, altura de ondas e período para cada uma das estações pode ser observada na **Tabela 9**.

Os gráficos com frequências da ocorrência de direção e altura das ondas incidentes no arco praiial Joaquina-Morro das Pedras para o período compreendido entre cada uma das campanhas de campo aparecem nas **figuras 19 e 20**, e para as estações do ano em questão nas **figuras 21 e 22**.

**Tabela 9.** Frequência da direção, tamanho das ondulações e períodos incidentes no arco praial Joaquina-Morro das Pedras durante as quatro estações do ano, para o período de agosto de 2018 a dezembro de 2019.

Principais orientações de ondulações	Classes	Anual %	Inverno % (C1, C9, C10)	Primavera % (C2, C3, C11)	Verão % (C4, C5, C12)	Outono % (C6, C7, C8)
	NE	0%	0%	0%	1%	0%
ENE	12%	7%	16%	19%	3%	
E	33%	33%	36%	27%	37%	
ESE	14%	12%	10%	17%	21%	
SE	22%	15%	22%	30%	23%	
SSE	11%	14%	10%	8%	12%	
S	8%	19%	4%	0%	4%	
Altura de ondas	0-0,5m	2%	2%	0%	4%	1%
	0,6-1,0m	45%	33%	36%	68%	60%
	1,1m-1,5m	43%	49%	55%	23%	30%
	1,6m-2m	9%	11%	8%	4%	9%
	>2,1m	2%	5%	1%	0%	0%
Período (s)		7 e 8 (50%)	8 e 9 (43%)	7 e 8 (49%)	6 e 7 (49%)	8 e 9 (42%)

Legenda: C (Campanha); NE (Nordeste); ENE (Leste-Nordeste); E (Leste); ESE (Leste-sudeste); SE (Sudeste); SSE (Sul-Sudeste); S (Sul).

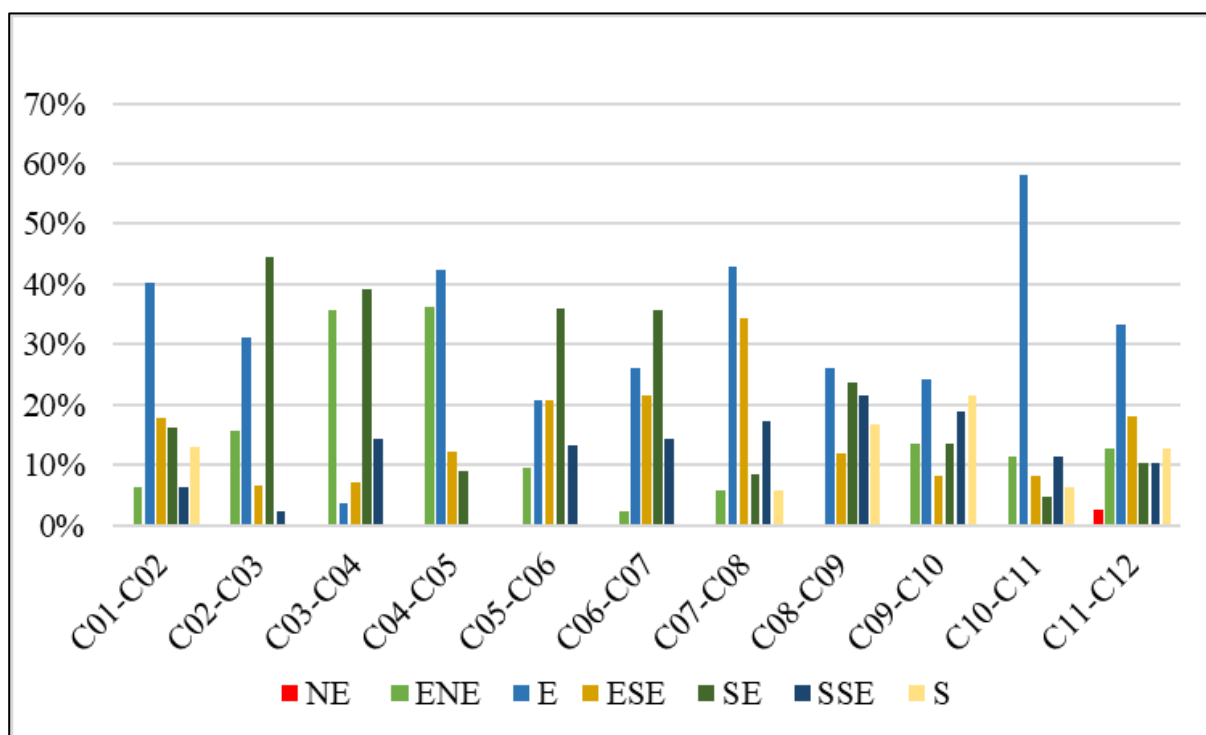
Em base à **Tabela 9**, que mostra a frequência das ondulações e altura de ondas atuantes na costa Leste da ilha de Santa Catarina para o período monitorado, observou-se um amplo o predomínio das ondulações de leste (33%), seguido das vagas de sudeste (22%), leste -sudeste (14%) e leste-nordeste (12%), enquanto que na **Tabela 10**, com as direções de ondulação previstas pelo modelo SMC-Brasil, as ondulações majoritárias seriam de leste-sudeste (29%), seguido das ondas de sudeste (26%), sul-sudeste (19%) e de leste (13 %). Embora difiram entre si, é possível observar o predomínio das ondulações dos setores leste e sudeste em ambas as tabelas (9 e 10), corroborando a validação dos dados hidrodinâmicos obtidos neste estudo e identificados por Torronteguy (2002), Araújo *et al.*, (2003); Miot da Silva (2006), Cechinel (2014) Broggio (2015) e Tomaz (2016).

O intervalo da altura de ondas de maior frequência observada no período foi de 0,6 à 1m em 45% dos dias, seguido das alturas entre 1,1 e 1,5m nos outros 43% dos dias. Ondas inferiores a 0,5m totalizaram 2% conjuntamente com as superiores a 2m que também totalizaram 2%.

**Tabela 10.** Probabilidade mais significativa de ocorrência do *swell* a partir de modelagem do SMC.

Direção	Probabilidade de direção
NE	1%
ENE	3%
E	13%
ESE	29%
SE	26%
SSE	19%
S	6%

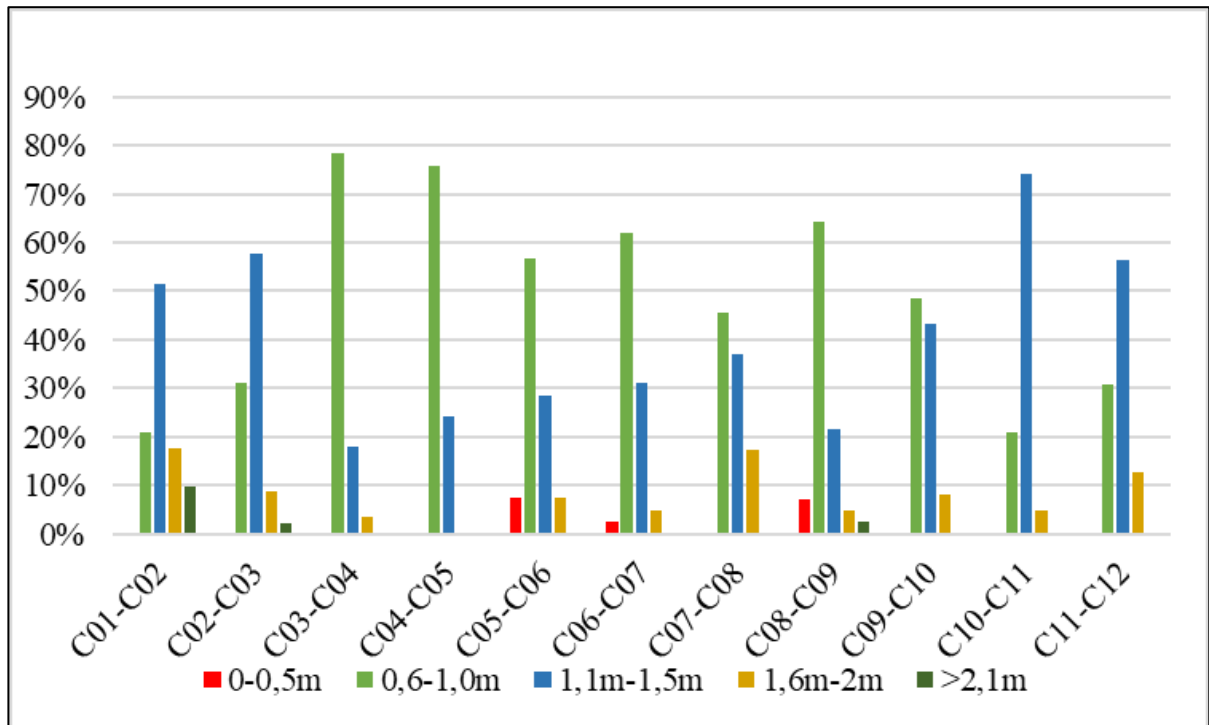
Legenda: NE (Nordeste); ENE (Leste-Nordeste); E (Leste); ESE (Leste-sudeste); SE (Sudeste); SSE (Sul-Sudeste); S (Sul).



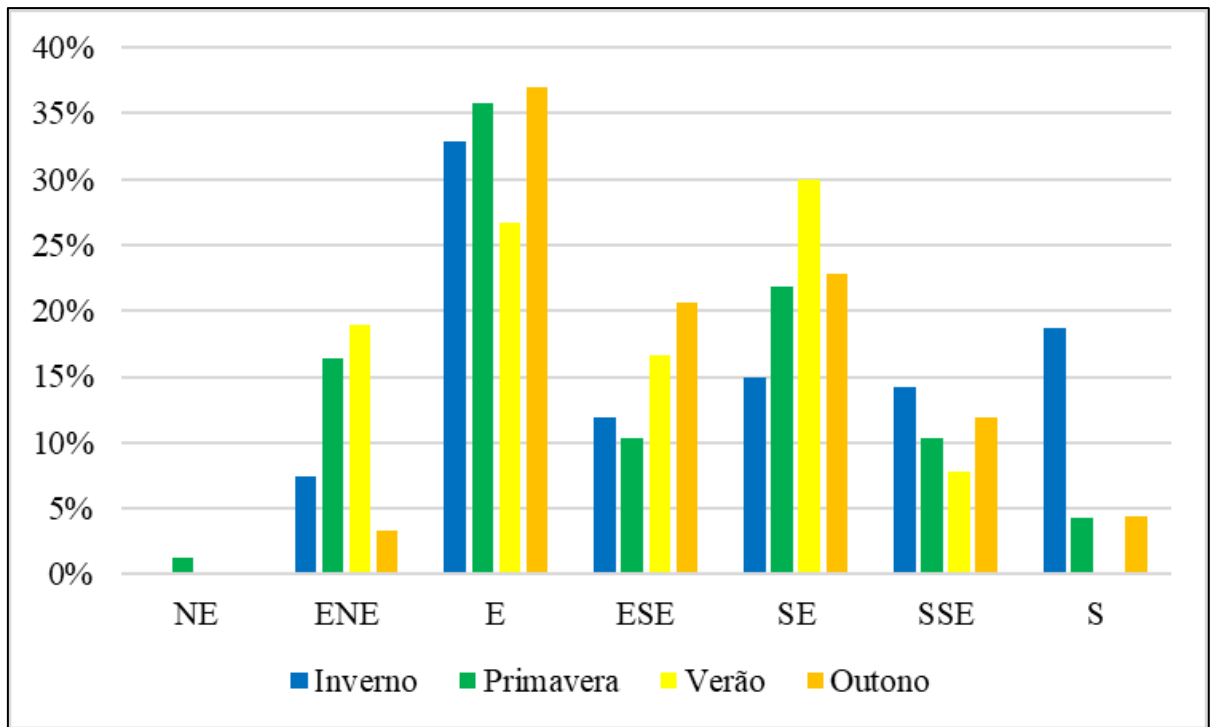
**Figura 19.** Percentual de frequência das principais direções de incidência das ondas entre as 12 campanhas de campo. Legenda: NE (Nordeste); ENE (Leste-Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); SSE (Sul-Sudeste); S (Sul).

Ao observar a **Figura 19**, consegue-se visualizar o predomínio de ondulações de leste na maioria do período entre as campanhas, exceção do intervalo entre as campanhas 2 e 3 (outubro-novembro de 2018); 3 e 4 (novembro-dezembro de 2018); 5 e 6 (janeiro-março de 2019); 6 e 7 (março-maio de 2019), estas que tiveram a atuação majoritária das ondas

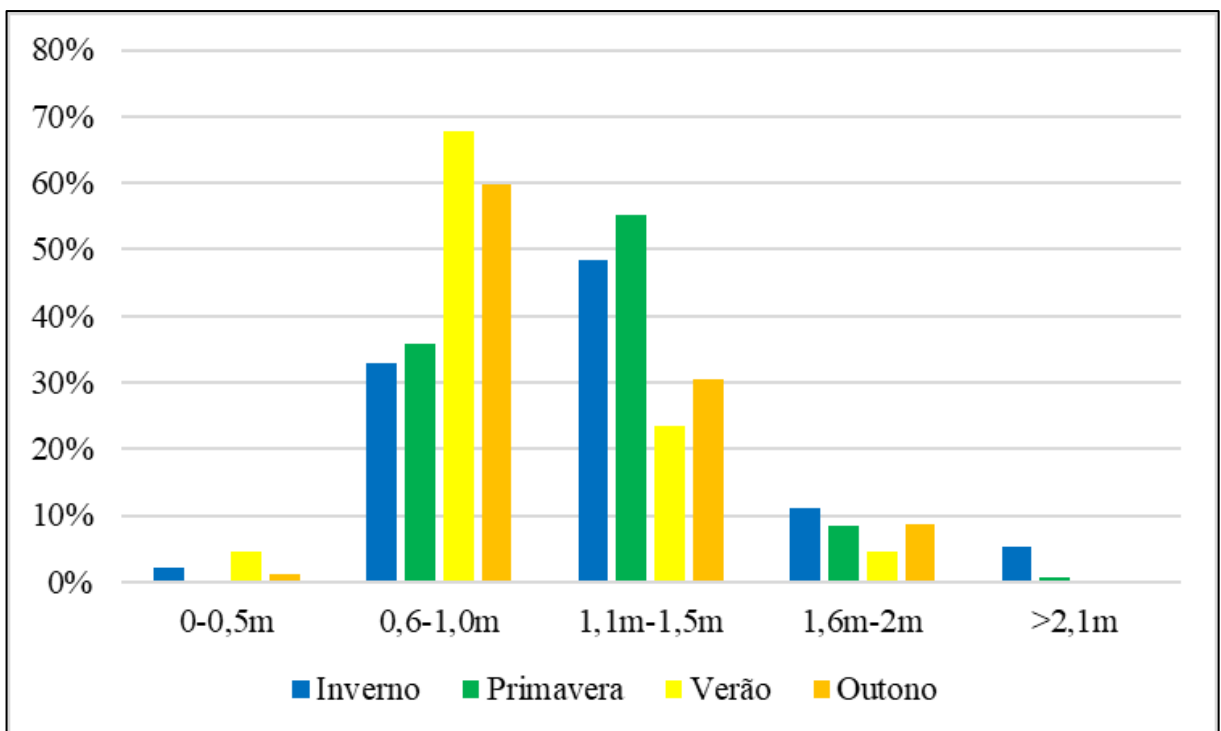
provenientes de sudeste. É possível por meio da análise da **Figura 20**, identificar que o intervalo entre as campanhas 1 e 2 (agosto-outubro de 2018), apresentaram a maior frequência de ondas com altura superior a 1,6m, seguido do período entre as campanhas 2 e 3 (outubro-novembro de 2018) e 7 e 8 (maio-junho de 2019). A menor frequência de elevadas alturas de onda (>1,6m), é observada entre as campanhas 3 e 4 (novembro-dezembro de 2018).



**Figura 20.** Percentual de frequência dos principais intervalos de altura das ondas entre as 12 campanhas de campo.

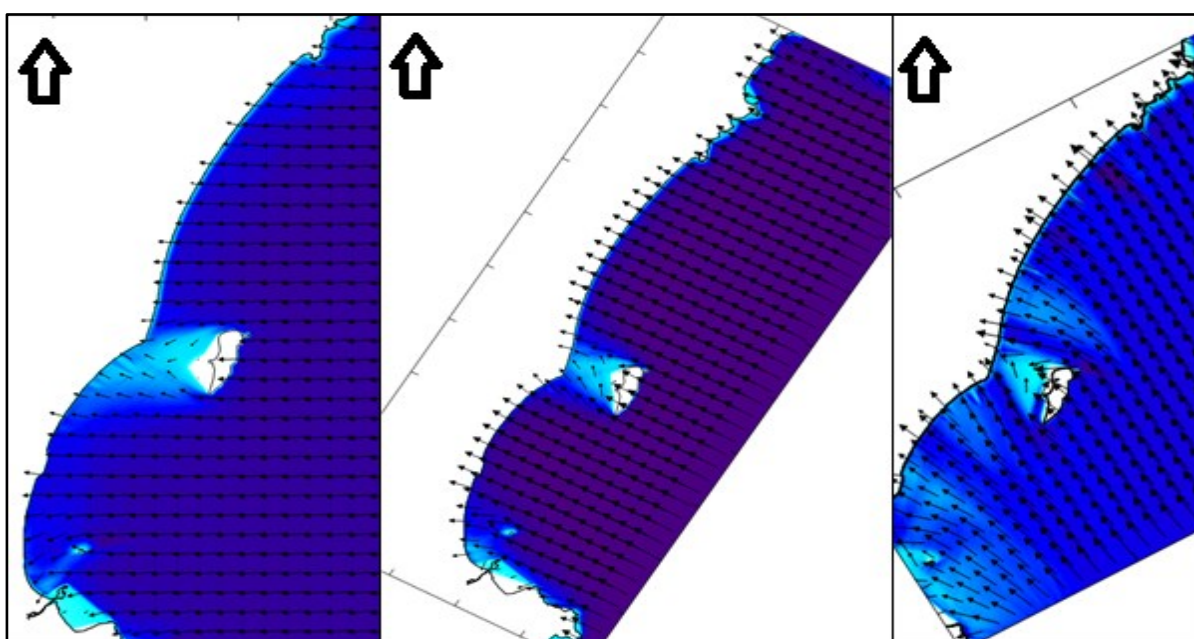


**Figura 22.** Distribuição sazonal da incidência de ondas. Legenda: NE (Nordeste); ENE (Leste-Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); SSE (Sul-Sudeste); S (Sul).



**Figura 21.** Distribuição sazonal das classes de altura de ondas.

O *software* SMC - Brasil também demonstra que as ondulações provenientes de leste-sudeste atingem a área de estudo com mesma magnitude, enquanto as de leste aparentam diminuir seu tamanho no setor Sul e as de sul-sudeste sofrem um incremento de força no setor Norte. As ondulações de leste-sudeste não sofrem nenhum tipo de difração antes de chegar na linha de costa dos setores avaliados, portanto incidem no setor Norte e Sul com mesma direção, enquanto as ondulações de leste difratam no promontório Sul da ilha do Campeche e as de sul-sudeste no promontório Norte, de modo que o ângulo de ataque das ondas e intensidade se altera entre os setores perante estas ondulações (**Figura 23**), atingindo o setor Norte da área de estudo com maior intensidade.



**Figura 23.** Ondulações provenientes de leste (esquerda), leste-sudeste (central) e sul-sudeste (direita) atingindo o arco praial Joaquina-Morro das Pedras. Fonte: o autor, elaborado no *software* SMC-Brasil.

As **Figuras 21 e 22** permitem uma interpretação dos dados hidrodinâmicos atuantes no arco praial Joaquina-Morro das Pedras de maneira sazonal. A análise da Figura 21 indica que as ondulações provenientes de sul, sudeste e sul-sudeste foram mais atuantes no período do inverno, função da maior passagem de frentes frias oriundas da zona polar. As ondulações de nordeste puderam ser observadas apenas na primavera, ondulações de sudeste foram as mais frequentes durante o período do verão, seguida das ondulações de leste. O outono apresentou em sua maioria ondulações provenientes de leste seguido das ondas de sudeste.

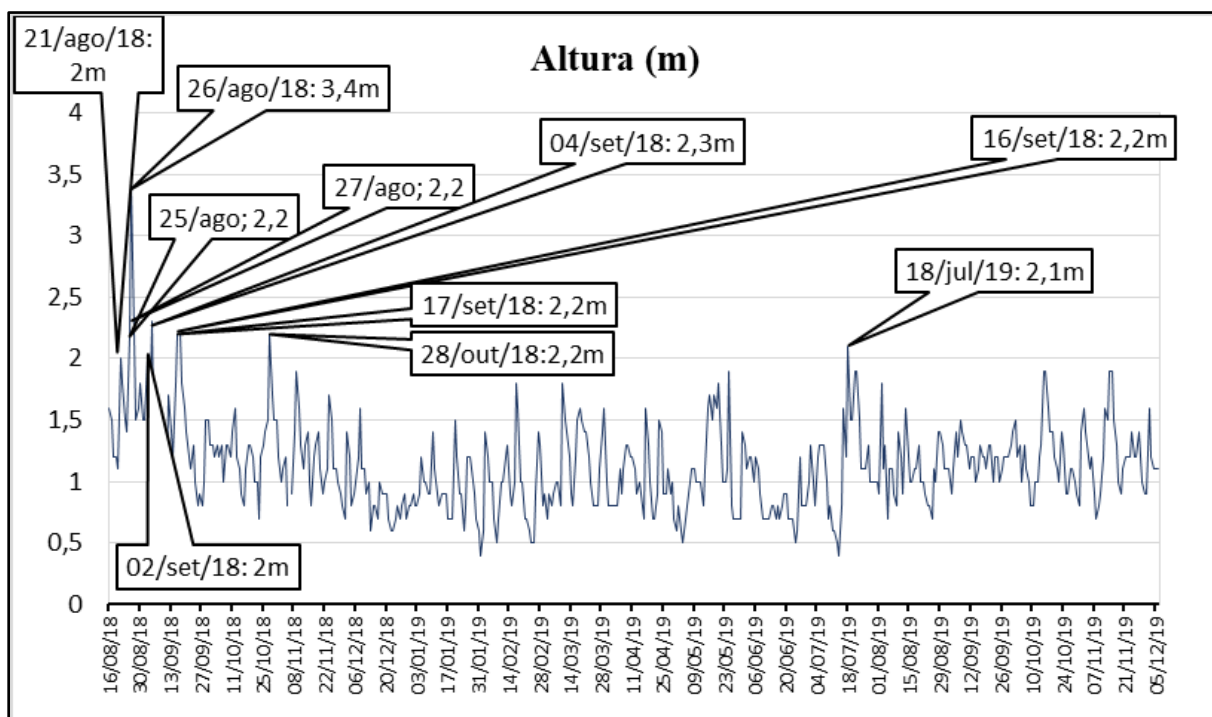
A análise da **Figura 22** conjuntamente com a **Tabela 9**, indicam que a estação do inverno apresentou em 65% dos dias monitorados, ondulações superiores a 1,1m, sendo que 16% foram superiores a 1,6m, caracterizando-se durante o período como a estação de maior altura de onda, seguido pela primavera que em 64% dos dias se mostrou com ondas superiores a 1,1m. Como era de se esperar, em função da baixa passagem de frentes frias, o verão se mostrou como a estação de menores médias de altura de onda, sendo que em 72% dos dias, as ondulações não ultrapassaram 1m, seguidos do outono, que teve altura de ondas abaixo de 1m em 61% dos dias.

O inverno se caracterizou como a estação de maior período de onda, oscilando entre 8 e 9s em 43% dos casos, enquanto o verão apresentou em 49% dos dias períodos entre 6 e 7s.

Durante o período do monitoramento praiar, observou-se 10 eventos nos quais as ondulações se apresentaram superiores ou igual a 2m. Com exceção do evento de 26 de agosto de 2018, todos os períodos de ondulações iguais ou superiores a 2m foram enquadrados na classificação de tempestade proposta por Dolan & Davis (1992) como de intensidade fraca (nível 1). O evento isolado de 26 de agosto, por estar associado aos eventos do dia 25 e 27 de agosto é inserido junto a classe 2, com grau de impacto moderado.

É possível por meio da **Figura 24**, identificar a distribuição de altura de ondas ao longo das 12 campanhas, destacando os dias de ocorrência dos eventos com alturas de onda mais significativas (igual ou superior a 2m). Dos 10 eventos de altura de onda superior ou igual a 2m, nove aconteceram no ano de 2018. Pode-se destacar o evento do dia 26 de agosto, no qual a altura de onda chegou a 3,4m (maior evento registrado durante o período), sendo que dos nove casos de 2018, oito aconteceram no inverno e apenas um na primavera (28 de outubro), fato responsável por caracterizar o inverno como principal estação associada à eventos de elevada magnitude de altura de onda.





**Figura 24.** Série temporal da altura das ondas (m) incidentes no arco praiado Joaquina-Morro das Pedras no período considerado da pesquisa.

Durante o ano de 2019, o único caso de ondulação com 2m ou mais na ilha de Santa Catarina ocorreu no inverno, 18 de julho. Os oito primeiros eventos de elevada altura de onda aconteceram no período entre a campanha 1 e a campanha 2, sendo que quatro deles tiveram como origem ondulações de sul, dois de sudeste, um de leste-sudeste e um de leste.

Os eventos do dia 21 e 25 de agosto apresentaram períodos de 8s e orientação de ondulação sul, dia 26 de agosto o período foi de 14s com ondulações de sul, dia 27 de agosto o período ficou na casa de 10s com ondas também provenientes de sul. Os eventos de 2 e 4 de setembro tiveram como origem o setor Sudeste, com períodos de 9 e 10s, enquanto os do dia 16 e 17 de setembro tiveram períodos de 11s e orientações respectivas de leste.

O evento de 28 de outubro ocorreu entre a campanha 2 e 3, tendo como direção de ondulação o setor Sudeste e período de 12s. Por fim o último evento de elevada altura de onda ocorreu no dia 18 de julho de 2019, tendo como origem ondulações que se propagaram de leste-sudeste com períodos atribuídos também de 12s.

A **Tabela 11** ilustra a distribuição das classes de vento ao longo do período de monitoramento e a partir das estações, conjuntamente com os principais intervalos de velocidade em km/h. O período do monitoramento mostrou o predomínio de três principais direções de vento, norte (23%), seguido dos ventos sul (20%) e norte-nordeste (18%). As velocidades que predominaram no ano foram entre 12 e 16km/h, em 26% dos dias, seguidos do intervalo de 7-11km/h e 17-21km/h em 23% do período.

Durante o inverno, as classes de vento mais atuantes foram de norte (38%) e sul (34%), com velocidades de vento variadas, superando os 27km/h em 9% dos casos. A primavera apresentou ventos de origem norte-nordeste (25%) e norte (18%) como os mais frequentes, seguidos dos ventos sul (17%) e sudeste (10%), com rajadas no geral oscilando principalmente entre 7 e 16km/h (54%) durante a estação. O vento predominante do verão foi o norte-nordeste (27%) seguido do vento sudeste (16%), as velocidades do vento para a estação variaram entre 12 e 21km/h em 67% dos dias. O outono apresentou predomínios de vento norte (22%), sul (20%) e norte-nordeste (18%), com velocidades variando de 7 a 21 km/h em 65% dos dias, também foi a estação que apresentou as velocidades mais baixas, não ultrapassando os 6km/h em 17% dos dias. Sendo assim, para o período monitorado, inverno e primavera se caracterizaram por rajadas de vento de maior intensidade, ultrapassando os 22 km/h em 22% dos dias.

**Tabela 11.** Frequência das principais classes de direção e velocidade dos ventos atuantes no arco praiar Joaquina-Morro das Pedras durante as quatro estações do ano.

	Classes	Anual %	Inverno %	Primavera %	Verão %	Outono %
			(C1, C9, C10)	(C2, C3, C11)	(C4, C5, C12)	(C6, C7, C8)
Principais orientações de vento	N	23%	38%	18%	10%	22%
	NNE	18%	4%	25%	27%	18%
	NE	6%	4%	8%	11%	2%
	ENE	4%	4%	3%	6%	4%
	E	6%	2%	7%	3%	10%
	ESE	2%	1%	2%	4%	2%
	SE	8%	3%	10%	16%	4%
	SSE	8%	3%	8%	13%	9%
	S	20%	34%	17%	8%	20%
	SSW	1%	1%			2%
	SW					2%
	WSW	1%	1%			1%
	W					
	WNW		1%			
	NW			1%		1%
NNW	1%	2%	1%	2%	2%	
Intervalos de velocidade (Km/h)	< 2					1%
	2-6	8%	11%	4%	2%	16%
	7-11	23%	22%	27%	14%	23%
	12-16	26%	21%	27%	37%	22%
	17-21	23%	22%	21%	30%	21%
	22-26	13%	13%	17%	11%	9%
	27-31	5%	6%	3%	4%	8%
	32-36	1%	1%	1%	1%	
	37-42	1%	1%			1%
43-47	1%	1%	1%			

Legenda: N (Norte); NNE (Norte-Nordeste); NE (Nordeste); ENE (Leste-Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); SSE (Sul-Sudeste); S (Sul); SSW (Sul-Sudoeste); SW (Sudoeste); WSW (Oeste-Sudoeste); W (Oeste); WNW (Oeste-Noroeste); NW (Noroeste); NNW (Norte-Noroeste).

Por meio da **Tabela 12**, é possível visualizar a distribuição das classes de direção e altura de onda, conjuntamente com as classes de vento e velocidades (km/h) para todo o período entre campanhas.

**Tabela 12.** Distribuição da frequência de orientação, altura de ondas, classe de ventos e velocidade de vento (km/h) no período entre campanhas.

Principais orientações de ondulação	Classe	C01-C02	C02-C03	C03-C04	C04-C05	C05-C06	C06-C07	C07-C08	C08-C09	C09-C10	C10-C11	C11-C12
	NE	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%
	ENE	6%	16%	36%	36%	9%	2%	6%	0%	14%	11%	13%
	E	<b>40%</b>	31%	4%	<b>42%</b>	21%	26%	<b>43%</b>	<b>26%</b>	<b>24%</b>	<b>58%</b>	<b>33%</b>
	ESE	18%	7%	7%	12%	21%	21%	34%	12%	8%	8%	18%
	SE	16%	<b>44%</b>	<b>39%</b>	9%	<b>36%</b>	<b>36%</b>	9%	24%	14%	5%	10%
	SSE	6%	2%	14%	0%	13%	14%	17%	21%	19%	11%	10%
	S	13%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	17%	22%	6%	13%
Altura de ondas	Classe	C01-C02	C02-C03	C03-C04	C04-C05	C05-C06	C06-C07	C07-C08	C08-C09	C09-C10	C10-C11	C11-C12
	0-0,5m	0%	0%	0%	0%	8%	2%	0%	7%	0%	0%	0%
	0,6-1,0m	21%	31%	<b>79%</b>	<b>76%</b>	<b>57%</b>	<b>62%</b>	<b>46%</b>	<b>64%</b>	<b>49%</b>	21%	31%
	1,1m-1,5m	<b>52%</b>	<b>58%</b>	18%	24%	28%	31%	37%	21%	43%	<b>74%</b>	<b>56%</b>
	1,6m-2m	18%	9%	4%	0%	8%	5%	17%	5%	8%	5%	13%
	>2,1m	10%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%
Orientações de vento	N	<b>23%</b>	11%	0%	12%	11%	12%	<b>23%</b>	<b>52%</b>	<b>43%</b>	<b>39%</b>	21%
	NNE	13%	<b>36%</b>	<b>32%</b>	<b>36%</b>	<b>21%</b>	<b>31%</b>	6%	5%	0%	6%	26%
	NE	3%	4%	14%	12%	8%	5%	0%	5%	5%	6%	10%
	ENE	11%	9%	0%	6%	6%	5%	6%	0%	0%	0%	0%
	E	5%	7%	4%	3%	4%	10%	14%	0%	3%	5%	10%
	ESE	5%	4%	4%	0%	8%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
	SE	11%	7%	<b>32%</b>	12%	13%	2%	9%	0%	3%	3%	5%
	SSE	8%	9%	7%	12%	15%	12%	9%	2%	3%	3%	5%
	S	18%	9%	7%	6%	13%	17%	<b>23%</b>	26%	35%	37%	<b>23%</b>
	SSW	2%	0%	0%	0%	0%	5%	3%	2%	0%	0%	0%
	SW	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	WSW	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	3%	0%	0%
	W	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%
WNW	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	0%	0%	
NW	0%	2%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	3%	0%	0%	
NNW	0%	2%	0%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	
Velocidade de vento	< 2	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%
	2-6	11%	0%	4%	0%	2%	14%	<b>23%</b>	14%	3%	10%	0%
	7-11	<b>27%</b>	0%	7%	15%	17%	<b>29%</b>	11%	17%	19%	<b>39%</b>	<b>54%</b>
	12-16	<b>27%</b>	22%	29%	27%	<b>43%</b>	21%	17%	19%	19%	26%	31%
	17-21	18%	<b>40%</b>	25%	<b>36%</b>	21%	24%	17%	<b>38%</b>	<b>24%</b>	10%	10%
	22-26	13%	27%	<b>32%</b>	21%	6%	5%	17%	2%	14%	13%	5%
	27-31	2%	11%	0%	0%	9%	5%	11%	7%	11%	3%	0%
	32-36	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	2%	3%	0%	0%
	37-42	2%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	3%	0%	0%
43-47	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	

Legenda: C (Campanha); N (Norte). NNE (Norte-Nordeste); NE (Nordeste); ENE (Leste-Nordeste); E (Leste); SE (Sudeste); SSE (Sul-Sudeste); S (Sul); SSW (Sul-Sudoeste); SW (Sudoeste); WSW (Oeste-Sudoeste); W (Oeste); WNW (Oeste-Noroeste); NW (Noroeste); NNE (Norte-Noroeste).

## 8.3 Morfologia

Os dados morfológicos correspondem aos resultados obtidos por meio dos levantamentos topográficos ao longo das campanhas, desse modo, tornou-se possível identificar por meio da sobreposição dos perfis, o volume acumulado (total), líquido (específico de cada campanha referente a anterior), largura de praia, variação da largura da praia e declividade da face praial.

A seguir serão descritos os aspectos morfológicos dos seis perfis praias separados em seus respectivos setores geográficos, Norte e Sul.

### 8.3.1 Setor Norte

#### 8.3.1.1 Perfil 1 (P1)

Situado na praia do Rio Tavares, o P1 (**Figura 25**) se encontra ao final da trilha do Mercado Ferrari, Rua Isidoro Garcez, aproximadamente, 450m ao norte do P2. O perfil tem seu marco na parte “fixa” da duna frontal, aproximadamente 2,5m de distância de sua crista.



**Figura 25.** Vista para sul do P1 na praia do Rio Tavares, setor Norte da área de estudo (Fonte: o autor, outubro de 2019).

Por meio da **Tabela 13**, é possível identificar os seguintes parâmetros associados ao P1: largura da praia (m), largura líquida (m), largura acumulada (m), volume ( $m^3/m$ ), volume líquido ( $m^3/m$ ), volume acumulado ( $m^3/m$ ) e declividade da face praial. ( $^\circ$ ).

A largura de praia média associada ao P1 durante as 12 campanhas foi de 30,1m, tendo seu valor máximo durante a campanha 12 (dezembro/19) com 55,5m e seu valor mínimo durante a campanha 4 (dezembro/18) (19,9m), acarretando ao perfil uma variação da largura de praia ao longo do ano de 36,6m. A declividade média da face praial encontrada para o perfil foi de  $5,17^\circ$ , tendo seu valor máximo na campanha 12 ( $10^\circ$ ) e seu valor mínimo na campanha 11 com  $1^\circ$ .

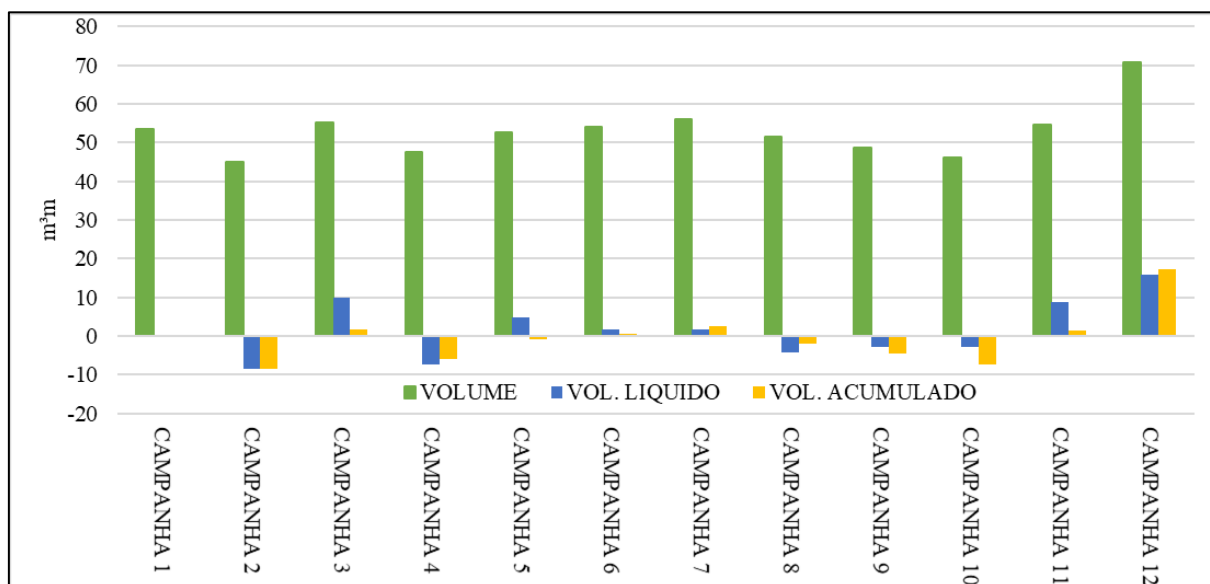
**Tabela 13.** Parâmetros morfométricos obtidos no P1.

PERFIL 1	Lar. (m)	Lar. Líq (m)	Lar. Ac (m)	Vol. ( $m^3/m$ )	Vol. Líq. ( $m^3/m$ )	Vol. Ac. ( $m^3/m$ )	Dec ( $^\circ$ )
CAMPANHA 1	27,12	0,00	0,00	53,44	0,00	0,00	5
CAMPANHA 2	22,20	-4,92	-4,92	45,08	-8,36	-8,36	5
CAMPANHA 3	23,41	1,21	-3,71	55,05	9,98	1,61	7
CAMPANHA 4	19,19	-4,22	-7,93	47,58	-7,47	-5,86	8
CAMPANHA 5	28,20	9,01	1,08	52,53	4,94	-0,91	4
CAMPANHA 6	28,49	0,29	1,37	54,16	1,63	0,72	5
CAMPANHA 7	31,18	2,69	4,06	55,92	1,76	2,48	5
CAMPANHA 8	27,73	-3,45	0,61	51,55	-4,37	-1,89	4
CAMPANHA 9	33,92	6,19	6,79	48,79	-2,76	-4,65	4
CAMPANHA 10	26,57	-7,35	-0,56	46,06	-2,73	-7,38	4
CAMPANHA 11	37,63	11,07	10,51	54,73	8,67	1,29	1
CAMPANHA 12	55,55	17,92	28,43	70,64	15,91	17,20	10
<b>Média Período</b>	30,10	2,37	2,98	52,96	1,43	-0,48	5,17

Legenda: Lar. (largura); Líq (Líquida); Ac (Acumulada); Vol (Volume); Dec (Declividade); m (metro).

A maior variação deposicional positiva de volume líquido (**Figura 26**), ocorreu na campanha 12 com  $15,91m^3/m$  em relação a campanha 11, já o maior decréscimo de volume líquido observado, foi na campanha 2, no qual em relação a campanha 1 apresentou um déficit de  $-8,36m^3/m$  de sedimento.

No que tange os valores acumulados, observa-se o maior volume erosivo na campanha 2 ( $-8,36\text{m}^3/\text{m}$ ), tendo o valor máximo acrescido na campanha 12 ( $17,2\text{m}^3/\text{m}$ ). Apesar de o volume acumulado ter sido positivo ao final do período ( $17,2\text{m}^3/\text{m}$ ), indicando características deposicionais ao perfil, a média acumulada do perfil foi negativa ( $-0,48\text{m}^3/\text{m}$ ).

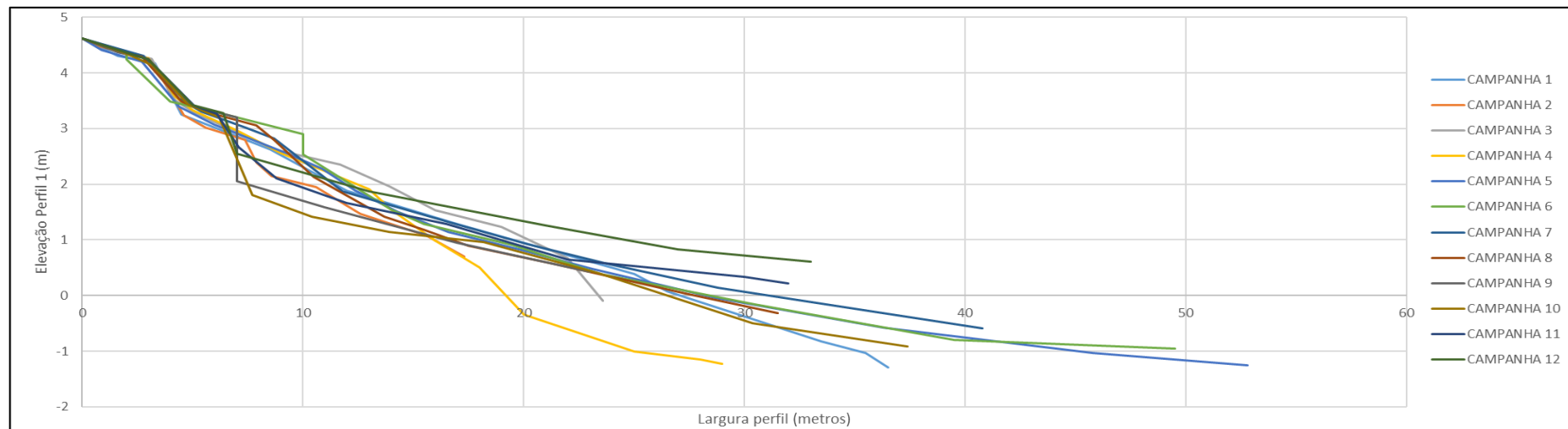


**Figura 26.** Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P1.

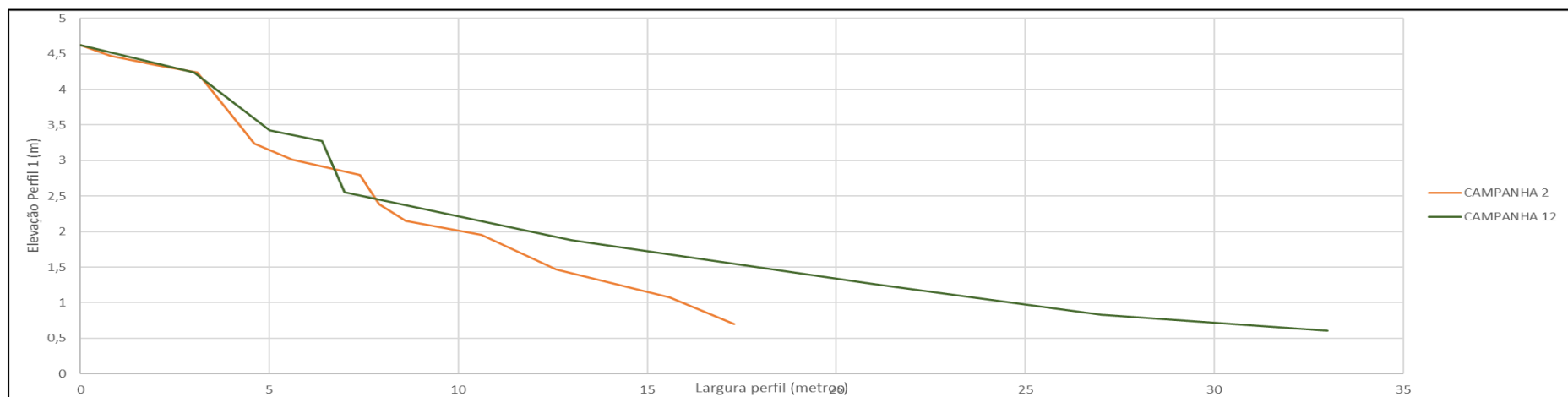
A **Figura 27** ilustra a sobreposição de todos os perfis topográficos levantados associados ao P1, indicando uma baixa variabilidade sedimentar entre o marco e a crista, e uma variabilidade significativa da região do pós-praia. Em geral, as rampas entre a duna frontal e a face praial se apresentaram de maneira suave, sem escarpamentos significativos após a base da duna.

A **Figura 28** representa o máximo erosivo (campanha 2) e o máximo deposicional (campanha 12) do P1, indicando uma alta mobilização sedimentar na região do pós-praia, acentuando a inclinação das rampas e por consequência, uma maior declividade da face-praial.

Os dados volumétricos absolutos do P1 indicam a média de  $52,96\text{m}^3/\text{m}$  e uma variação de  $25,5\text{m}^3/\text{m}$  entre o período de maior deposição, dezembro de 2019 durante a campanha 12, com  $70,64\text{m}^3/\text{m}$  e o de menor na campanha 2, outubro de 2018 com  $45,08\text{m}^3/\text{m}$ . A correspondência observada entre o máximo erosivo e o máximo deposicional foi de 64%.



**Figura 27.** Levantamentos topográficos realizados no P1.



**Figura 28.** Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P1.



### 8.3.1.2 Perfil 2 (P2)

Ao final da trilha da rua Cecília Jacinta de Jesus, exatamente 4m em frente à Cruz, ponto tradicional que dá o nome informal à praia “Pico da Cruz” está o P2 (**Figura 29**), correspondendo ao marco central dentre os três previamente estabelecidos no norte da área de estudo, praia do Rio Tavares.

A **Tabela 14** mostra que a média anual da largura de praia foi de 32,85m, com variação entre o máximo e o mínimo de 74,48m. A maior extensão da largura de praia ocorreu na campanha 8 (93,81m) (junho de 2019) e a mínima na campanha 1, (19,32m) (agosto de 2018). A face praial teve sua declividade variando entre 13° (campanha 3) e 4° (campanhas 9 e 11), tendo o valor médio 5,96°.

A variação deposicional máxima de volume líquido se deu durante a campanha 8, na qual o perfil adquiriu 35,6m<sup>3</sup>/m de sedimento em relação a seu antecedente. O máximo erosivo pode ser observado na próxima campanha (9), no qual o perfil perdeu um volume sedimentar de -32m<sup>3</sup>/m (**Figura 30**).



**Figura 29.** Visão para norte do Pico da Cruz e do P2 na praia do Rio Tavares, setor Norte da área de estudo (Fonte: o autor, setembro de 2019).

Tabela 14. Parâmetros morfométricos obtidos no P2.

PERFIL 2	Lar. (m)	Lar. Líq (m)	Lar. Ac (m)	Vol. (m <sup>3</sup> /m)	Vol. Líq (m <sup>3</sup> /m)	Vol. Ac. (m <sup>3</sup> /m)	Dec (°)
CAMPANHA 1	19,32	0,00	0,00	33,37	0,00	0,00	6,00
CAMPANHA 2	31,30	11,98	11,98	44,64	11,27	11,27	5,00
CAMPANHA 3	25,10	-6,20	5,78	44,99	0,36	11,62	13,00
CAMPANHA 4	29,57	4,47	10,25	38,27	-6,72	4,90	5,00
CAMPANHA 5	27,64	-1,93	8,32	45,22	6,95	11,85	7,00
CAMPANHA 6	26,14	-1,51	6,81	41,03	-4,19	7,67	4,50
CAMPANHA 7	31,45	5,31	12,12	46,27	5,24	12,91	4,50
CAMPANHA 8	93,81	62,36	74,48	81,88	35,60	48,51	7,50
CAMPANHA 9	31,24	-62,56	11,92	49,88	-32,00	16,51	4,00
CAMPANHA 10	23,02	-8,22	3,70	36,68	-13,19	3,32	5,00
CAMPANHA 11	26,24	3,22	6,92	38,87	2,18	5,50	4,00
CAMPANHA 12	29,33	3,09	10,01	37,49	-1,38	4,12	6,00
<b>Média Período</b>	<b>32,85</b>	<b>0,83</b>	<b>13,52</b>	<b>44,88</b>	<b>0,34</b>	<b>11,51</b>	<b>5,96</b>

Legenda: Lar. (largura); Líq (Líquida); Ac (Acumulada); Vol (Volume); Dec (Declividade); m (metro).

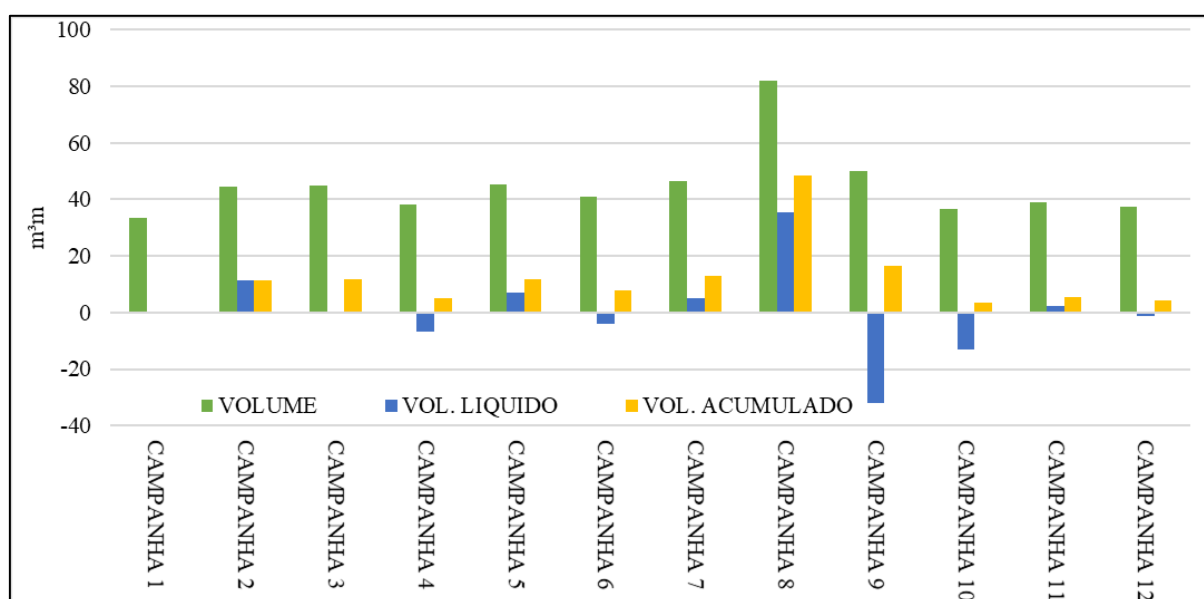


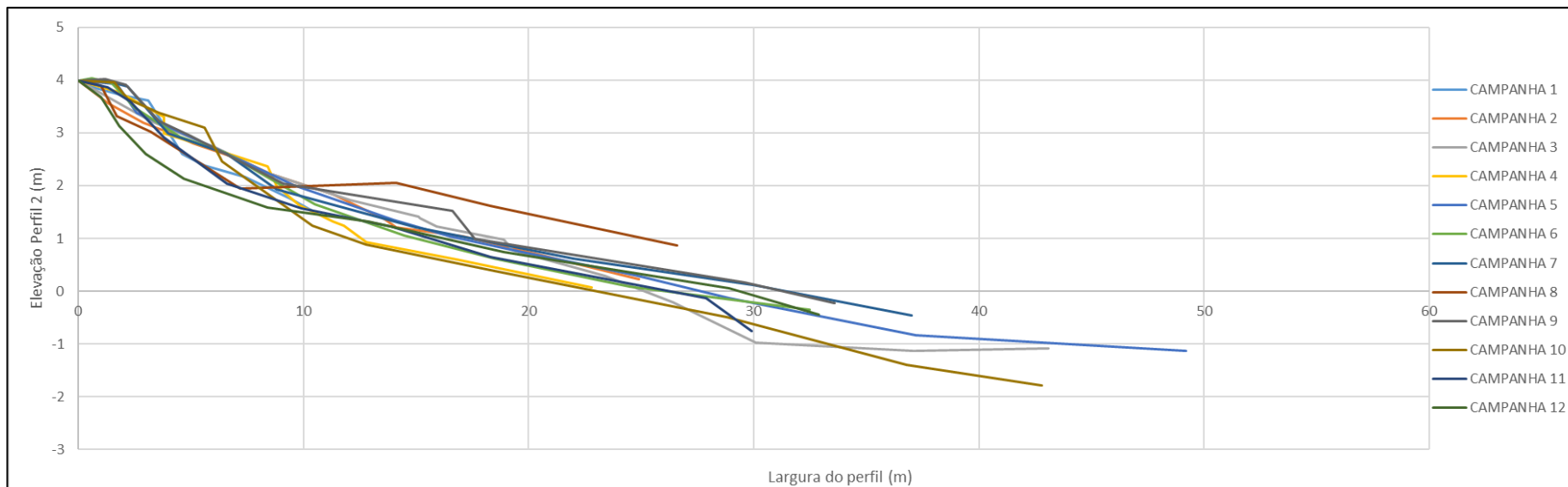
Figura 30. Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P2.

A respeito dos valores acumulados do P2, todas as campanhas se mostraram de caráter deposicional com destaque para a campanha 8 (junho de 2019) que acumulou 48,5m<sup>3</sup>/m de sedimento. Ao final das campanhas, o volume acumulado do Perfil 2 foi de 4,12m<sup>3</sup>/m, tendo se caracterizado como um perfil de acreção sedimentar.

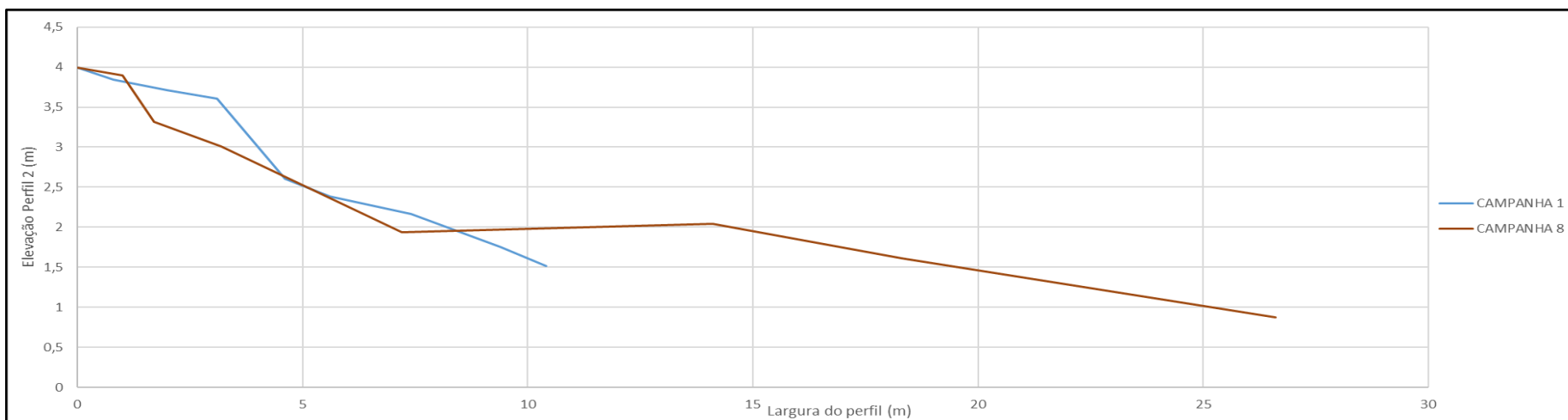
A sobreposição dos perfis na **Figura 31** possibilita visualizar o comportamento morfológico do P2, indicando que este apresentou uma razoável variabilidade sedimentar na

extensão entre crista da duna e base, alterando períodos de maior e menor declividade com presença de escarpas mais e menos íngremes. A região do pós-praia e face praial, com exceções das campanhas 1 e 8, apresentou-se de maneira homogênea no que diz respeito à declividade de suas rampas, com poucas variações abruptas.

A **Figura 32** indica os estágios de máximo e mínimo acréscimo sedimentar, sendo estes representados pelas campanhas 8 (junho de 2019), valor máximo ( $81,88\text{m}^3/\text{m}$ ) e mínimo ( $33,37\text{m}^3/\text{m}$ ), campanha 1 em agosto de 2018, uma variação total de  $48,5\text{m}^3/\text{m}$ , sendo possível observar uma diferença drástica na localização da base da duna, declividade e largura do pós-praia. A correspondência entre os estágios de menor e maior volume sedimentar é de 41% e o valor volumétrico médio do P2 é de  $44,88\text{m}^3/\text{m}$ .



**Figura 32.** Levantamentos topográficos realizados no P2.



**Figura 31.** Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P2.

### 8.3.1.3 Perfil 3 (P3)

Cerca de 410m ao sul do P2 (Pico da Cruz) encontra-se o P3, próximo à saída da trilha da servidão Teixeira. Fixado na parte “fixa” da duna como o P1 e o P2, este se encontra a 2,77m da crista da duna (**Figura 33**).

O P3 apresentou uma média anual da largura de praia de 26,6m, com amplitude de 27,77m entre o máximo de 42,4m na campanha 12 (dezembro de 2019) e o mínimo de 14,63m na campanha 3 (novembro de 2018). A declividade da face praial oscilou de 3° (campanhas 8 e 9) a 14° durante a campanha 10 (**Tabela 15**), tendo como valor médio 6,7°.

No que diz respeito à variação líquida, a campanha que mais acumulou sedimento foi a 9, com 15,6m<sup>3</sup>/m. A campanha 10 se caracterizou como a de maior perda sedimentar, com déficit líquido de -15,6m<sup>3</sup>/m em relação à campanha antecedente (**Figura 34**).

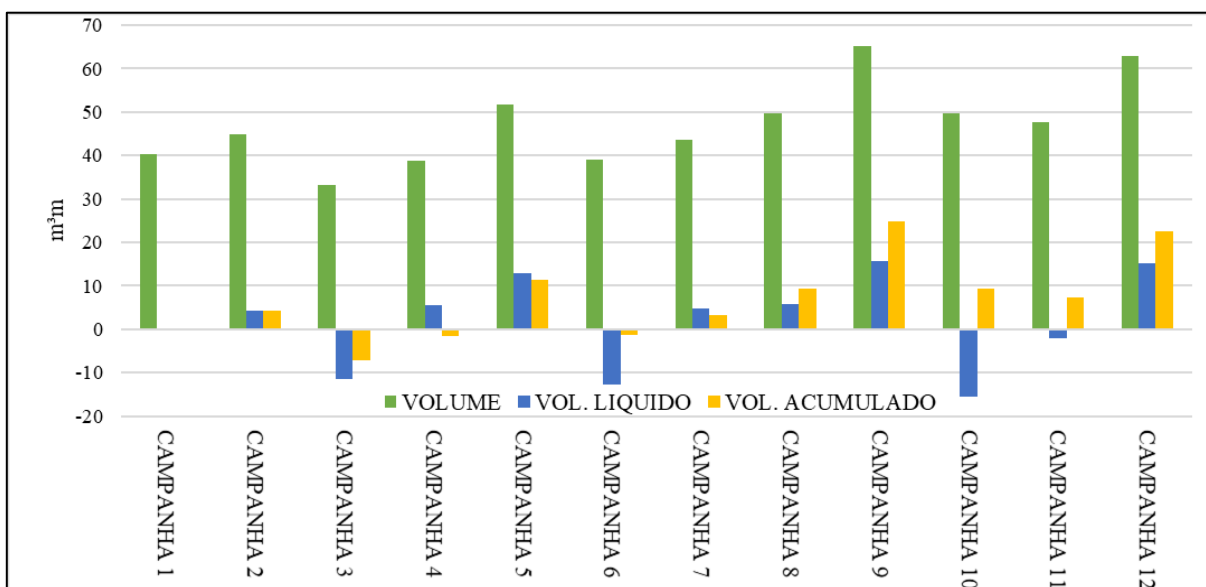


**Figura 33.** Vista para leste do P3 na praia do Rio Tavares, setor Norte da área de estudo (Fonte: o autor, setembro de 2018).

**Tabela 15.** Parâmetros morfométricos obtidos no P3.

PERFIL 3	Lar. (m)	Lar. Líq (m)	Lar. Ac (m)	Vol. (m <sup>3</sup> /m)	Vol. Líq. (m <sup>3</sup> /m)	Vol. Ac. (m <sup>3</sup> /m)	Dec (°)
CAMPANHA 1	26,56	0,00	0,00	40,37	0,00	0,00	6
CAMPANHA 2	24,12	-2,43	-2,43	44,76	4,40	4,40	7
CAMPANHA 3	14,63	-9,49	-11,93	33,25	-11,51	-7,12	7
CAMPANHA 4	16,58	1,95	-9,98	38,80	5,54	-1,57	6
CAMPANHA 5	30,25	13,67	3,69	51,68	12,88	11,31	7
CAMPANHA 6	22,80	-7,44	-3,76	39,07	-12,61	-1,30	6
CAMPANHA 7	27,90	5,10	1,34	43,74	4,67	3,37	4,8
CAMPANHA 8	30,86	2,96	4,30	49,63	5,89	9,26	3
CAMPANHA 9	34,14	3,28	7,58	65,27	15,65	24,91	3
CAMPANHA 10	25,24	-8,90	-1,32	49,70	-15,58	9,33	14
CAMPANHA 11	24,18	-1,06	-2,38	47,58	-2,12	7,21	6
CAMPANHA 12	42,40	18,23	15,84	62,84	15,26	22,47	10
<b>Média Período</b>	26,6	1,3	0,1	47,2	1,9	6,9	6,7

Legenda: Lar. (largura); Líq (Líquida); Ac (Acumulada); Vol (Volume); Dec (Declividade); m (metro).

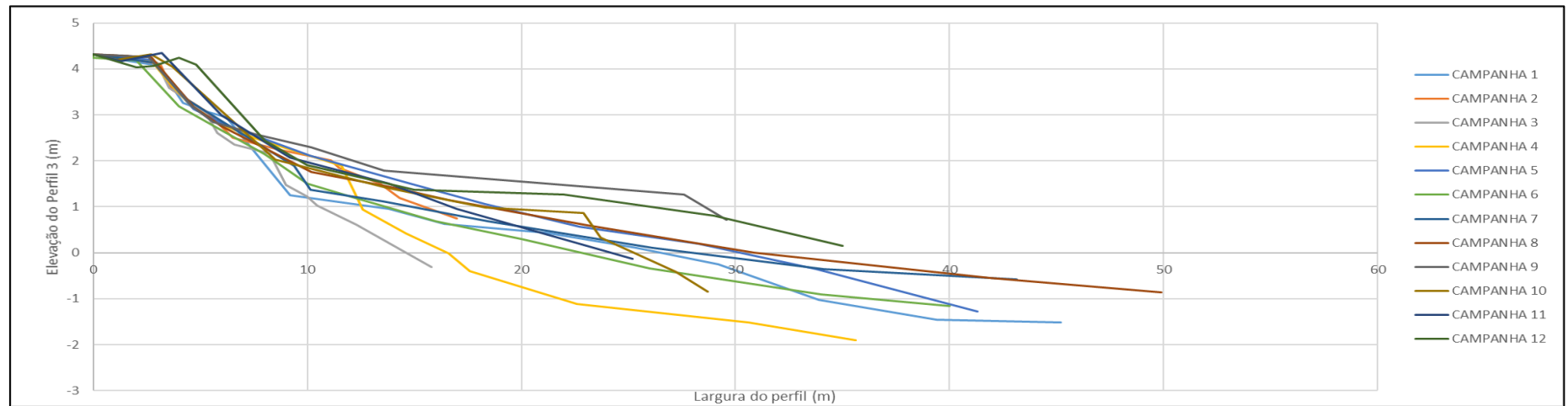
**Figura 34.** Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P3.

Os valores máximo e mínimo acumulados do P3 foram de 24,9m<sup>3</sup>/m durante a campanha 9 (julho d 2019) e -7,1m<sup>3</sup>/m na campanha 3 (novembro de 2018). Ao final do monitoramento, o P3 apresentou uma acumulação total de 22,5m<sup>3</sup>/m, um perfil de balanço sedimentar positivo.

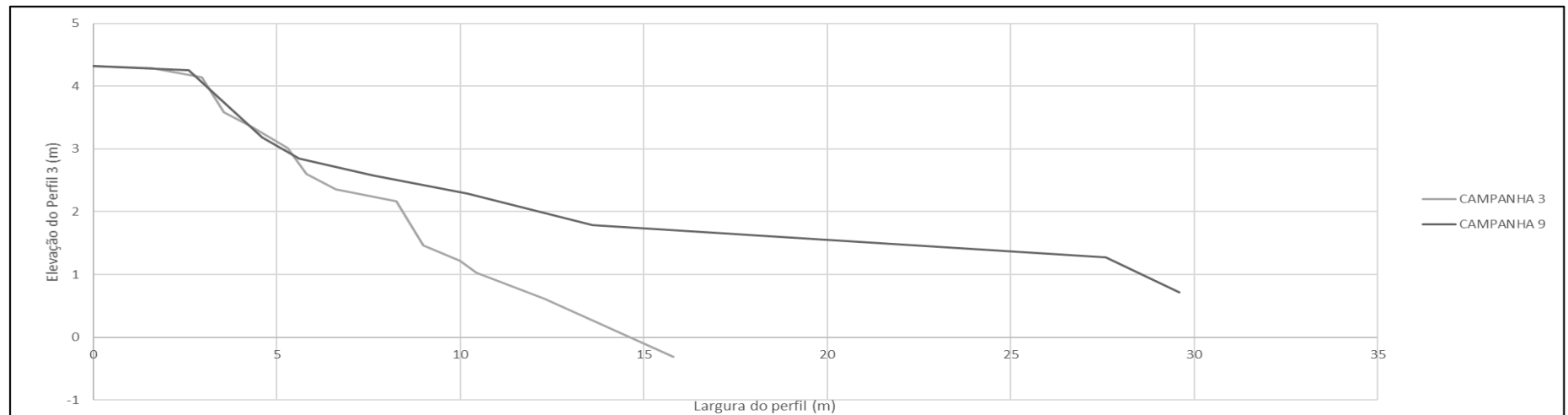
O comportamento morfológico do P3 ilustrado na **Figura 35** indica uma grande mobilidade sedimentar da base da duna em relação ao RN médio. A região do pós-praia

apresentou algumas escarpas ao longo das campanhas 3, 4, 7 e 10, caracterizando ao P3 declividade de rampas do pós-praia e da face praiial bem variadas.

Por meio da análise do máximo erosivo e máximo deposicional do P3 (**Figura 36**), é possível perceber a alta capacidade de mobilização sedimentar atrelada ao P3, que variou  $32\text{m}^3/\text{m}$ . O volume médio do P3 foi de  $47,2\text{m}^3/\text{m}$ , sendo o máximo e mínimo correspondente ao mês de julho de 2019 com  $65,27\text{m}^3/\text{m}$  (campanha 9) e  $33,25\text{m}^3/\text{m}$  durante o mês de novembro de 2018 (campanha 3), resultando na correspondência entre o mínimo e o máximo de 51%.



**Figura 35.** Levantamentos topográficos realizados no P3.



**Figura 36.** Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P3.



### 8.3.2 Setor Sul

#### 8.3.2.1 Perfil 4 (P4)

Situado bem ao final da rua Lomba do Sabão, o P4 é o primeiro perfil do setor geográfico Sul da área de estudo (**Figura 37**), delimitando o início de uma área fortemente antropizada.



**Figura 37.** Vista para oeste do P4 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo (Fonte: o autor, setembro de 2018).

O local sofre intervenções humanas de maneira recorrente devido à presença de muitas casas particulares e de manutenções para acesso ao balneário. O marco inicial encontrava-se abaixo da passarela, esta, construída pelos moradores por cima da duna frontal. Em função de o primeiro ponto de controle ter sido vandalizado, adotou-se como marco o moirão base da passarela.

O P4 apresentou uma média para largura de praia de 28,9m, variando sua extensão entre o máximo de 43,61m, campanha 1 (agosto de 2018) e o mínimo de 19,81m na campanha 3 (novembro de 2018) em 23,8m. Ao longo do período a declividade média do perfil foi de 6,3°, oscilando entre 2° (campanha 10) e 10° (campanha 5) (Tabela 16).

**Tabela 16.** Parâmetros morfométricos obtidos no P4.

PERFIL 4	Lar. (m)	Lar. Líq (m)	Lar. Ac (m)	Vol. (m <sup>3</sup> /m)	Vol. Líq. (m <sup>3</sup> /m)	Vol. Ac. (m <sup>3</sup> /m)	Dec (°)
CAMPANHA 1	43,61	0,00	0,00	60,99	0,00	0,00	5,00
CAMPANHA 2	23,90	-19,71	-19,71	35,70	-25,29	-25,29	7,50
CAMPANHA 3	22,98	-0,92	-20,63	37,00	1,29	-24,00	6,00
CAMPANHA 4	19,81	-3,17	-23,80	30,87	-6,13	-30,13	8,00
CAMPANHA 5	30,77	10,96	-12,83	57,51	26,65	-3,48	10,00
CAMPANHA 6	27,37	-3,40	-16,24	39,64	-17,87	-21,36	8,50
CAMPANHA 7	29,93	2,56	-13,68	40,77	1,13	-20,23	8,00
CAMPANHA 8	26,82	-3,11	-16,79	37,38	-3,39	-23,62	5,60
CAMPANHA 9	26,42	-0,40	-17,19	43,29	5,91	-17,70	6,00
CAMPANHA 10	30,80	4,38	-12,81	44,12	0,83	-16,87	2,00
CAMPANHA 11	29,23	-1,56	-14,37	42,57	-1,55	-18,42	4,00
CAMPANHA 12	35,56	6,32	-8,05	44,41	1,84	-16,58	5,00
<b>Média Período</b>	<b>28,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-14,7</b>	<b>42,9</b>	<b>-1,4</b>	<b>-18,1</b>	<b>6,3</b>

Legenda: Lar. (largura); Líq (Líquida); Ac (Acumulada); Vol (Volume); Dec (Declividade); m (metro).

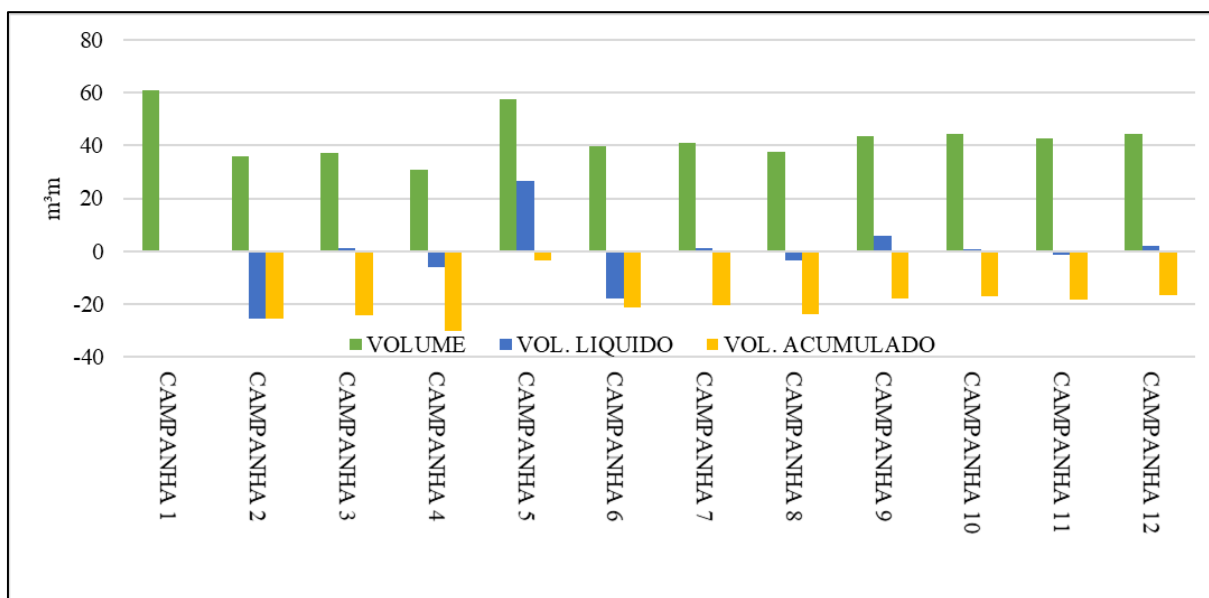
A variação de volume líquido indicou o máximo de perda na campanha 2, no qual foram retirados em relação à campanha 1 o total negativo de -25,29m<sup>3</sup>/m. O máximo de acreção líquida pode ser verificado na campanha 5, com um incremento volumétrico junto ao P4 de 26,65m<sup>3</sup>/m.

O volume acumulado do P4 foi negativo em 100% das campanhas, totalizando ao final do período um déficit acumulado de -16,58m<sup>3</sup>/m. A média acumulada das campanhas foi erosiva (-18,1m<sup>3</sup>/m), sendo a campanha 4, responsável pela maior perda acumulada de volume, (-30,13m<sup>3</sup>/m) (Figura 38). O P4 se apresenta com características do balanço sedimentar negativo, como consequência, a passarela de acesso ao balneário precisou ser “revitalizada” duas vezes durante o período monitorado.

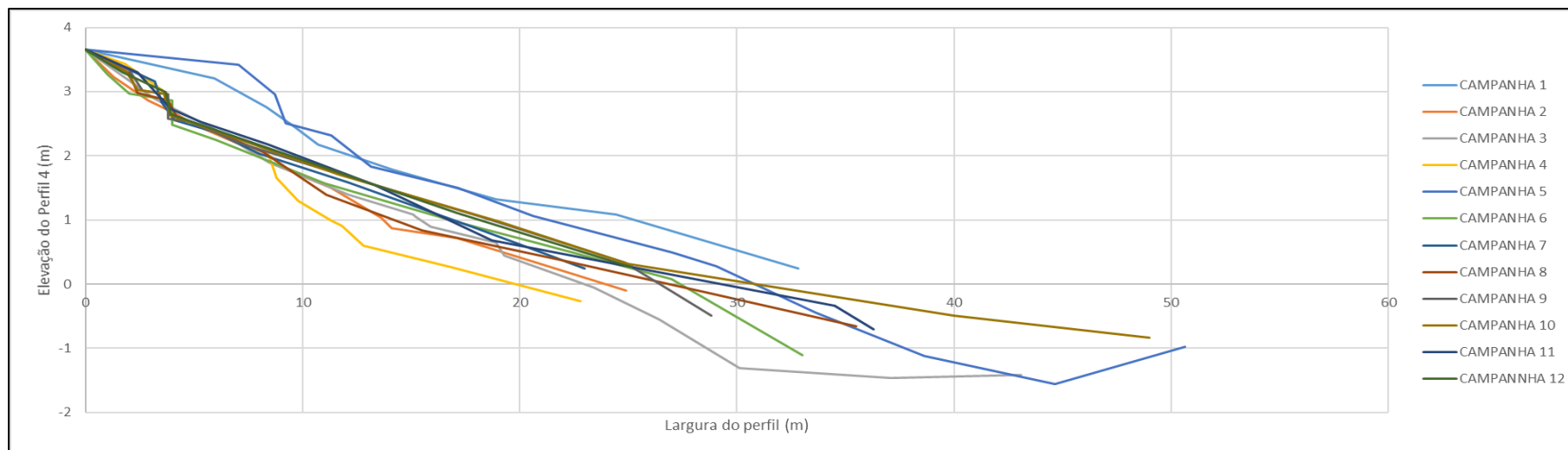
Em função das grandes perdas de sedimento do pacote arenoso, uma ação desenvolvida pela comunidade a fim de assegurar a manutenção da passarela, foi a tentativa de reter sedimentos da base (limite superior do pós-praia) através da construção de degraus.

Por meio da análise mais aprofundada da **Figura 39**, é possível identificar a grande perda sedimentar do pacote entre as campanhas 1 e 3, na região próxima ao marco, o que obrigou a comunidade intervir de alguma forma para assegurar a conservação da passarela, deste modo, na campanha 4, já é possível identificar o degrau para retenção de sedimento, degrau que virá a ser soterrado na campanha 5 por meio do acréscimo sedimentar.

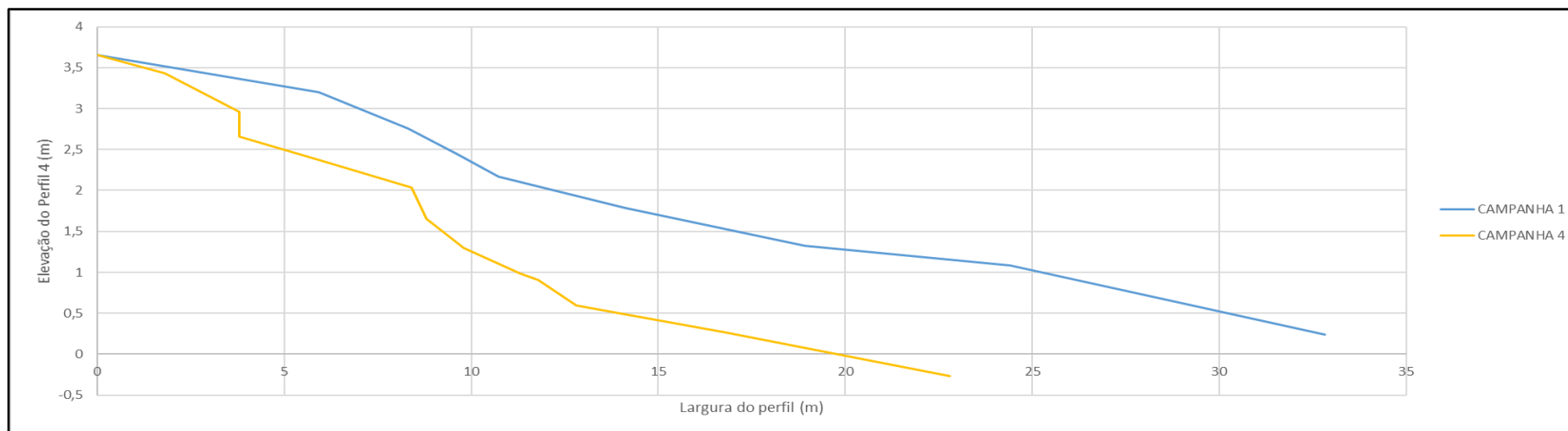
A amplitude da variação volumétrica do P4 foi de  $30,1\text{m}^3/\text{m}$ , função do máximo deposicional observado em agosto de 2018, campanha 1 com  $60,9\text{m}^3/\text{m}$  e o máximo erosivo, campanha 4, realizada em dezembro de 2018 ( $30,87\text{m}^3/\text{m}$ ) (**Figura 40**), sendo a média volumétrica associada ao P4 de  $42,9\text{m}^3/\text{m}$ , e correspondência entre o mínimo e o máximo erosivo de 51%. Ao longo das 12 campanhas, observou-se na morfologia rampas de pós-praia suaves, sem a formação de feições muito significativas, exceção da campanha 4, responsável pela formação de escarpas com afloramento de turfeiras, estes presentes por baixo do pacote sedimentar.



**Figura 38.** Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P4.



**Figura 39.** Levantamentos topográficos realizados no P4



**Figura 40.** Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P4.

### 8.3.2.2 Perfil 5 (P5)

Cerca de 350m ao sul do P4, na saída da rua dos Pinheiros, está o P5 do arco praial Joaquina - Morro das Pedras.

O P5 é o central do setor Sul, situando-se na única duna frontal existente entre o P4 e P6. Em um primeiro momento, o marco do P5 foi apoiado na duna frontal, a 1,97m de altura da base da duna (**Figura 41**).



**Figura 41.** Vista para sul do P5 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo (Fone: Bruna Moresco, outubro de 2018).

Durante a campanha 3, realizada em novembro de 2018, foi possível observar que se iniciou na base da duna um processo de erosão (**Figura 42**), culminando para o colapso da parte frontal da duna no período entre as campanhas 3 e 4, gerando uma escarpa com aproximadamente 2m de altura (**Figura 43**). A erosão ocorreu não somente na região do perfil, removendo o marco e obrigando a adequação de um novo, mas como em todo o entorno do P5.

Por este motivo, os dados volumétricos e sobreposição dos perfis serão apresentados de maneira separada, campanhas 1 a 3 e campanhas 5 a 12, visto que a partir da campanha 5, a base da duna foi adotada como novo marco. Durante as três primeiras campanhas, a média de largura da praia foi de 14,4m, oscilando entre 19,35 e 9,5m com declividade média para o perfil de 6,3°.

A **Tabela 17** e a **Figura 44** ilustram as características volumétricas do P5 durante as campanhas 1, 2 e 3.



**Figura 42.** Vista para norte do P5 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo, demonstrando o início do processo de escarpamento devido à erosão costeira (Fonte: o autor, novembro de 2018).

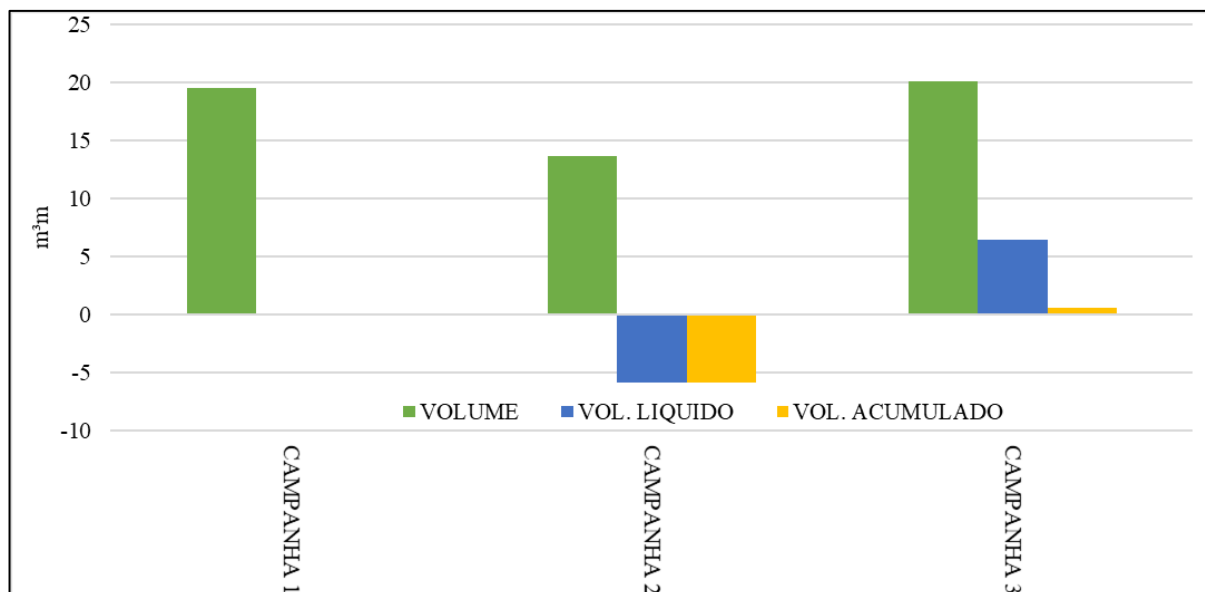


**Figura 43.** Vista para sul do P5 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo, observando-se a escarpa de 2m (Fonte: o autor, dezembro de 2018).

**Tabela 17.** Parâmetros morfométricos obtidos no P5 no período entre as campanhas 1 e 3.

<b>PERFIL 5</b>	<b>Lar. (m)</b>	<b>Lar. Líq (m)</b>	<b>Lar. Ac (m)</b>	<b>Vol. (m<sup>3</sup>/m)</b>	<b>Vol. Líq. (m<sup>3</sup>/m)</b>	<b>Vol. Ac. (m<sup>3</sup>/m)</b>	<b>Dec (°)</b>
<b>CAMPANHA 1</b>	19,35	0,00	0,00	19,50	0,00	0,00	5,00
<b>CAMPANHA 2</b>	9,50	-9,85	-9,85	13,70	-5,80	-5,80	9,00
<b>CAMPANHA 3</b>	14,49	4,98	-4,87	20,20	6,50	0,70	5,00
<b>Média C01-C03</b>	14,4	-1,6	-4,9	17,8	0,2	-1,7	6,3

Legenda: Lar. (largura); Líq (Líquida); Ac (Acumulada); Vol (Volume); Dec (Declividade); m (metro).

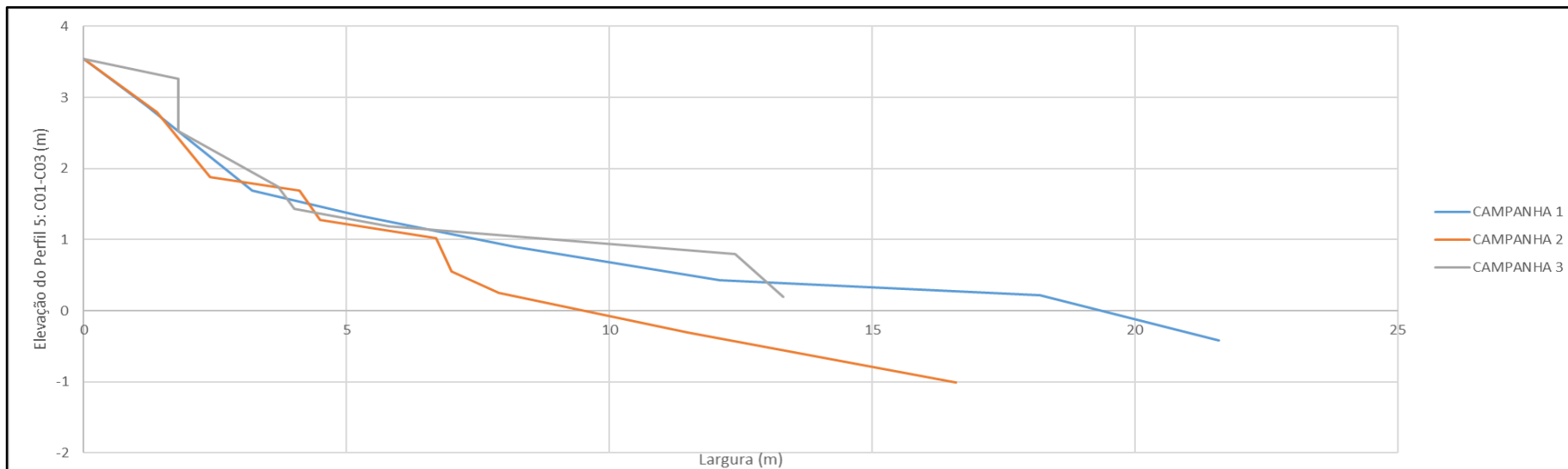


**Figura 44.** Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P5 entre as campanhas 1 e 3.

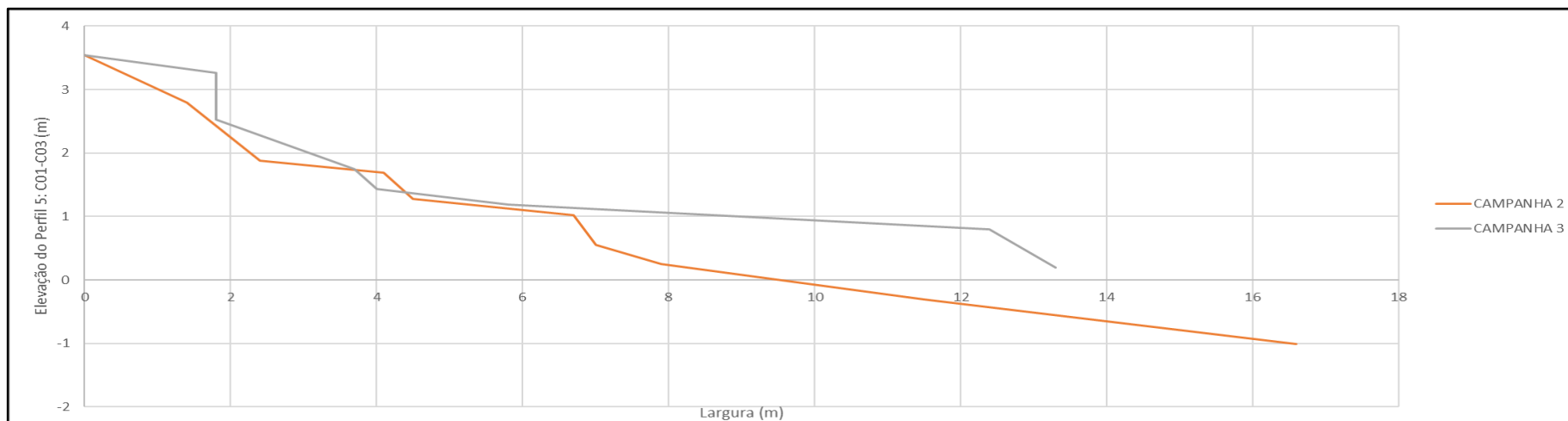
Atendo-se aos dados de volume líquido do P5 para as três primeiras campanhas, a variação máxima deposicional percebida foi na campanha 3, com acréscimo de  $6,5\text{m}^3/\text{m}$  ao pacote, enquanto a máxima erosiva foi associada a campanha 2 com um déficit em relação a 1 de  $-5,8\text{m}^3/\text{m}$ . O valor acumulado do P5 foi de  $0,7\text{m}^3/\text{m}$  (**Figura 45**), com média de  $-1,7\text{m}^3/\text{m}$ , tendo seu máximo erosivo acumulado na campanha 2 ( $-5,8\text{m}^3/\text{m}$ ) e seu máximo deposicional acumulado na campanha 3 ( $0,7\text{m}^3/\text{m}$ ). É possível observar na Figura 45, o início do esculpamento do P5 na campanha 3.

O P5 em suas três primeiras campanhas apresentou um volume máximo de  $20,2\text{m}^3/\text{m}$  na campanha 3 (novembro de 2018) e o mínimo na campanha 2 (outubro de 2018) ( $13,7\text{m}^3/\text{m}$ ) (**Figura 46**), tendo como média  $17,8\text{m}^3/\text{m}$ , amplitude de  $6,5\text{m}^3/\text{m}$  e correspondência entre o máximo erosivo e deposicional de 68%. As características hidrodinâmicas que perduraram no período entre as campanhas 1 e 2, acarretaram o esculpamento de 2m do P5 para a campanha 4.





**Figura 45.** Levantamentos topográficos realizados no P5 entre as campanhas 1 e 3.



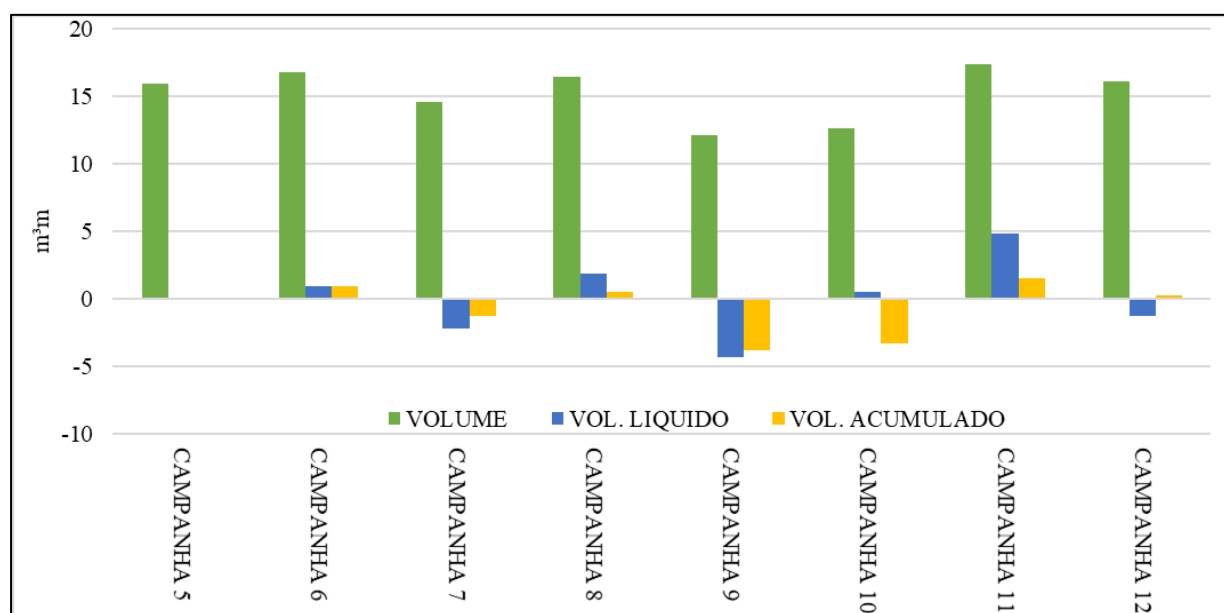
**Figura 46.** Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P5 entre as campanhas 1 e 3.

Em função da descaracterização do marco base e necessidade de implementação de um novo, a **Tabela 18** e a **Figura 47** ilustram o comportamento do P5 no período entre campanhas 5 e 12.

**Tabela 18.** Parâmetros morfométricos obtidos do P5 entre as campanhas 5 e 12.

PERFIL 5	Lar. (m)	Lar. Líq (m)	Lar. Ac (m)	Vol. (m <sup>3</sup> /m)	Vol. Líq. (m <sup>3</sup> /m)	Vol. Ac. (m <sup>3</sup> /m)	Dec (°)
CAMPANHA 5	19,62	0,00	0,00	15,91	0,00	0,00	9,00
CAMPANHA 6	19,48	-0,14	-0,14	16,83	0,91	0,91	6,50
CAMPANHA 7	17,22	-2,25	-2,40	14,59	-2,24	-1,32	9,00
CAMPANHA 8	22,20	4,97	2,58	16,42	1,83	0,51	4,50
CAMPANHA 9	14,62	-7,57	-5,00	12,11	-4,31	-3,80	7,00
CAMPANHA 10	13,78	-0,85	-5,84	12,60	0,48	-3,32	5,00
CAMPANHA 11	19,47	5,69	-0,15	17,40	4,80	1,48	14,00
CAMPANHA 12	23,93	4,46	4,31	16,14	-1,26	0,22	7,00
<b>Média C05-C12</b>	18,8	0,5	-0,8	15,2	0,0	-0,7	7,8

Legenda: Lar. (largura); Líq (Líquida); Ac (Acumulada); Vol (Volume); Dec (Declividade); m (metro).



**Figura 47.** Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P5 entre as campanhas 5 e 12.

A segunda parte do monitoramento associado ao P5 indica que a largura de praia média foi de 18,8m, variando 10,2m entre a largura máxima e mínima (campanhas 12 e 10), dezembro de 2019 e agosto de 2019. A declividade média encontrada foi de 7,8°.

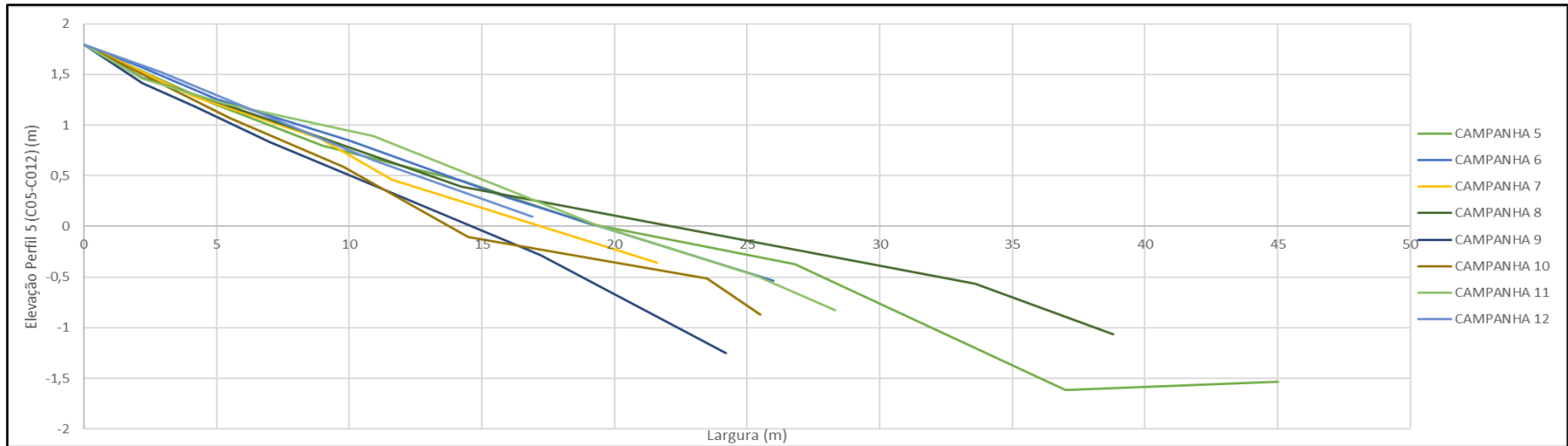
Os valores líquidos do pacote sedimentar tiveram na campanha 11 o máximo acrescido (4,8m<sup>3</sup>/m), enquanto a campanha 9 representou o máximo erosivo do período entre as campanhas (-4,31m<sup>3</sup>/m).

O volume acumulado do P5 foi de 0,22m<sup>3</sup>/m, com o máximo em relação a campanha 5 chegando a 1,48m<sup>3</sup>/m na campanha 11, enquanto o mínimo pode ser observado na campanha 9 (-3,8m<sup>3</sup>/m). Apesar de a média anual ter sido negativa, o P5 se mostrou estável ao longo das oito campanhas.

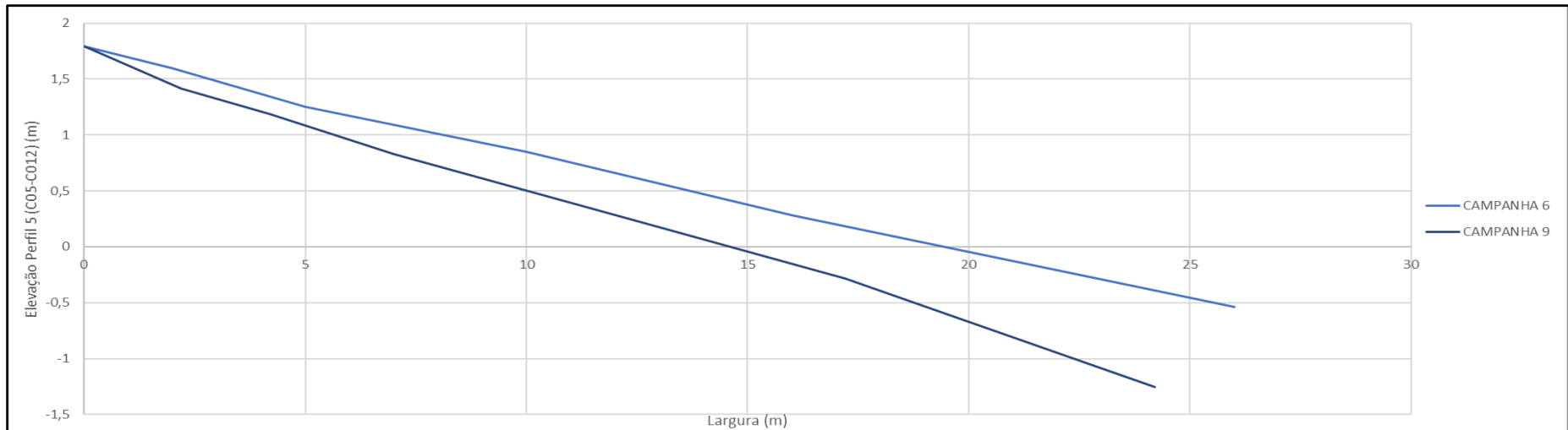
A sobreposição dos perfis indica uma variabilidade quase nula na declividade das rampas do pós-praia, todavia, com altas variações na declividade da face-praial. Após a substituição do marco, nenhuma feição morfológica de destaque pode ser observada no local (**Figura 48**).

A média volumétrica do pacote arenoso do P5 foi de 15,2m<sup>3</sup>/m, sendo o valor máximo observado na campanha 11 com 17,4m<sup>3</sup>/m (março de 2019) e mínimo de 12,11m<sup>3</sup>/m na campanha 9 (julho de 2019), resultando em uma amplitude volumétrica de 5,29m<sup>3</sup>/m (**Figura 49**) e uma correspondência de 70%.

Ao comparar as figuras 45 e 48, torna-se possível visualizar o desnível de aproximadamente 2m, consequência do deslizamento da parte frontal da duna. Em virtude da descaracterização do marco, a campanha 4 de dados morfológicos associada ao P5 não foi realizada, devido à necessidade de implementação do novo ponto de referência para medição dos perfis.



**Figura 48.** Levantamentos topográficos realizados no P5 entre as campanhas 5 e 12.



**Figura 49.** Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P5 entre as campanhas 6 e 9.

### 8.3.2.3 Perfil 6 (P6)

O P6 (**Figura 50**) representa o último perfil do setor Sul da área de estudo, cujo marco topográfico está localizado 50m ao sul da entrada da rua do Chalé (praia das Areias do Campeche) e a 340m do P5. Este perfil encontra-se no limite sul do adensamento urbano da praia do Campeche, a partir dele as construções nas dunas diminuem significativamente em direção ao Morro das Pedras.



**Figura 50.** Vista para nordeste do P6 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo, ilha do Campeche ao fundo. (Fonte: Bruna Moresco, outubro de 2018).

A largura de praia média encontrada para o P6 foi de 26m, oscilando entre seu máximo e mínimo 35,71m, correspondentes aos 47,35m da campanha 8 (junho de 2019) e 11,64m na campanha 12 (dezembro de 2019) (**Tabela 19**). A declividade da face praial variou entre 4,5° (campanha 8) e 14° (campanha 11), tendo assim o valor médio de 7,8°.

As maiores variações líquidas do P6 estão associadas à campanha 8, com valor máximo de acreção de 40,74m<sup>3</sup>/m em relação à campanha 7, e valores máximos de erosão

referentes a campanha 9, que em relação à campanha 8 perdeu  $-38,18\text{m}^3/\text{m}$  de sedimentos do pacote sedimentar.

**Tabela 19.** Parâmetros morfométricos obtidos no P6.

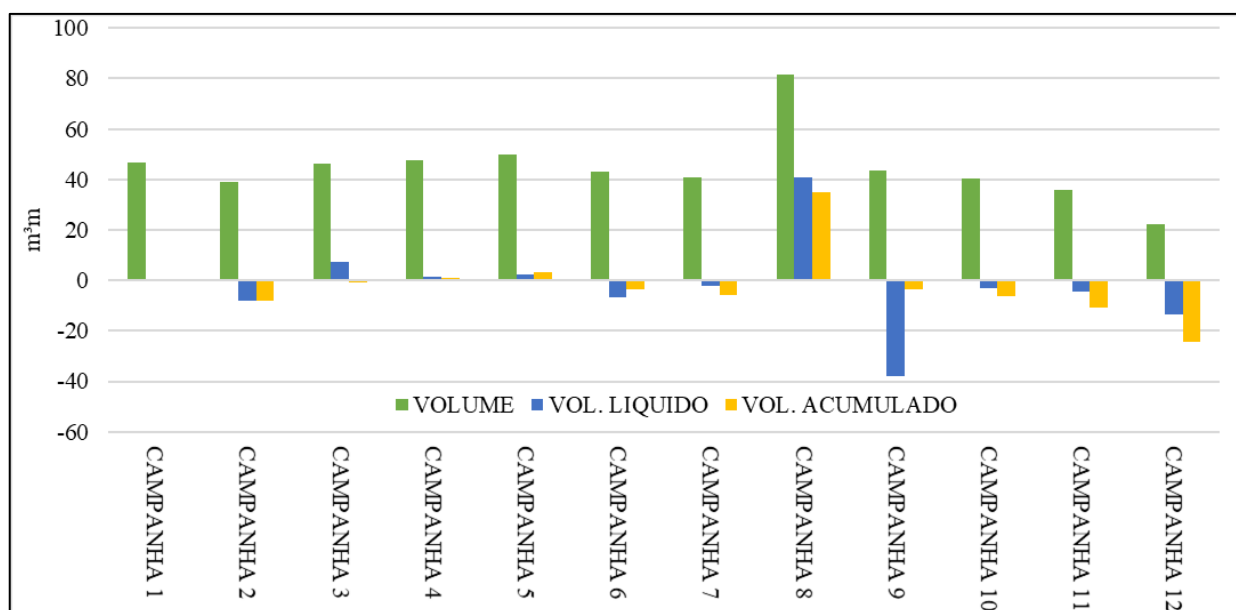
PERFIL 6	Lar. (m)	Lar. Líq (m)	Lar. Ac (m)	Vol. ( $\text{m}^3/\text{m}$ )	Vol. Líq. ( $\text{m}^3/\text{m}$ )	Vol. Ac. ( $\text{m}^3/\text{m}$ )	Dec (°)
CAMPANHA 1	29,61	0,00	0,00	46,82	0,00	0,00	5,00
CAMPANHA 2	20,40	-9,21	-9,21	38,77	-8,06	-8,06	10,00
CAMPANHA 3	25,60	5,20	-4,01	46,16	7,39	-0,66	6,00
CAMPANHA 4	25,19	-0,41	-4,42	47,79	1,63	0,96	10,00
CAMPANHA 5	27,03	1,84	-2,58	50,06	2,28	3,24	9,00
CAMPANHA 6	24,52	-2,51	-5,09	43,14	-6,92	-3,68	6,50
CAMPANHA 7	34,33	9,81	4,72	40,89	-2,25	-5,93	9,00
CAMPANHA 8	47,35	13,02	17,75	81,62	40,74	34,80	4,50
CAMPANHA 9	23,67	-23,69	-5,94	43,45	-38,18	-3,37	7,00
CAMPANHA 10	23,27	-0,40	-6,34	40,33	-3,12	-6,49	5,00
CAMPANHA 11	19,95	-3,32	-9,66	35,95	-4,38	-10,87	14,00
CAMPANHA 12	11,64	-8,31	-17,97	22,40	-13,55	-24,42	7,00
<b>Média Anual</b>	26,0	-1,5	-3,6	44,8	-2,0	-2,0	7,8

Legenda: Lar. (largura); Líq (Líquida); Ac (Acumulada); Vol (Volume); Dec (Declividade); m (metro).

O valor de volume acumulado do P6 para as 12 campanhas foi negativo (**Figura 51**), déficit sedimentar de  $-24,42\text{m}^3/\text{m}$ , função da enorme remobilização observada na última campanha (**Figura 52**) que culminou na maior erosão acumulada durante o período, aferindo para a célula costeira do P6, um balanço negativo com características erosivas. A campanha 8 ficou caracterizada como a de maior acumulação sedimentar,  $34,8\text{m}^3/\text{m}$  em relação à campanha 1.

A **Figura 52** representa a última campanha associada ao P6, na qual a maré alta e a corrente de retorno observada bem em frente ao perfil, esculpíram uma escarpa de aproximadamente 1,3m na região da face praial, culminando na menor largura de praia associada ao perfil de 11,6m.

Por meio da sobreposição dos perfis (**Figura 53**), é possível identificar que com exceção das campanhas 8 e 12, aparentemente atípicas ao padrão morfológico da praia, o P6 apresentou uma largura homogênea do sistema praial, com elevadas declividades para as rampas do pós-praia e face-praial.



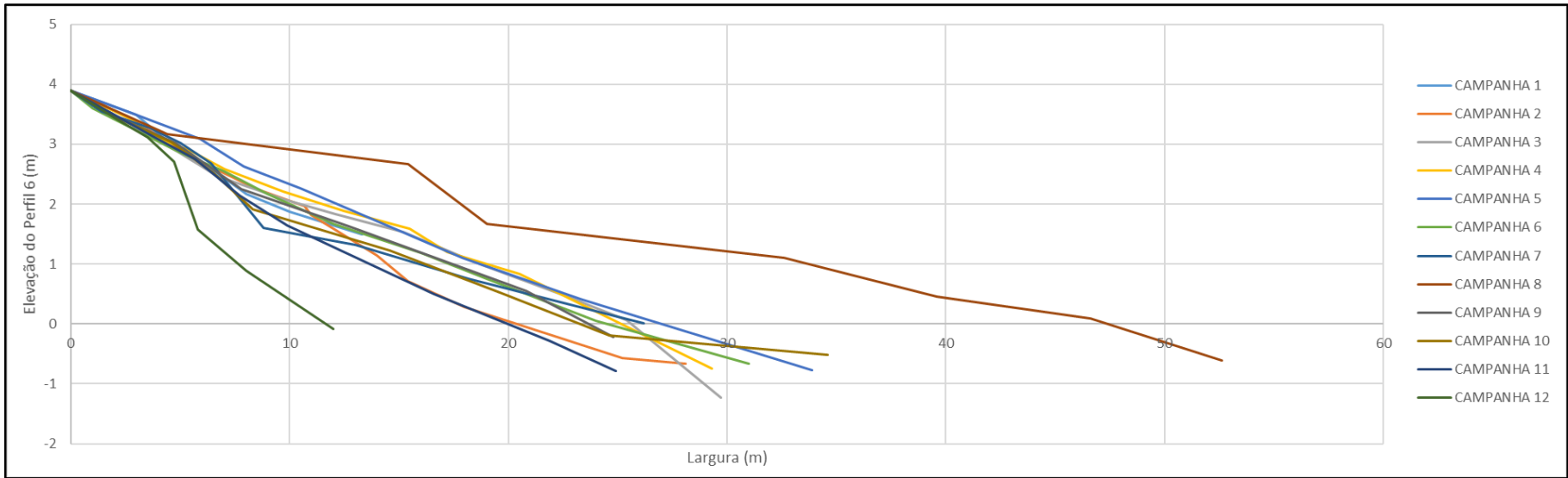
**Figura 51.** Variação do volume, volume líquido e volume acumulado do P6.



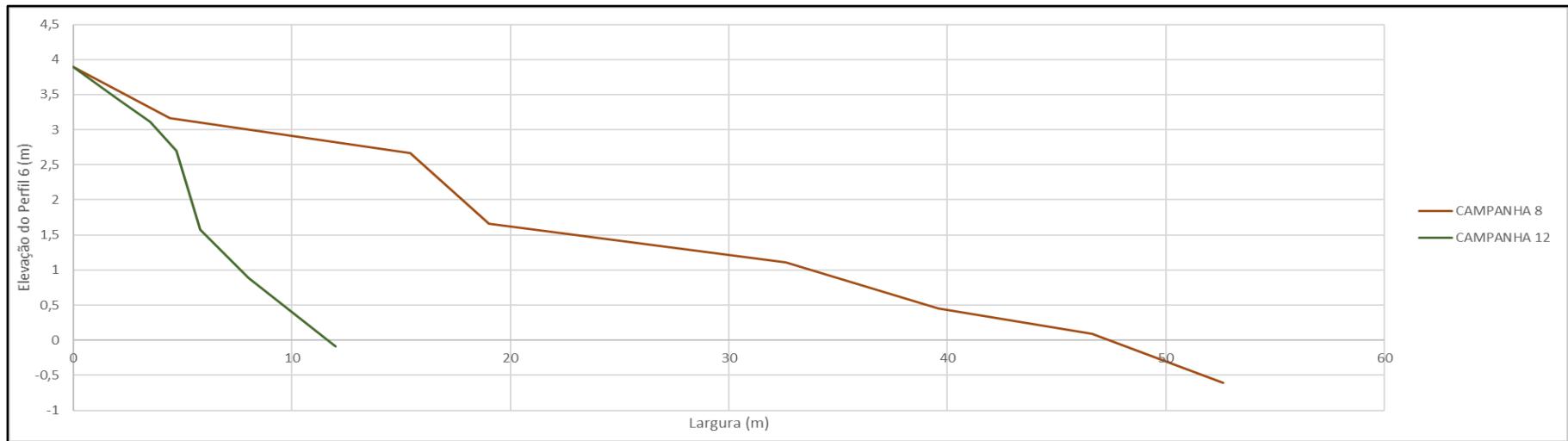
**Figura 52.** Vista para sudoeste do P6 na praia do Campeche, setor Sul da área de estudo (Fonte: Bruna Moresco, dezembro de 2019).

A diferença volumétrica absoluta entre a campanha de máxima acreção ( $81,6\text{m}^3/\text{m}$ ) em junho de 2019 (campanha 8) e a de máxima erosão ( $22,4\text{m}^3/\text{m}$ ) em dezembro de 2019 (campanha 12), indicam uma amplitude no balanço sedimentar de  $59,2\text{m}^3/\text{m}$  (**Figura 54**), maior que a média volumétrica do perfil de  $44,8\text{m}^3/\text{m}$ , e resultam em uma correspondência entre o mínimo e o máximo erosivo de 27,5%.





**Figura 53.** Levantamentos topográficos realizados no P6.



**Figura 54.** Máximo erosivo versus máximo acrescido para o P6.

### 8.3.3 Sazonalidade do pacote sedimentar

A **Tabela 20** ilustra o comportamento da variação volumétrica dos seis perfis ao longo das quatro estações do ano, todos os valores devem ser lidos em  $m^3/m$ . Esta tabela torna possível a análise dos eventos erosivos e deposicionais por campanha, perfil, setor geográfico e estação, além de identificar a mobilização total de volume para a área monitorada. Por meio da Tabela 20, torna-se possível identificar algumas características do balanço sedimentar dos perfis/setor.

Os perfis por si só não explicam as tendências do arco praial Joaquina - Morro das Pedras a respeito da variação volumétrica, visto que suas respostas aos agentes climato-oceanográficos variam de perfil para perfil. De maneira geral o P6 e o P2 se mostraram com uma maior capacidade de mobilizar sedimentos,  $119,1m^3/m$  no P2 e  $128m^3/m$  no P6, enquanto o P5 mobilizou ao final das campanhas apenas  $28,1m^3/m$ . O dado preenchido pela sigla NAN (*Not a Number*) na Tabela 20 a respeito do P5, é função do evento explicado previamente na descrição morfológica do perfil, subcapítulo 8.3.2.2, que fez com que houvesse uma descaracterização dos dados, obrigando a realocação do marco durante a campanha 4.

Com exceção da campanha 5, na qual todos os perfis apresentaram uma acreção volumétrica e a campanha 3 na qual apenas o P3 erodiu, as outras não demonstraram um padrão homogêneo de resposta do perfil ao período entre campanhas, pois durante a mesma campanha os perfis variaram seu balanço em função dos agentes ali atuantes, tendo perfis erodidos e outros acrescidos. O que se pode perceber é uma tendência erosiva maior nos perfis do setor Sul.

Tabela 20. Variação volumétrica dos setores Norte e Sul e dos seis perfis monitorados ao longo da pesquisa (m<sup>3</sup>/m).

Campanhas		Setor Norte			Setor Sul			Balanço da coleta	Erosão	Deposição	Balanço da Estação	Total mobilizado na estação
		Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6					
Inverno	Campanha 01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Campanha 09	-2,8	-32,0	15,6	5,9	-4,3	-38,2	-55,7	-77,2	21,6	-89,0	134,7
	Campanha 10	-2,7	-13,2	-15,6	0,8	0,5	-3,1	-33,3	-34,6	1,3		
Primavera	Campanha 02	-8,4	11,3	4,4	-25,3	-5,8	-8,1	-31,8	-41,7	15,7		
	Campanha 03	10,0	0,4	-11,5	1,3	6,5	7,4	14,0	-11,5	19,0	-10,2	123,9
	Campanha 11	8,7	2,2	-2,1	-1,5	4,8	-4,4	7,6	-8,1	15,7		
Verão	Campanha 04	-7,5	-6,7	5,5	-6,1	NAN	1,6	-13,2	-20,3	7,2		
	Campanha 05	4,9	7,0	12,9	26,6	0,0	2,3	53,7	0,0	53,7	57,4	130,4
	Campanha 12	15,9	-1,4	15,3	1,8	-1,3	-13,5	16,8	-16,2	33,0		
Outono	Campanha 06	1,6	-4,2	-12,6	-17,9	0,9	-6,9	-39,0	-41,6	2,5		
	Campanha 07	1,8	5,2	4,7	1,1	-2,2	-2,3	8,3	-4,5	12,8	45,6	153,2
	Campanha 08	-4,4	35,6	5,9	-3,4	1,8	40,7	76,3	-7,8	84,1		
Balanço do Perfil		17,2	4,1	22,5	-16,6	0,9	-24,4					
Total mobilizado		68,6	119,1	106,1	91,9	28,1	128,5		-263,5	266,5		
Balanço do Setor		43,8			-40,1			Balanço Final	3,0			
Total mobilizado do Setor		293,8			248,5				Total mobilizado nas campanhas		542,3	

Legenda. Valores em vermelho indicam déficit sedimentar.

A campanha 8 está associada ao maior balanço positivo dentre as 12 coletas ( $76,3\text{m}^3/\text{m}$ ) e também ao máximo deposicional observado entre elas, com um incremento total para os perfis de  $84,1\text{m}^3/\text{m}$ , com destaques para os volumes inseridos junto ao P6 e P2 ( $40,7\text{m}^3/\text{m}$  e  $35,6\text{m}^3/\text{m}$ , respectivamente). Na mesma campanha, o P1 e o P4 apresentaram perdas volumétricas de  $-4,4\text{m}^3/\text{m}$  e  $-3,4\text{m}^3/\text{m}$ . O máximo erosivo entre as campanhas ocorreu logo na sequência, a campanha 9 acarretou em déficit volumétrico total para os perfis de  $-77,2\text{m}^3/\text{m}$ , com destaques para as perdas associadas ao P6 e P2, que tiveram a retirada de quase a totalidade do volume acrescido na campanha 8. A perda sedimentar do P6 e P2 foi de  $-38,2\text{m}^3/\text{m}$  e  $-32\text{m}^3/\text{m}$ , respectivamente, sendo a campanha de maior balanço negativo observada ( $-55,7\text{m}^3/\text{m}$ ) e também, a de maior mobilização total de sedimento, com  $98,8\text{m}^3/\text{m}$ . A campanha 7 se configura como a de menor mobilidade sedimentar, função do balanço total observado de  $17,3\text{m}^3/\text{m}$ .

Os perfis que apresentaram balanço negativo no período monitorado foram o P6, com um déficit sedimentar de  $-24,4\text{m}^3/\text{m}$  e o P4, que teve uma perda de  $-16,6\text{m}^3/\text{m}$ , os outros quatro, tiveram acréscimos volumétricos variando de  $0,9$  a  $22,5\text{m}^3/\text{m}$ .

A melhor maneira de interpretar e aferir as características de mobilidade sedimentar do arco praial Joaquina-Morro das Pedras é, por tanto, a partir da análise do comportamento volumétrico dos diferentes setores.

Analisando-se as respostas dos setores ao balanço sedimentar, observa-se uma tendência à acumulação no setor Norte ( $43,8\text{m}^3/\text{m}$ ). Os três perfis do setor se mostraram com balanço final positivo, sendo estes:  $17,2\text{m}^3/\text{m}$  (P1),  $4,1\text{m}^3/\text{m}$  (P2) e  $22,5\text{m}^3/\text{m}$  (P3). O balanço total observado para o setor em questão foi de  $293,8\text{m}^3/\text{m}$  durante as 12 campanhas, com destaques para o P2 e P3 que mobilizaram, respectivamente,  $119,1\text{m}^3/\text{m}$  e  $106,01\text{m}^3/\text{m}$  de sedimento, o perfil de menor mobilidade foi o P1, com um total de  $68,6\text{m}^3/\text{m}$  mobilizados.

O setor Sul por sua vez, demonstrou uma tendência erosiva, com decréscimo do pacote sedimentar em  $-40,1\text{m}^3/\text{m}$ , função do balanço final negativo encontrado para o P4 e P6, com perdas volumétricas de  $-16,6\text{m}^3/\text{m}$  (P4) e  $-24,4\text{m}^3/\text{m}$  (P6). O P5 apresentou-se de maneira estável com um balanço positivo total de  $0,9\text{m}^3/\text{m}$ , entretanto este dado não configura o observado *in loco*, este valor de estabilidade se deve especialmente ao desmoronamento da parte frontal da duna, que obrigou à readequação do marco. O setor

como um todo, remobilizou ao longo das 12 campanhas ( $248,5\text{m}^3/\text{m}$ ), tendo a maior mobilidade observada no P6 e P4 ( $128,5\text{m}^3/\text{m}$  e  $91,9\text{m}^3/\text{m}$ , respectivamente) e a menor no P5 ( $28,1\text{m}^3/\text{m}$ ).

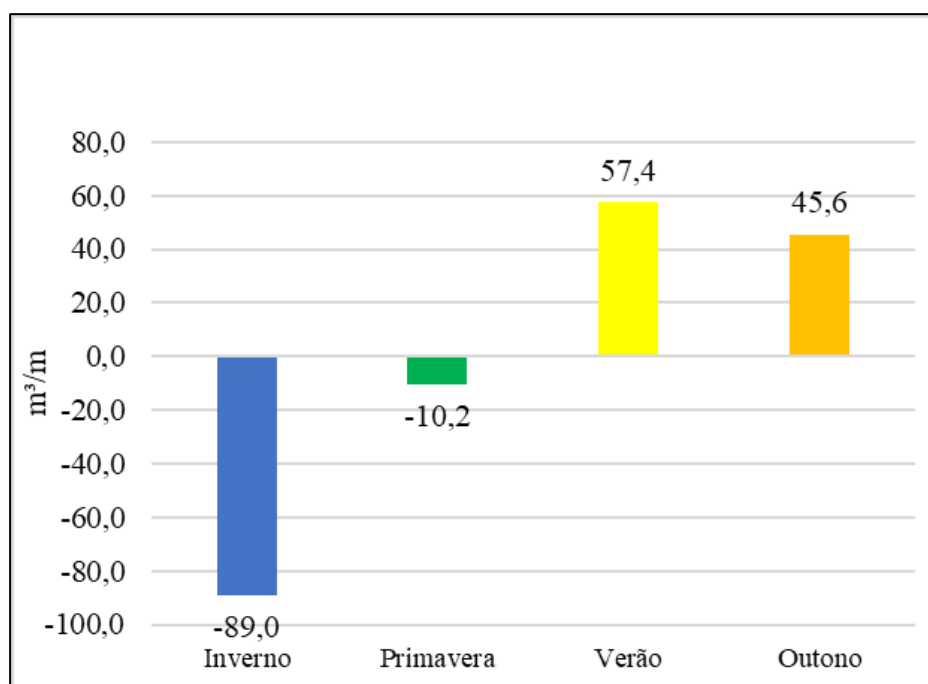
O inverno foi responsável por realocar ao longo dos seis perfis, um total de  $134,7\text{m}^3/\text{m}$  de sedimento, culminando no período de maior erosão observada, com perda para as células monitoradas de  $-89\text{m}^3/\text{m}$ . A estação subsequente, primavera, remobilizou um total de  $111,6\text{m}^3/\text{m}$  de sedimento, resultando em uma perda total para o sistema de  $-10,2\text{m}^3/\text{m}$ . Inverno e primavera se configuram como as estações erosivas do sistema praiial Joaquina-Morro das Pedras no período do monitoramento.

O verão se destaca como a estação de maior aporte sedimentar junto aos perfis ( $57,4\text{m}^3/\text{m}$ ), responsável também por mobilizar um total de  $130,4\text{m}^3/\text{m}$  durante as campanhas 4, 5, e 12. O outono se caracterizou pela estação de maior mobilização sedimentar ( $153,2\text{m}^3/\text{m}$ ), e também pelo alto valor de aporte sedimentar junto aos perfis ( $45,6\text{m}^3/\text{m}$ ).

Deste modo, para o arco praiial Joaquina - Morro das Pedras como um todo, as estações de maior influência erosiva foram inverno e primavera e as de maior influência deposicional verão e o outono (**Figura 55**). No quesito balanço sedimentar, o setor Norte se mostrou mais capaz de uma recuperação do sistema, visto a maior mobilidade encontrada nos três perfis, se comparada aos três do setor Sul.

A **Tabela 21** ilustra o comportamento de cada setor ao longo das estações do ano. Ao analisar-se a influência das estações por setor, consegue-se perceber que a primavera, apesar de ter tido um balanço negativo, manifestou-se de maneira deficitária no volume sedimentar apenas no setor Sul, retirando do sistema ( $-45,1\text{m}^3/\text{m}$ ), culminando em um déficit volumétrico de  $-25,1\text{m}^3/\text{m}$ , enquanto para o mesmo período, o setor Norte acumulou  $14,9\text{m}^3/\text{m}$ . Deste modo, a única estação que influenciou negativamente o setor Norte no

balanço sedimentar foi o inverno, retirando  $-66,3\text{m}^3/\text{m}$  e ocasionando um déficit total para o período de  $-50,6\text{m}^3/\text{m}$ .



**Figura 55.** Mobilização total de sedimento ( $\text{m}^3/\text{m}$ ) durante as estações ao longo das 12 campanhas de campo.

**Tabela 21.** Balanço volumétrico dos setores monitorados ( $\text{m}^3/\text{m}$ ).

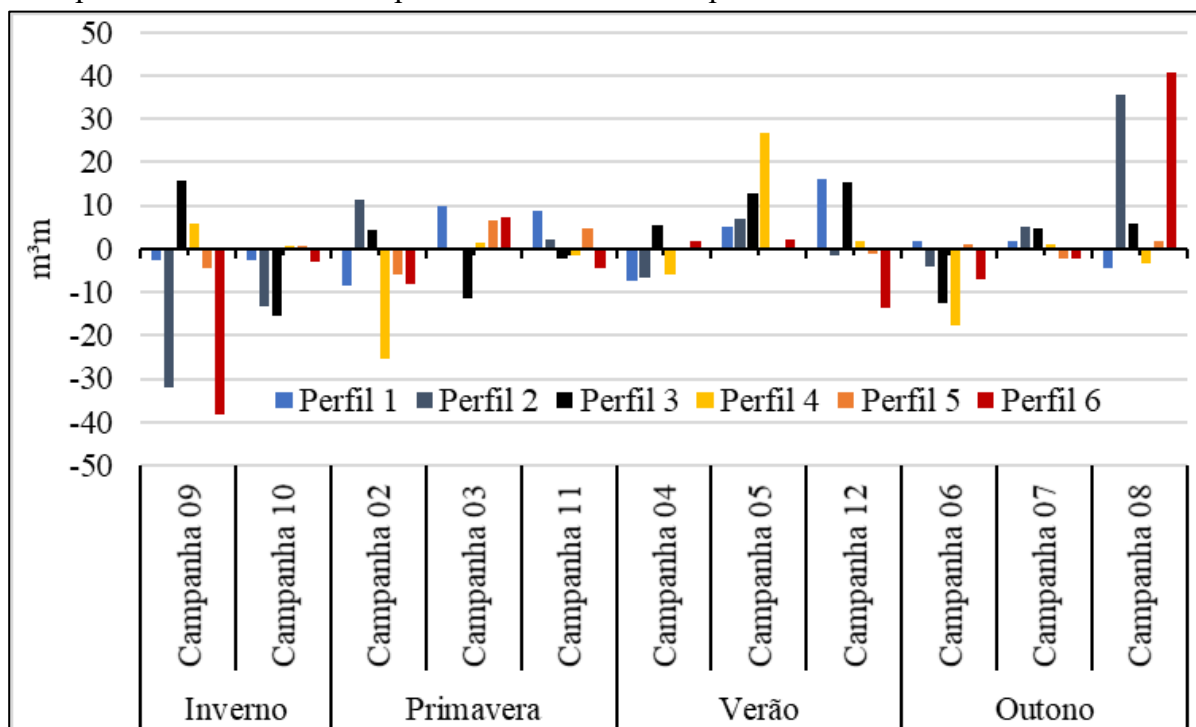
Estação	Deposição setor norte	Erosão setor norte	Balanço da estação setor norte	Deposição setor sul	Erosão setor sul	Balanço da estação setor sul	Total mobilizado setor norte	Total mobilizado setor sul
Inverno	15,6	-66,3	-50,6	7,2	-45,6	-38,4	81,9	52,8
Primavera	36,9	-22,0	14,9	20,0	-45,1	-25,1	58,8	65,1
Verão	61,5	-15,6	45,9	32,4	-20,9	11,5	77,1	53,3
Outono	54,8	-21,2	33,6	44,6	-32,7	11,9	76,0	77,3

Legenda. Valores em vermelho indicam déficit sedimentar.

Por meio da análise da **Figura 56**, é possível identificar a influência das estações para cada um dos perfis. O inverno foi a estação que mais influenciou a erosão no P2 e P6, e a responsável pela de maior acreção no P3. No geral o inverno foi uma estação extremamente erosiva para os setores Norte e Sul. A primavera se mostrou mais equilibrada na dinâmica da mobilidade sedimentar, erodindo quatro perfis na campanha 2, apenas o P3 na campanha 3 e três perfis na campanha 11.

O verão durante a campanha 4, erodiu o P1, P2 e P4. A campanha 5 foi de acréscimo volumétrico em todos os perfis, e a 12, responsável por erosão no P2, P5 e a grande remobilização negativa do P6. A estação do outono foi a de maior mobilização sedimentar

no período, sendo responsável por um decréscimo sedimentar no setor Norte junto aos P2 e P3 e no setor Sul no P4 e P6 durante a campanha 6. A campanha 7 apresentou caráter erosivo apenas no P5 e P6, enquanto que a campanha 8 acrescentou sedimentos de maneira muito significativa, no P2 e P6 e de menos significância no P3 e P4. Durante o período, P1 e P4 perderam sedimentos da parte emersa do sistema praial.



**Figura 56.** Comportamento sazonal do volume ( $m^3/m$ ) entre as 12 campanhas para os seis perfis.

#### 8.4 Granulometria

Ao longo das 12 campanhas foram coletadas 213 amostras de sedimentos superficiais, associadas aos seis perfis estudados. Cada perfil, com exceção do P5 durante a campanha 4, tiveram três amostras distintas de sedimentos superficiais coletadas por campanha, nos setores morfológicos da face praial, pós-praia e limite superior do pós-praia (LSPP), totalizando ao final do período 36 amostras por perfil, 12 de cada um dos setores morfológicos.

Em uma análise preliminar das amostras em campo e posteriormente confirmada em laboratório por meio de lupa binocular, identificou-se o predomínio de minerais de quartzo nos sedimentos arenosos para ambos os setores. Minerais opacos e pesados foram encontrados junto às amostras dos perfis P5 e P6. A coloração das amostras variou entre

*very pale orange* (10YR 8/2), *pale yellow* (5Y 8/2), *yellowish gray* (5Y 7/2) e *grayish orange* (10YR 7/4). O setor morfológico da face praial, especialmente nos perfis P4, P5 e P6 apresentou esporádica presença de bioclastos carbonáticos, não sendo identificado nas amostras a presença significativa de matéria orgânica.

A seguir serão expostos os resultados encontrados da análise granulométrica dos sedimentos, considerando a variação granulométrica transversal (relativo aos seis perfis: P1, P2, P3, P4, P5 e P6) e a variação granulométrica longitudinal (referente aos três setores morfológicos: face praial, pós-praia e limite superior do pós-praia).

Para isso foram utilizados os seguintes parâmetros estatísticos: média aritmética (Mz) mediana (Md), ambos utilizando valores de  $\phi$  ( $\Phi$ ), textura, desvio padrão (Dp) ( $\sigma$ ), assimetria (Ski) e curtose (Kg).

#### **8.4.1 Variação granulométrica transversal dos seis perfis monitorados**

Nesta sessão, serão apresentados os resultados da análise granulométrica por perfil, para os seis perfis ao longo das 12 campanhas.

##### **8.4.1.1 Perfil 1 (P1)**

A **Tabela 22** sintetiza todos os dados granulométricos associados ao P1, indicando valores de média (Mz) variando entre 0,98 e 2,16  $\Phi$  e valores da mediana (Md) variando entre 1,01 e 2,2  $\Phi$ . O valor médio da média foi de 1,64  $\Phi$  e o da mediana foi de 1,66  $\Phi$ , representando as texturas de areia média. Das 36 amostras, 29 amostras (80%) representam areia média, seis amostras (17%) areia fina e uma amostra (3%) areia grossa.

O desvio padrão (Dp) oscilou entre 0,34 e 0,71  $\Phi$ , com valor médio de 0,50 $\Phi$ , representando a classe moderadamente selecionada. As amostras variam de muito bem selecionadas à moderadamente selecionadas, totalizando 19 amostras moderadamente selecionadas (53%), 16 amostras bem selecionadas (44%) e uma amostra muito bem selecionada (3%).



A assimetria variou de 0,12 (positiva) a -0,21 (negativa), sendo que 22 amostras apresentam assimetria aproximadamente simétrica (61%), 10 amostras apresentam assimetria negativa (28%) e quatro amostras assimetria positiva (11%).

A curtose (Kg) variou de 0,72 a 1,37, com valor médio de 1,02 (mesocúrtica). Sua classificação resultou em 26 amostras mesocúrticas (72%), seis amostras leptocúrticas e quatro amostras platicúrticas (11%).

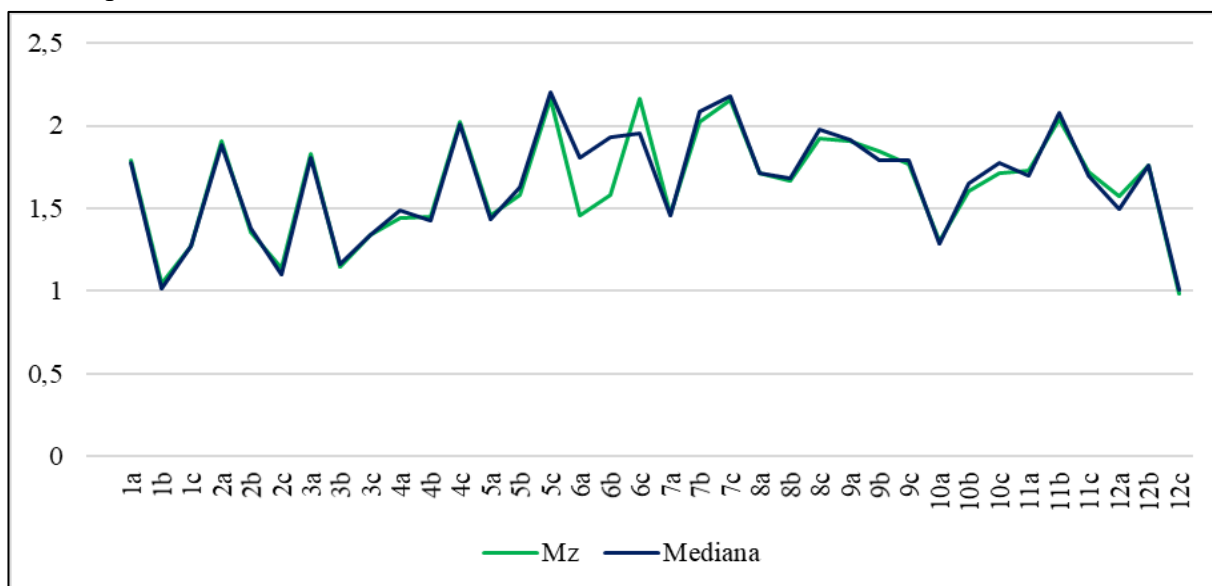
Ao se comparar os valores da média (Mz) com os da mediana (Md) (**Figura 57**), é possível identificar que a maioria das amostras do P1 apresentam-se unimodais, visto a similaridade observada entre os valores.

**Tabela 22** . Planilha granulométrica das amostras do P1 por setor morfológico.

Campanha.	Setor morfológico	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Class. pred	Ski	Class. pred	Kg	Class. pred
1	LSPP	1a	1,79	AM	1,77	0,43	BS	0,03	AS	1,12	L
	Pós-Praia	1b	1,04	AM	1,02	0,58	MS	0,05	AS	0,94	M
	Face Praial	1c	1,27	AM	1,27	0,51	MS	0,03	AS	1,02	M
2	LSPP	2a	1,91	AM	1,89	0,49	BS	0,05	AS	1,03	M
	Pós-Praia	2b	1,36	AM	1,38	0,63	MS	-0,04	AS	0,96	M
	Face Praial	2c	1,14	AM	1,10	0,59	MS	0,11	P	1,08	M
3	LSPP	3a	1,83	AM	1,81	0,49	BS	0,05	AS	1,07	M
	Pós-Praia	3b	1,15	AM	1,16	0,51	MS	-0,03	AS	1,03	M
	Face Praial	3c	1,34	AM	1,34	0,53	MS	0,04	AS	1,03	M
4	LSPP	4a	1,44	AM	1,49	0,56	MS	-0,07	AS	0,99	M
	Pós-Praia	4b	1,45	AM	1,42	0,49	BS	0,05	AS	1,03	M
	Face Praial	4c	2,02	AF	2,01	0,41	BS	0,11	P	0,91	M
5	LSPP	5a	1,46	AM	1,44	0,55	MS	0,05	AS	0,97	M
	Pós-Praia	5b	1,58	AM	1,63	0,43	BS	-0,10	AS	1,07	M
	Face Praial	5c	2,16	AF	2,20	0,34	MS	-0,12	N	1,30	L
6	LSPP	6a	1,46	AM	1,81	0,55	MS	0,05	AS	0,97	M
	Pós-Praia	6b	1,58	AM	1,93	0,43	BS	-0,10	AS	1,07	M
	Face Praial	6c	2,16	AF	1,95	0,34	MBS	-0,12	N	1,30	L
7	LSPP	7a	1,46	AM	1,46	0,49	BS	0,03	AS	1,04	M
	Pós-Praia	7b	2,02	AF	2,09	0,47	BS	-0,21	N	1,05	M
	Face Praial	7c	2,16	AF	2,18	0,56	MS	-0,11	N	0,90	M
8	LSPP	8a	1,71	AM	1,71	0,45	BS	0,01	AS	0,94	M
	Pós-Praia	8b	1,67	AM	1,68	0,52	MS	-0,04	AS	1,11	L
	Face Praial	8c	1,92	AM	1,97	0,50	BS	-0,13	N	0,93	M
9	LSPP	9a	1,90	AM	1,91	0,51	MS	-0,21	N	1,24	L
	Pós-Praia	9b	1,84	AM	1,79	0,39	BS	0,11	P	1,37	L
	Face Praial	9c	1,77	AM	1,79	0,50	MS	-0,12	N	1,00	M
10	LSPP	10a	1,30	AM	1,29	0,59	MS	0,09	AS	0,87	PL
	Pós-Praia	10b	1,60	AM	1,65	0,46	BS	-0,12	N	1,07	M
	Face Praial	10c	1,72	AM	1,77	0,71	MS	-0,11	N	0,87	PL
11	LSPP	11a	1,73	AM	1,70	0,56	MS	0,05	AS	0,75	PL
	Pós-Praia	11b	2,04	AF	2,08	0,46	BS	-0,14	N	1,05	M
	Face Praial	11c	1,72	AM	1,70	0,49	BS	0,07	AS	0,72	PL
12	LSPP	12a	1,57	AM	1,50	0,55	MS	0,12	P	0,93	M
	Pós-Praia	12b	1,76	AM	1,76	0,51	MS	0,00	AS	0,94	M
	Face Praial	12c	0,98	AG	1,01	0,47	BS	-0,03	AS	1,09	M
<b>Média</b>			1,64	AM	1,66	0,50	MS		AS	1,02	M

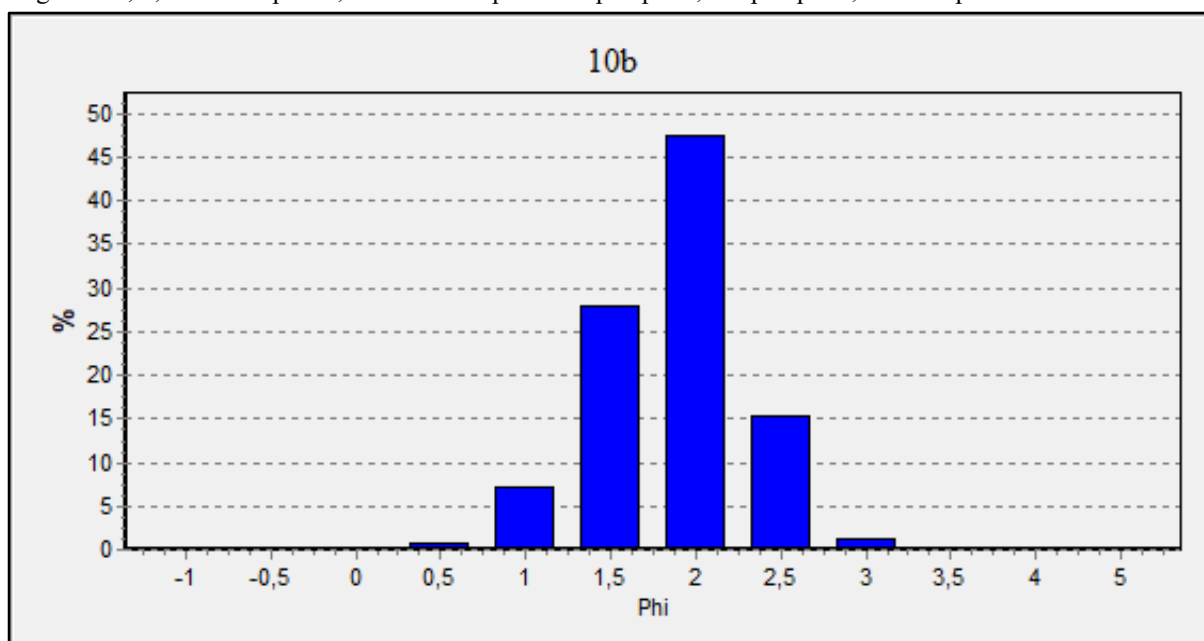
Legenda: LSPP = Limite superior do pós-praia; Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

A análise dos histogramas de frequência simples do P1 indica que as amostras em sua maioria tiveram o diâmetro modal variando entre 1,5 e 2,5  $\Phi$ , caracterizando-se na maioria como amostras unimodais na classe representativa areia média. O histograma da **Figura 58** representa a frequência mais representativa dentre a maioria das amostras do P1 (moda 2  $\Phi$ ), enquanto o histograma da **Figura 59**, indica a única amostra bimodal entre os sedimentos analisados do P1, uma amostra do setor do limite superior do pós-praia referente a campanha 11.

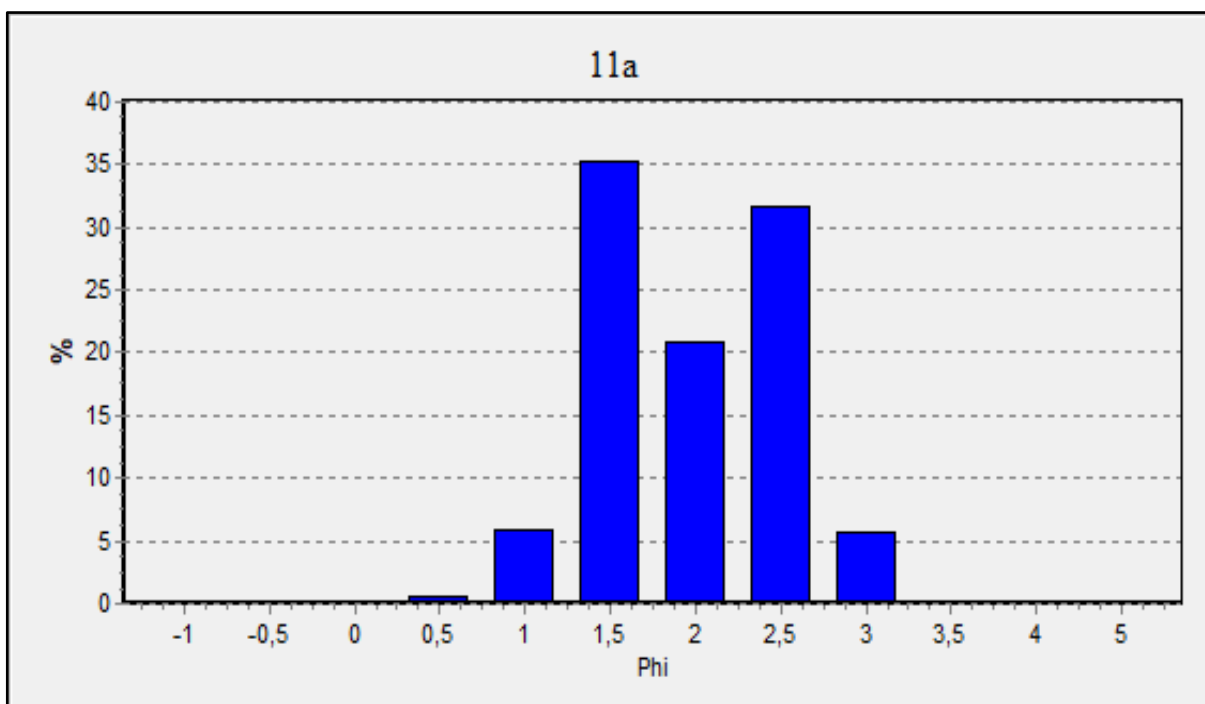


**Figura 57.** Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P1, com valores em  $\Phi$ .

Legenda: 1, 2, 3...= Campanha; a = Limite superior do pós-praia; b = pós-praia; c = face praial.



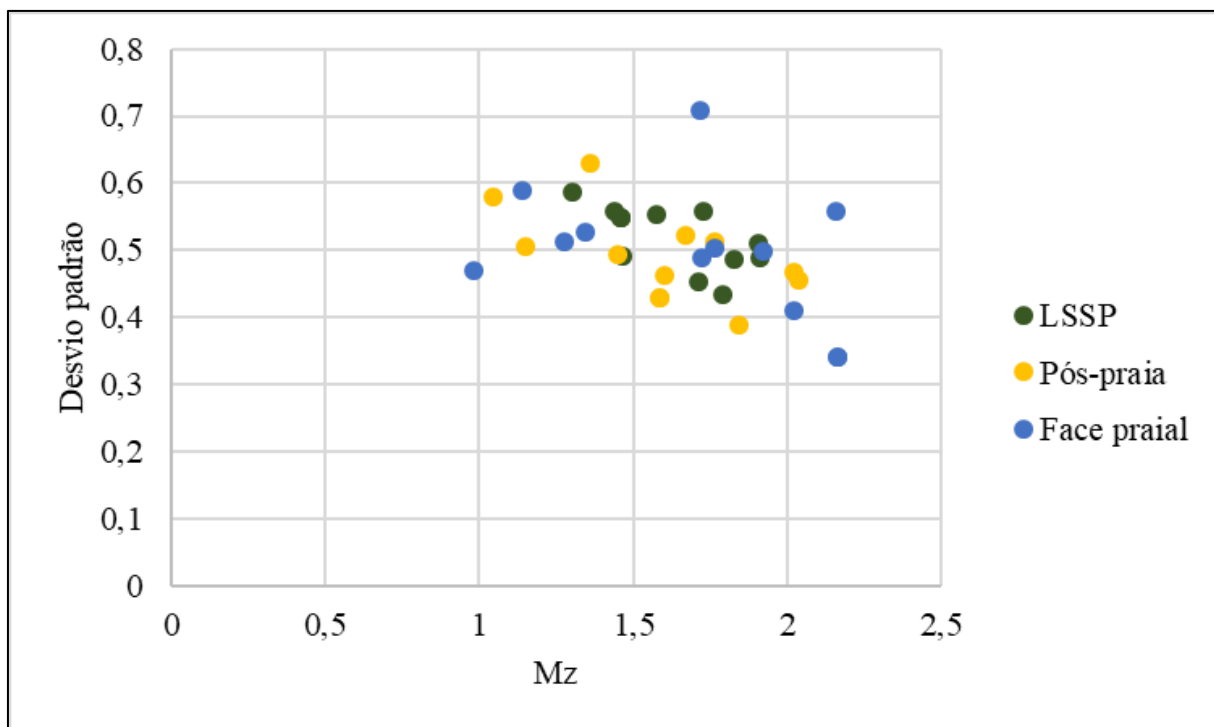
**Figura 58.** Histograma de frequência simples da amostra 10b do setor morfológico do pós-praia coletada na campanha 10, que representa a maioria das amostras unimodais do P1.



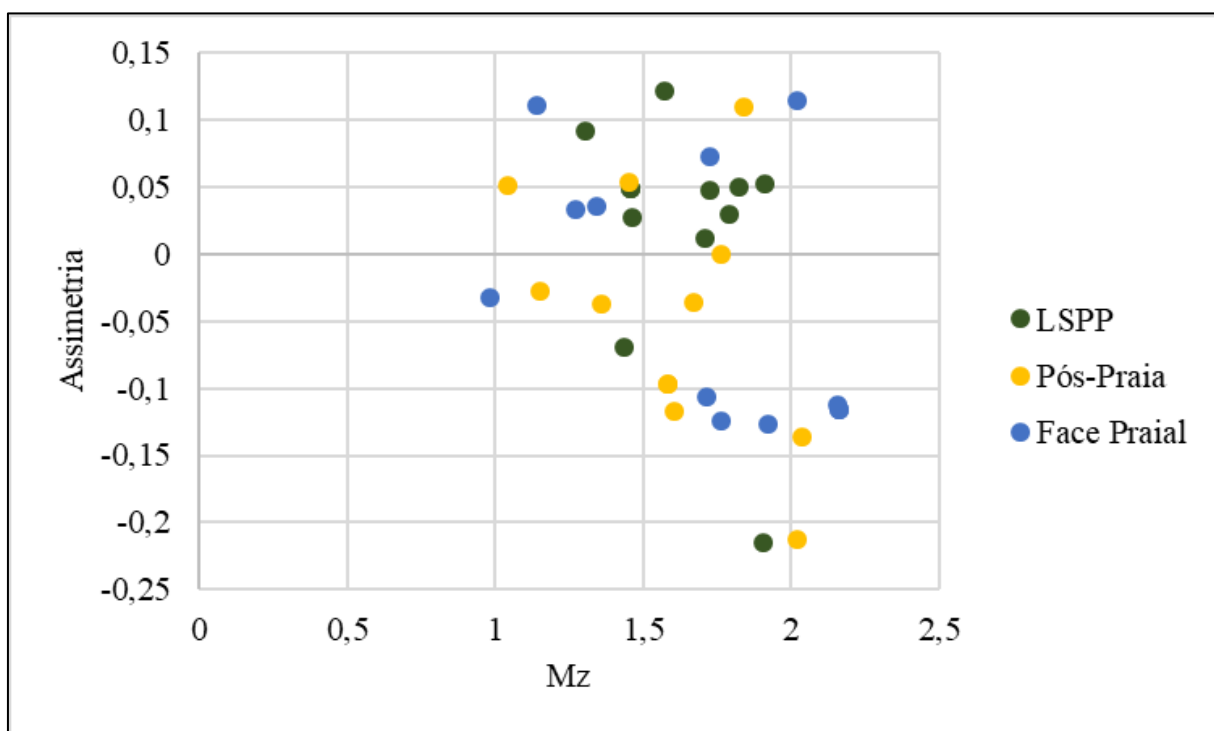
**Figura 59.** Histograma de frequência simples da amostra 11a do setor morfológico do limite superior do pós-praia coletada na campanha 11, que representa a única amostra bimodal do P1.

A **Figura 60** ilustra a comparação da distribuição dos valores da média e do desvio padrão, indicando o predomínio de areia média nos três setores morfológicos, sem grandes diferenças nos subambientes praias. O desvio padrão mostra amostras moderadamente selecionadas à bem selecionadas. A **Figura 61** ilustra a relação entre a média e a assimetria, indicando uma concentração de amostras aproximadamente simétricas nos três setores morfológicos, além de discriminar a presença de material mais grosso na composição das areias, principalmente na face praial.

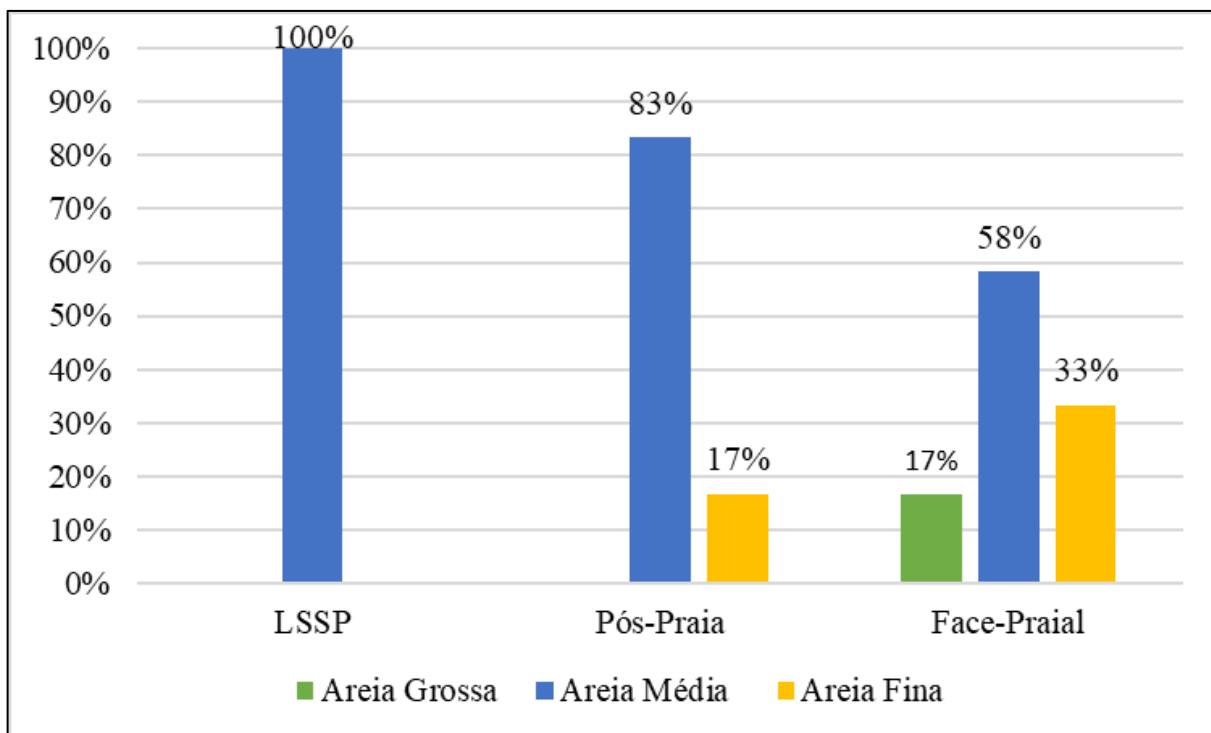
Por fim, a **Figura 62** demonstra a distribuição granulométrica geral do P1, por setor morfológico, indicando o predomínio de areia média em todos os setores conjuntamente com a presença de sedimentos mais finos e grossos conforme a proximidade do setor morfológico da face praial.



**Figura 61.** Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P1, com valores da média em  $\Phi$ .



**Figura 60.** Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P1, com valores da média em  $\Phi$ .



**Figura 62.** Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P1.

#### 8.4.1.2 Perfil 2 (P2)

A **Tabela 23** sintetiza todos os dados granulométricos associados ao P2, indicando valores de média ( $Mz$ ) variando entre 1,13 e 2,24  $\Phi$  e valores da mediana ( $Md$ ) variando entre 1,13 e 2,29  $\Phi$ . O valor médio da média foi de 1,64  $\Phi$  e o da mediana foi de 1,66  $\Phi$ , representando as texturas de areia média. Das 36 amostras, 32 amostras (80%) representam areia média e quatro amostras (20%) areia fina.

O desvio padrão ( $Dp$ ) oscilou entre 0,36 e 0,69  $\Phi$ , com valor médio de 0,51  $\Phi$ , representando a classe moderadamente selecionada. As amostras variam de moderadamente selecionadas à bem selecionadas, totalizando 21 amostras moderadamente selecionadas (58%) e 15 amostras bem selecionadas (42%).

A assimetria variou de 0,11 (positiva) a -0,21 (negativa), sendo que 26 amostras apresentam assimetria aproximadamente simétrica (72%), nove amostras são negativas (25%) e uma amostra positiva (3%).

**Tabela 23.** Planilha granulométrica das amostras do P2 por setor morfológico.

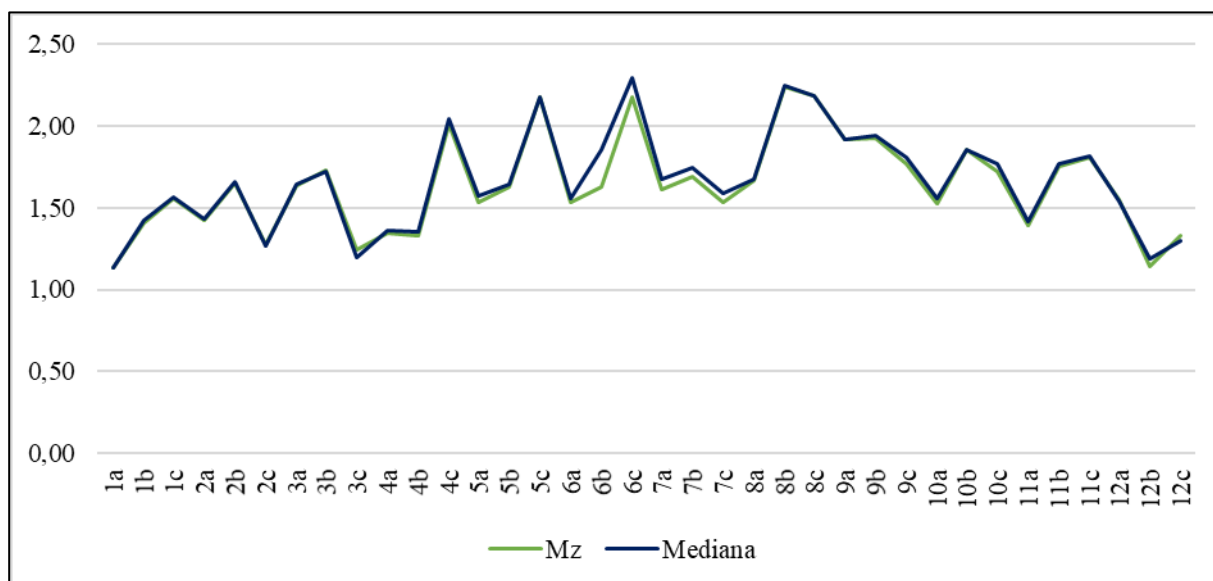
Campanha	Setor morfológico	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Seleção	Ski	Classif.	Kg	Classif.
1	LSPP	1a	1,13	AM	1,13	0,49	BS	-0,01	AS	0,97	M
	Pós-Praia	1b	1,41	AM	1,42	0,53	MS	-0,02	AS	0,99	M
	Face Praial	1c	1,56	AM	1,57	0,55	MS	-0,05	AS	0,98	M
2	LSPP	2a	1,43	AM	1,43	0,54	MS	0,01	AS	0,98	M
	Pós-Praia	2b	1,65	AM	1,66	0,52	MS	-0,03	AS	1,04	M
	Face Praial	2c	1,27	AM	1,27	0,56	MS	0,02	AS	0,98	M
3	LSPP	3a	1,64	AM	1,65	0,51	MS	-0,05	AS	1,00	M
	Pós-Praia	3b	1,73	AM	1,72	0,52	MS	0,02	AS	0,97	M
	Face Praial	3c	1,25	AM	1,20	0,69	MS	0,09	AS	0,89	M
4	LSPP	4a	1,35	AM	1,36	0,60	MS	-0,04	AS	1,05	M
	Pós-Praia	4b	1,33	AM	1,35	0,52	MS	-0,03	AS	0,94	M
	Face Praial	4c	2,01	AM	2,05	0,38	BS	-0,21	N	0,89	PL
5	LSPP	5a	1,53	AM	1,58	0,46	BS	-0,11	N	1,05	M
	Pós-Praia	5b	1,63	AM	1,64	0,54	MS	-0,08	AS	0,96	M
	Face Praial	5c	2,18	AF	2,17	0,45	BS	0,03	AS	0,87	PL
6	LSPP	6a	1,53	AM	1,56	0,46	BS	-0,11	N	1,05	M
	Pós-Praia	6b	1,63	AM	1,86	0,54	MS	-0,08	AS	0,96	M
	Face Praial	6c	2,18	AF	2,29	0,45	BS	0,03	AS	0,87	PL
7	LSPP	7a	1,61	AM	1,67	0,44	BS	-0,17	N	1,25	L
	Pós-Praia	7b	1,69	AM	1,74	0,58	MS	-0,18	N	0,88	PL
	Face Praial	7c	1,54	AM	1,59	0,44	BS	-0,17	N	1,04	M
8	LSPP	8a	1,67	AM	1,68	0,52	MS	-0,02	AS	1,16	L
	Pós-Praia	8b	2,24	AF	2,25	0,39	BS	-0,04	AS	1,29	L
	Face Praial	8c	2,19	AF	2,19	0,50	MS	-0,03	AS	0,85	PL
9	LSPP	9a	1,92	AM	1,92	0,43	BS	-0,09	AS	0,90	M
	Pós-Praia	9b	1,92	AM	1,94	0,44	BS	-0,15	N	0,92	M
	Face Praial	9c	1,77	AM	1,81	0,51	MS	-0,13	N	0,81	PL
10	LSPP	10a	1,53	AM	1,55	0,48	BS	-0,08	AS	1,04	M
	Pós-Praia	10b	1,86	AM	1,85	0,48	BS	-0,01	AS	0,99	M
	Face Praial	10c	1,73	AM	1,77	0,55	MS	-0,17	N	1,02	M
11	LSPP	11a	1,39	AM	1,42	0,62	MS	-0,04	AS	1,00	M
	Pós-Praia	11b	1,75	AM	1,77	0,56	MS	-0,07	AS	0,75	PL
	Face Praial	11c	1,81	AM	1,81	0,56	MS	0,01	AS	0,88	PL
12	LSPP	12a	1,55	AM	1,54	0,49	BS	0,02	AS	1,02	M
	Pós-Praia	12b	1,14	AM	1,19	0,46	BS	-0,04	AS	1,43	L
	Face Praial	12c	1,33	AM	1,30	0,63	MS	0,11	P	0,92	M
<b>Média</b>			1,64	AM	1,66	0,51	MS		AS	0,99	M

Legenda: LSPP = Limite superior do pós-praia; Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

A curtose (Kg) variou de 0,75 a 1,43, com valor médio de 0,99 (mesocúrtica). Sua classificação resultou em 24 amostras mesocúrticas (67%), oito amostras platicúrticas (22%) e quatro amostras leptocúrticas (11%).

Ao se comparar os valores da média (Mz) com os da mediana (Md) do P2 (**Figura 63**), é possível identificar uma semelhança entre os valores, definindo-se assim, tendência à

unimodalidade, função da proximidade observada entre os diâmetros dos grãos na maioria unimodais.

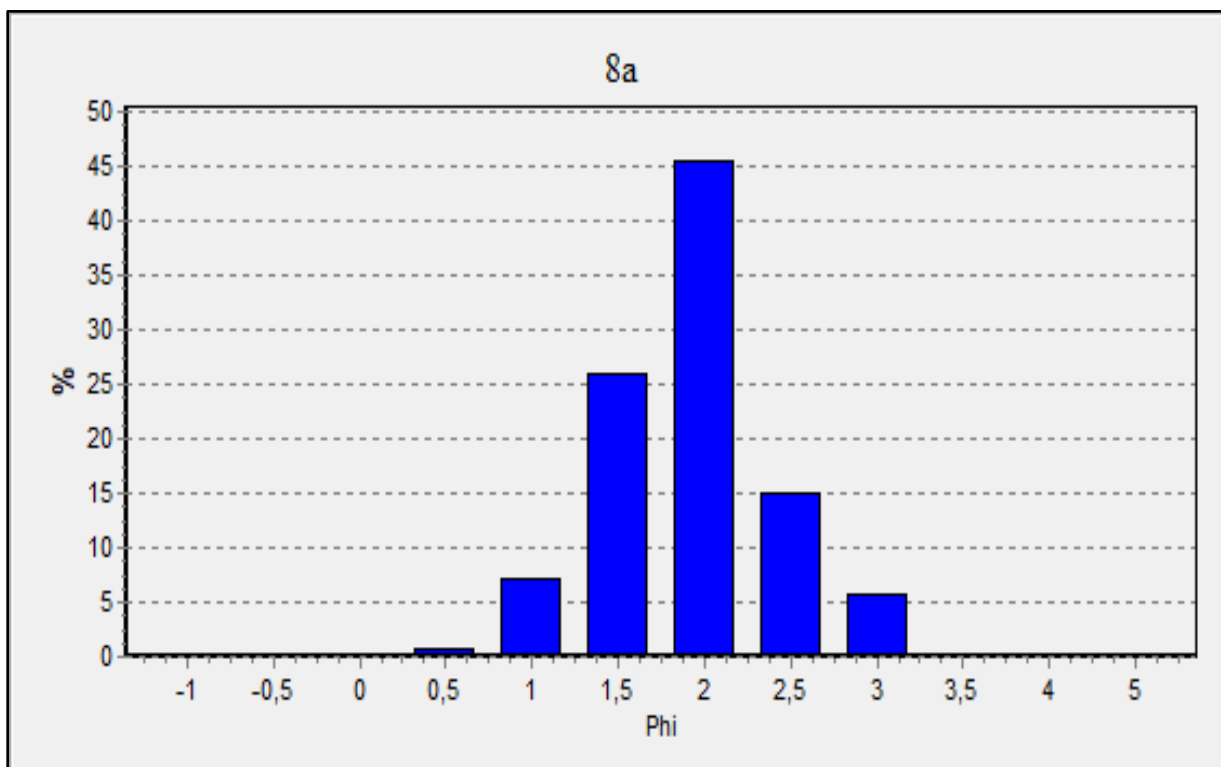


**Figura 63.** Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P2, com valores em  $\Phi$ .

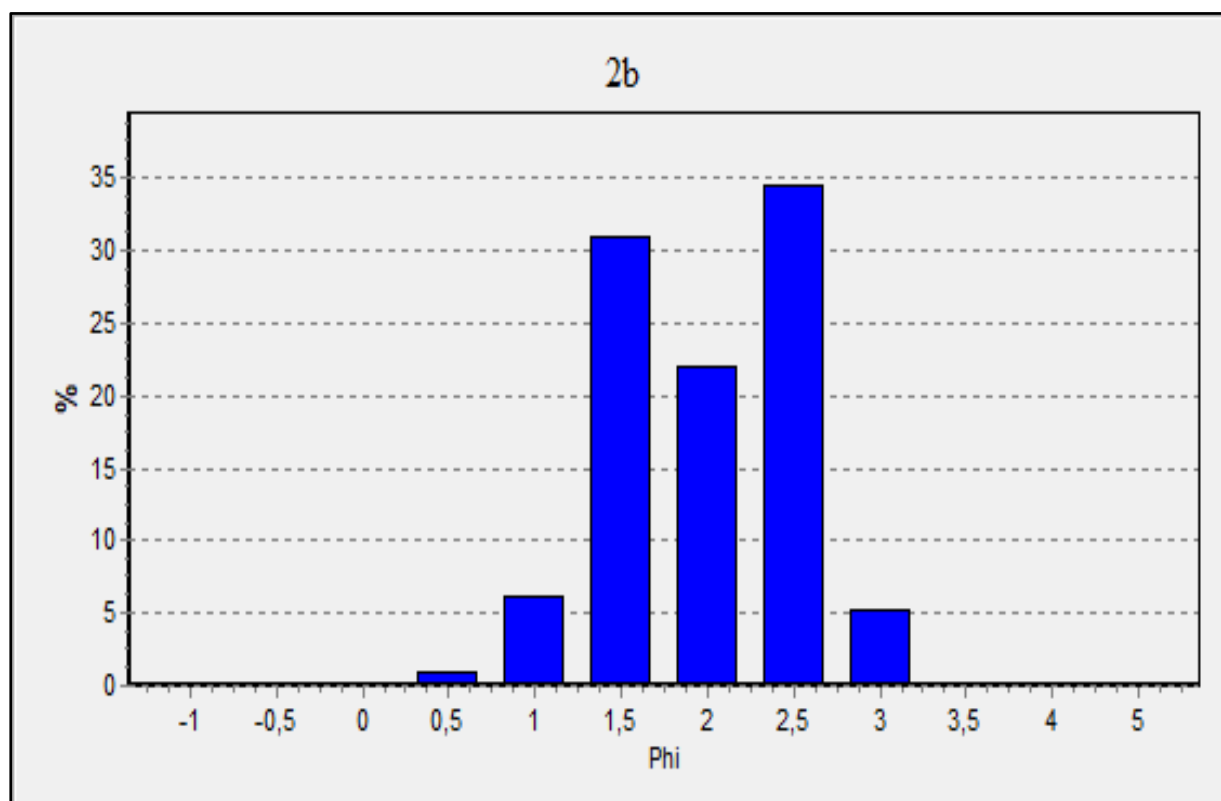
Legenda: 1, 2, 3...= Campanha; a = Limite superior do pós-praia; b = pós-praia; c = face praial.

A análise dos histogramas de frequência simples do P2 mostra que o predomínio absoluto é de amostras unimodais, variando entre 1,5 e 2  $\Phi$ , com algumas amostras indicando modas de 2,5  $\Phi$ . A única amostra bimodal está associada à campanha 11, com modas entre 1,5 e 2,5  $\Phi$ .

O histograma da **Figura 64** indica a melhor representatividade identificada para as amostras do P2, unimodais de tamanho 2  $\Phi$ , com influência do tamanho 1,5 e 2,5  $\Phi$ . A amostra bimodal encontrada no P2 está associada ao setor do pós-praia durante a campanha 11. É possível por meio do histograma da **Figura 65**, identificar as duas modas de 1,5 e 2,5  $\Phi$ .



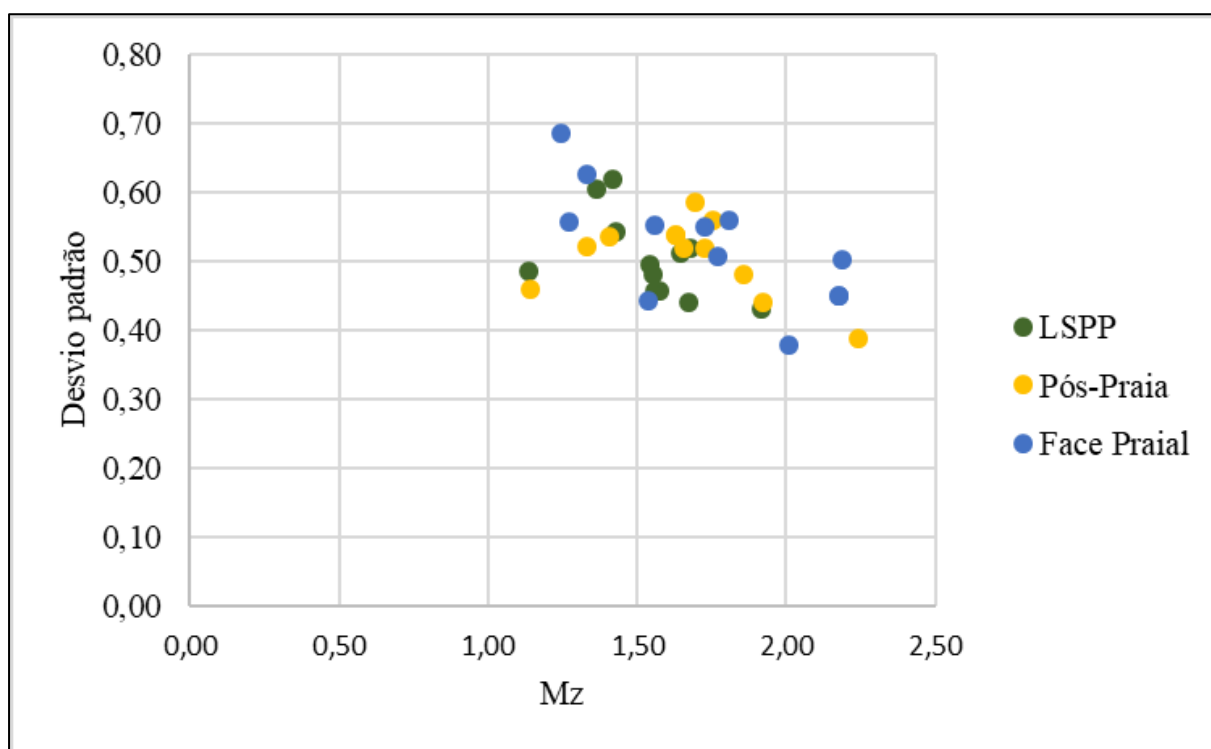
**Figura 64.** Histograma de frequência simples de uma amostra unimodal do limite superior do pós-praia, que corresponde à amostra 8a da campanha 8. Esta amostra representa a maioria das amostras do P2.



**Figura 65.** Histograma de frequência simples indicando a única amostra bimodal encontrada para o P2, que corresponde à amostra 2b do setor morfológico do pós-praia coletada durante a campanha 11.

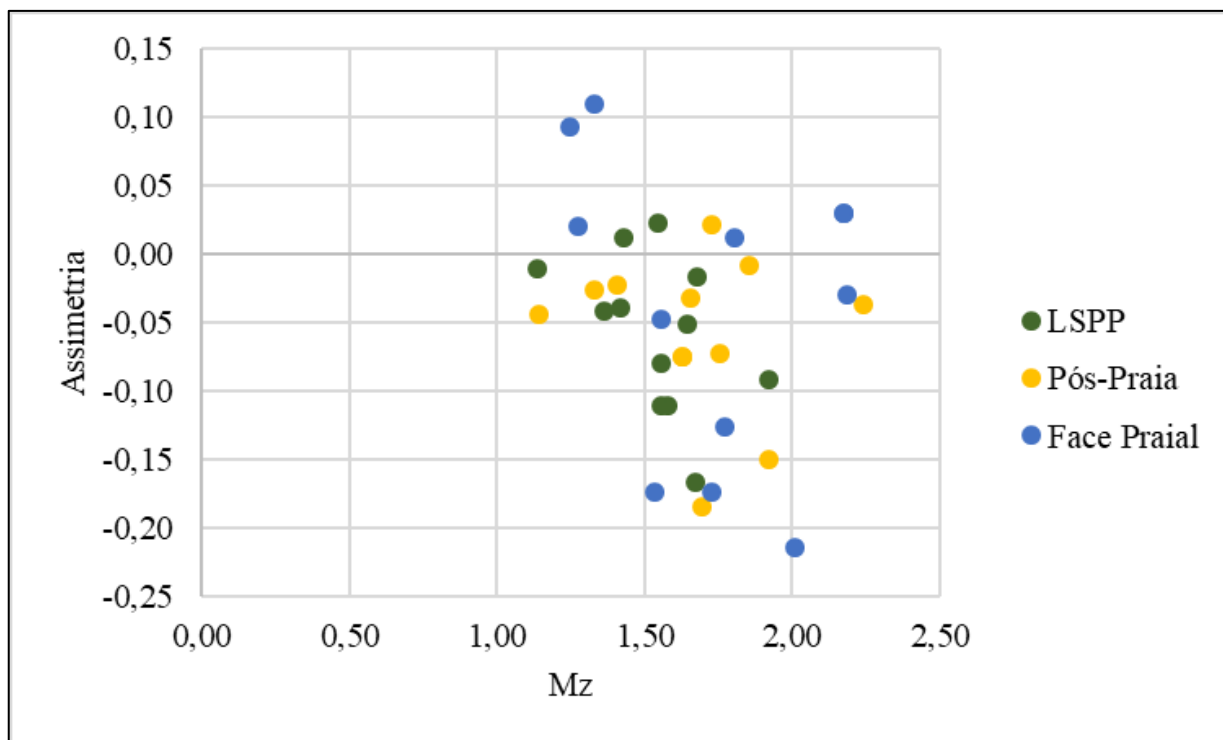


A **Figura 66** ilustra a comparação da distribuição dos valores da média e do desvio padrão, indicando a distribuição da seleção das amostras, que variam em sua totalidade de bem selecionadas à moderadamente selecionadas. A **Figura 67** ilustra a relação entre a média e a assimetria, indicando que a maior concentração de amostras de assimetria negativa está associada a região da face praial, seguida do limite superior do pós-praia e pós-praia. Predominam as amostras aproximadamente simétricas, com exceção de uma amostra positiva na face praial.

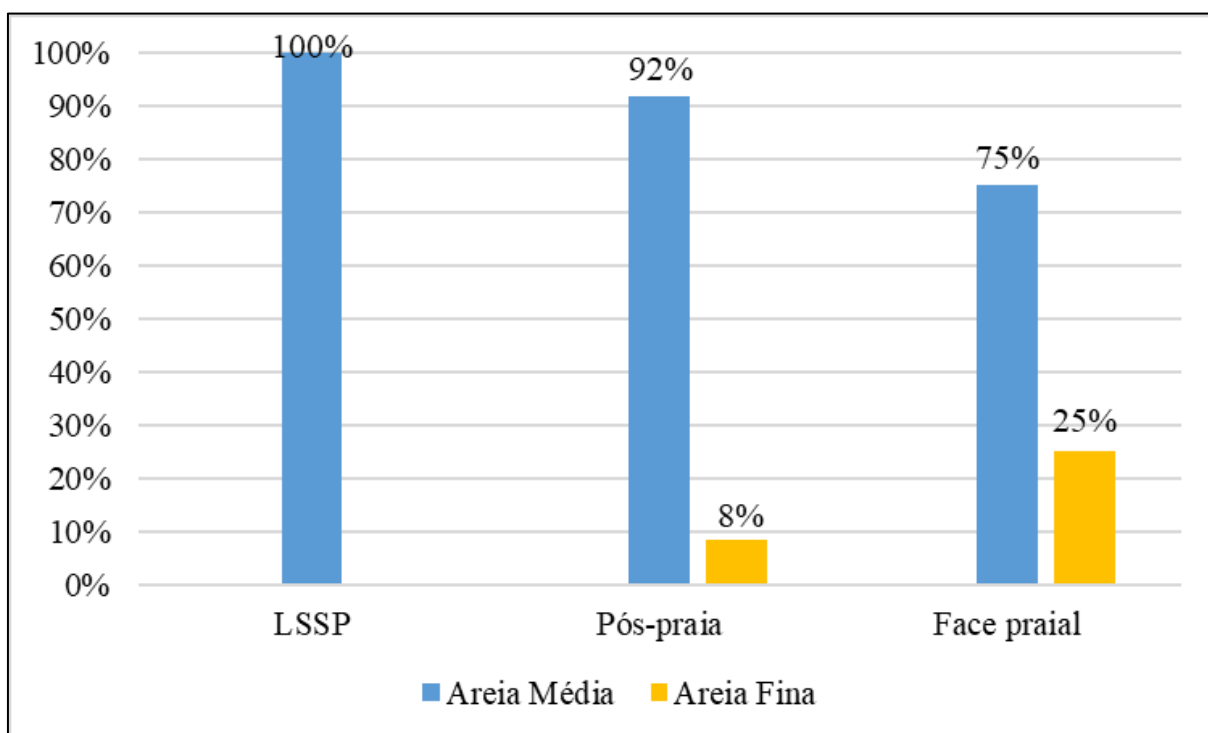


**Figura 66.** Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P2, com valores da média em  $\Phi$ .

Por fim, a **Figura 68** demonstra a distribuição granulométrica geral do P2, por setor morfológico, indicando a ausência de sedimento arenoso mais grosso e o predomínio de areia média em toda a extensão do perfil, com presença dos sedimentos arenosos mais finos na região do pós-praia e face praial.



**Figura 67.** Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P2, com valores da média em  $\Phi$ .



**Figura 68.** Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P2.

### 8.4.1.3 Perfil 3 (P3)

A **Tabela 24** sintetiza todos os dados granulométricos associados ao P3, indicando valores de média (Mz) variando entre 1,03 e 2,28  $\Phi$  e valores da mediana (Md) variando entre 1,01 e 2,29  $\Phi$ . O valor médio da média foi de 1,58  $\Phi$  e o da mediana foi de 1,60  $\Phi$ , representando a textura areia média. Das 36 amostras, 33 amostras (92%) representam areia média e três amostras (8%) areia fina.

O desvio padrão (Dp) oscilou entre 0,35 e 0,66  $\Phi$ , com valor médio de 0,51  $\Phi$ , representando a classe moderadamente selecionada. As amostras variam de moderadamente selecionadas à muito bem selecionadas, totalizando 20 amostras moderadamente selecionadas (56%), 15 amostras bem selecionadas (42%) e uma amostra muito bem selecionada (3%).

A assimetria variou de 0,30 (positiva) a -0,35 (negativa), sendo que 27 amostras apresentam assimetria aproximadamente simétrica (75%), cinco amostras são negativas (14%), três amostras são positivas (8%) e uma amostra muito negativa (3%).

A curtose (Kg) variou de 0,83 a 1,27, com valor médio de 0,99 (mesocúrtica). Sua classificação resultou em 26 amostras mesocúrticas (72%), seis amostras platicúrticas (17%) e quatro amostras leptocúrticas (11%).

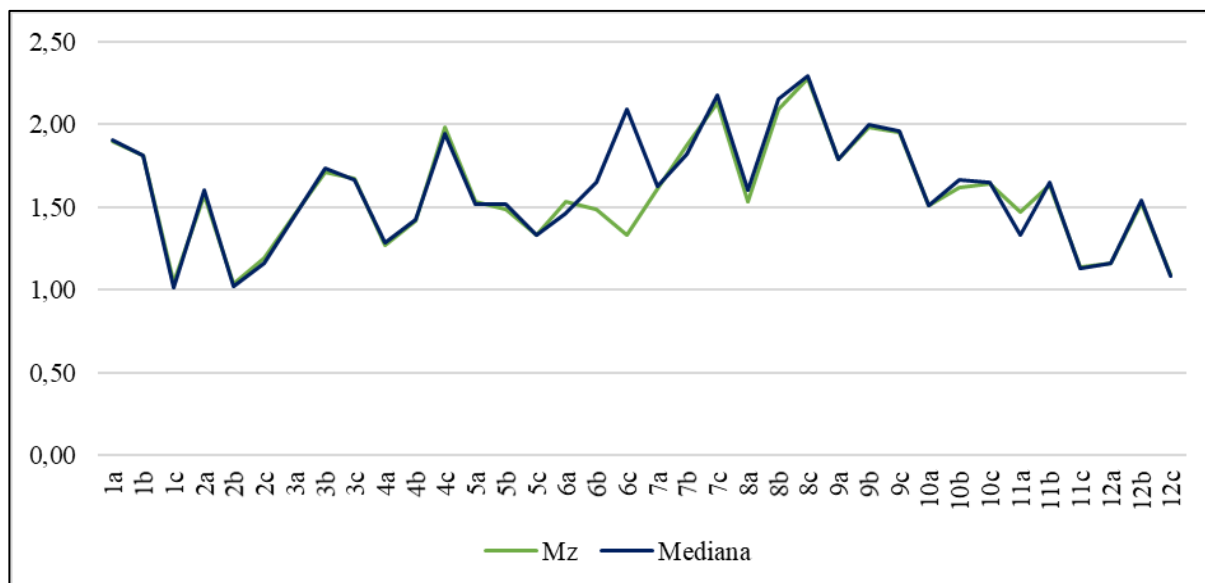
Ao se comparar os valores da média (Mz) com os da mediana (Md) do P3 (**Figura 69**), é possível identificar que a maioria das amostras se comportam de maneira unimodal, resultado da sobreposição observada dos valores de média com os de mediana.

**Tabela 24.** Planilha granulométrica das amostras do P3 por setor morfológico.

Campanha	Setor morfológico	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Seleção	Ski	Classif.	Kg	Classif.
1	LSPP	1a	1,89	AM	1,90	0,52	MS	0,00	AS	0,97	M
	Pós-praia	1b	1,81	AM	1,82	0,59	MS	-0,01	AS	0,97	M
	Face praial	1c	1,05	AM	1,01	0,52	MS	0,11	P	1,04	M
2	LSPP	2a	1,57	AM	1,60	0,45	BS	-0,07	AS	1,05	M
	Pós-praia	2b	1,03	AM	1,02	0,58	MS	0,02	AS	0,94	M
	Face praial	2c	1,19	AM	1,16	0,57	MS	0,07	AS	0,97	M
3	LSPP	3a	1,46	AM	1,44	0,48	BS	0,03	AS	1,03	M
	Pós-praia	3b	1,71	AM	1,74	0,55	MS	-0,11	N	0,94	M
	Face praial	3c	1,67	AM	1,66	0,53	MS	0,02	AS	0,99	M
4	LSPP	4a	1,27	AM	1,28	0,51	MS	-0,05	AS	0,84	P
	Pós-praia	4b	1,41	AM	1,42	0,57	MS	-0,01	AS	0,95	M
	Face praial	4c	1,99	AM	1,95	0,48	BS	0,10	AS	0,99	M
5	LSPP	5a	1,53	AM	1,52	0,52	MS	0,01	AS	0,98	M
	Pós-praia	5b	1,49	AM	1,52	0,46	BS	-0,09	AS	1,01	M
	Face praial	5c	1,33	AM	1,33	0,66	MS	0,00	AS	0,87	P
6	LSPP	6a	1,53	AM	1,46	0,52	MS	0,01	AS	0,98	M
	Pós-praia	6b	1,49	AM	1,65	0,46	BS	-0,09	AS	1,01	M
	Face praial	6c	1,33	AM	2,09	0,66	MS	0,00	AS	0,87	P
7	LSPP	7a	1,61	AM	1,63	0,49	BS	-0,06	AS	0,99	M
	Pós-praia	7b	1,88	AM	1,82	0,36	BS	0,19	P	1,27	L
	Face praial	7c	2,13	AF	2,17	0,39	BS	-0,09	AS	1,06	M
8	LSPP	8a	1,53	AM	1,60	0,47	BS	-0,21	N	1,07	M
	Pós-praia	8b	2,09	AF	2,15	0,35	MBS	-0,35	MN	1,09	M
	Face praial	8c	2,28	AF	2,29	0,45	BS	-0,04	AS	0,83	P
9	LSPP	9a	1,79	AM	1,79	0,47	BS	0,00	AS	0,84	P
	Pós-praia	9b	1,98	AM	2,00	0,38	BS	-0,13	N	0,88	P
	Face praial	9c	1,95	AM	1,96	0,41	BS	-0,13	N	0,92	M
10	LSPP	10a	1,51	AM	1,51	0,53	MS	-0,01	AS	0,99	M
	Pós-praia	10b	1,62	AM	1,67	0,48	BS	-0,13	N	1,12	L
	Face praial	10c	1,64	AM	1,65	0,54	MS	-0,07	AS	1,00	M
11	LSPP	11a	1,47	AM	1,33	0,53	MS	0,30	P	1,14	L
	Pós-praia	11b	1,63	AM	1,65	0,57	MS	-0,09	AS	0,96	M
	Face praial	11c	1,14	AM	1,13	0,60	MS	0,02	AS	1,10	M
12	LSPP	12a	1,16	AM	1,16	0,61	MS	0,03	AS	1,21	L
	Pós-praia	12b	1,53	AM	1,54	0,56	MS	-0,04	AS	0,97	M
	Face praial	12c	1,09	AM	1,086	0,50	BS	0,01	AS	0,99	M
<b>Média</b>			1,58	AM	1,60	0,51	MS		AS	0,99	M

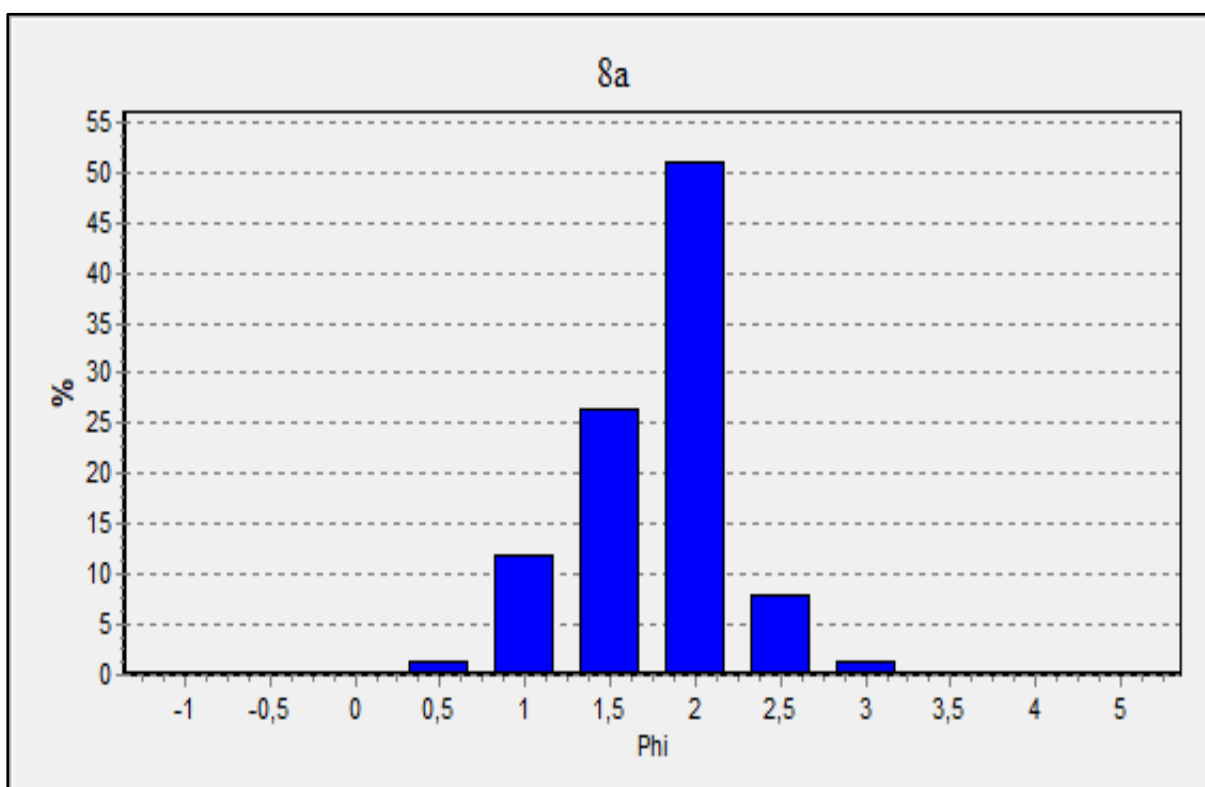
Legenda: LSPP = Limite superior do pós-praia; Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

A análise dos histogramas de frequência simples do P3 mostra que 97% das amostras se configuraram como unimodais, variando a moda entre 1 e 2,5  $\Phi$  (areias média e fina). A **Figura 70** ilustra o histograma de maior representatividade encontrado para o P3 (areia média, 2  $\Phi$ ), enquanto a **Figura 71** representa a única amostra polimodal encontrada no P3, durante a campanha 11, com modas de 0,5 e 3  $\Phi$ .

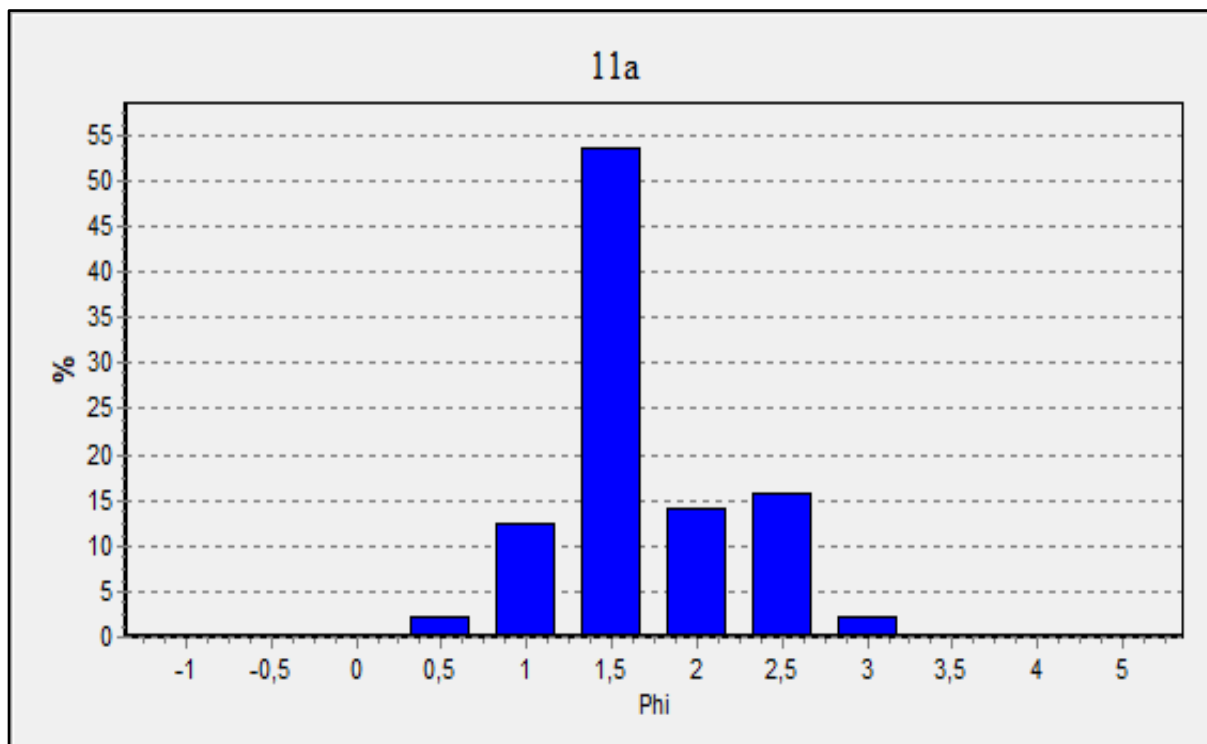


**Figura 70.** Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P3, com valores em  $\Phi$ .

Legenda: 1, 2, 3...= Campanha; a = Limite superior do pós-praia; b = pós-praia; c = face praial.

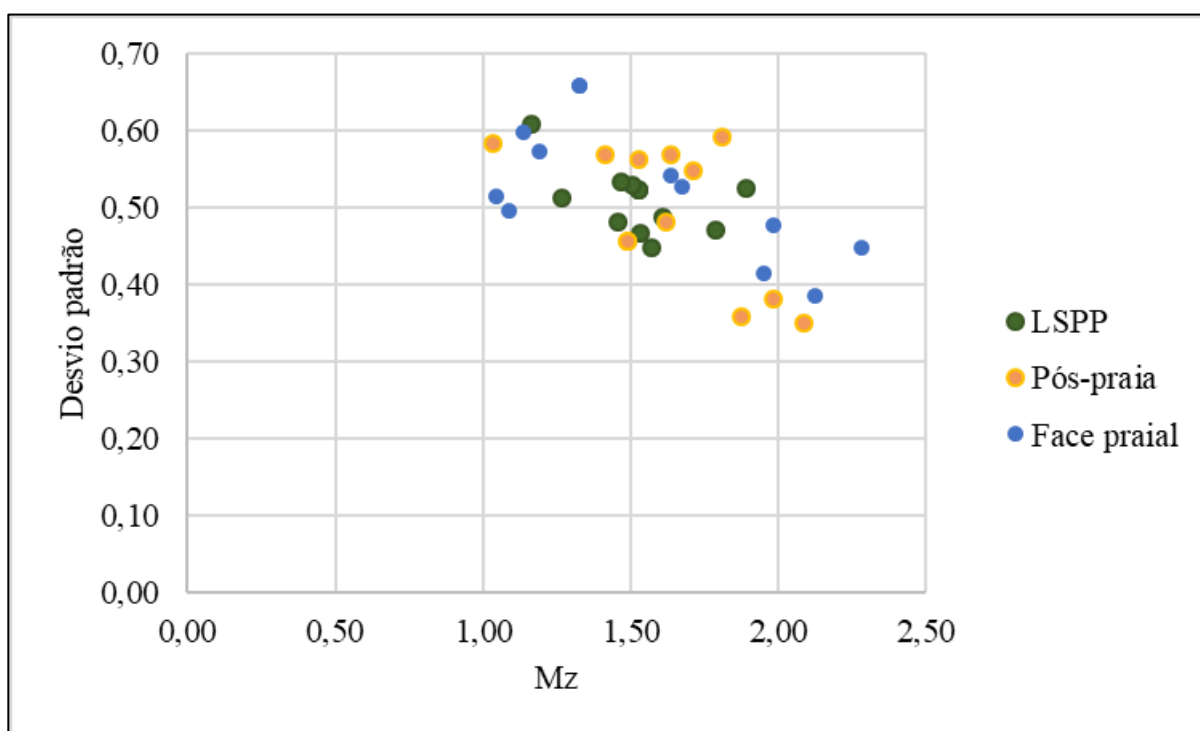


**Figura 69.** Histograma de frequência simples da amostra unimodal 8a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 8, que representa a maioria das amostras do P3.



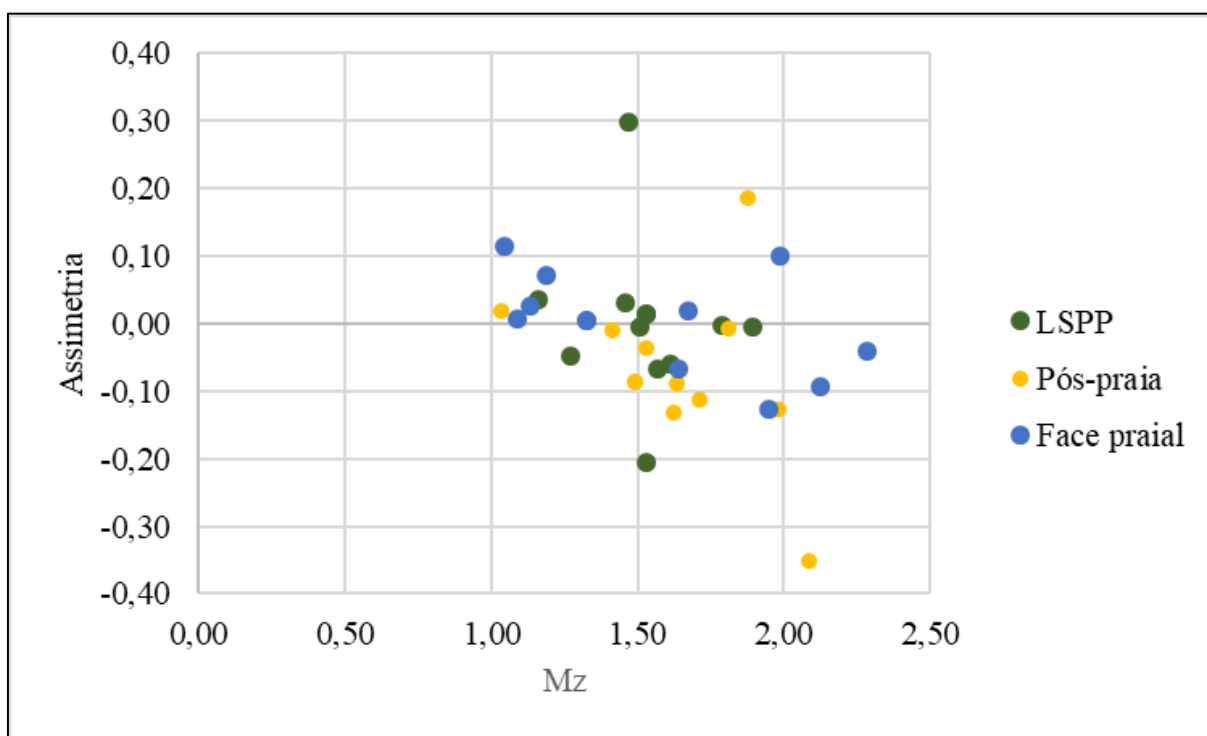
**Figura 71.** Histograma de frequência simples da amostra polimodal 11a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 11, que representa a única amostra polimodal do P3.

A **Figura 72** ilustra a comparação da distribuição dos valores da média e do desvio padrão, indicando a distribuição da seleção das amostras, que variam em sua totalidade de bem selecionadas à moderadamente selecionadas.



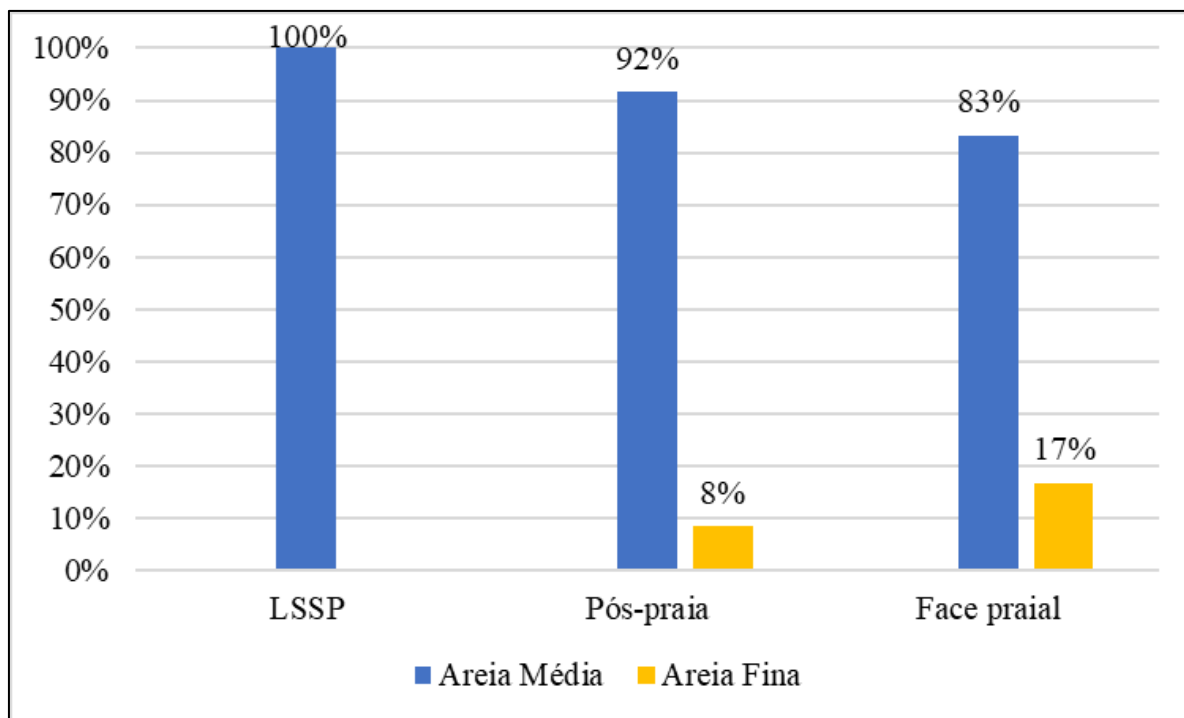
**Figura 72 .** Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P3, com valores da média em  $\Phi$ .

A **Figura 73** ilustra a relação entre a média e a assimetria, observando-se a predominância de amostras aproximadamente simétricas nos três setores morfológicos (assimetria entre -0,1 e 0,1). O setor do pós-praia apresenta a única amostra muito negativa, fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros. O limite superior do pós-praia exhibe amostras que variaram de negativas à positivas, entretanto com predomínio da assimetria aproximadamente simétrica.



**Figura 73.** Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P3, com valores da média em  $\Phi$ .

Por fim, a **Figura 74** demonstra a distribuição granulométrica geral do P3, por setor morfológico, observando-se o aumento da areia fina no pós-praia e face praial.



**Figura 74.** Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P3.

#### 8.4.1.4 Perfil 4 (P4)

A **Tabela 25** sintetiza todos os dados granulométricos associados ao P4, indicando valores de média ( $Mz$ ) variando entre 0,16 e 2,58  $\Phi$  e valores da mediana ( $Md$ ) variando entre -0,02 à 2,63  $\Phi$ . O valor médio da média foi de 1,53  $\Phi$  e o da mediana 1,56  $\Phi$ , representando as populações de média. Das 36 amostras, 28 amostras (78%) representam areia média, quatro amostras representam areia grossa (11%) e quatro amostras areia fina (11%).

O desvio padrão ( $Dp$ ) oscilou entre 0,36 e 1,06  $\Phi$ , com valor médio de 0,66  $\Phi$ , representando a classe de amostras moderadamente selecionadas. As amostras variam de moderadamente selecionadas à bem selecionadas, totalizando 32 amostras moderadamente selecionadas (89%), três amostras bem selecionadas (8%) e uma amostra pobremente selecionada (3%).

A assimetria variou de 0,52 (muito positiva) a -0,42 (negativa), sendo que 15 amostras apresentam assimetria negativa (42%), 12 amostras aproximadamente simétricas (33%), quatro amostras muito negativas (11%) quatro amostras positivas (11%) e uma amostra muito positiva (3%).



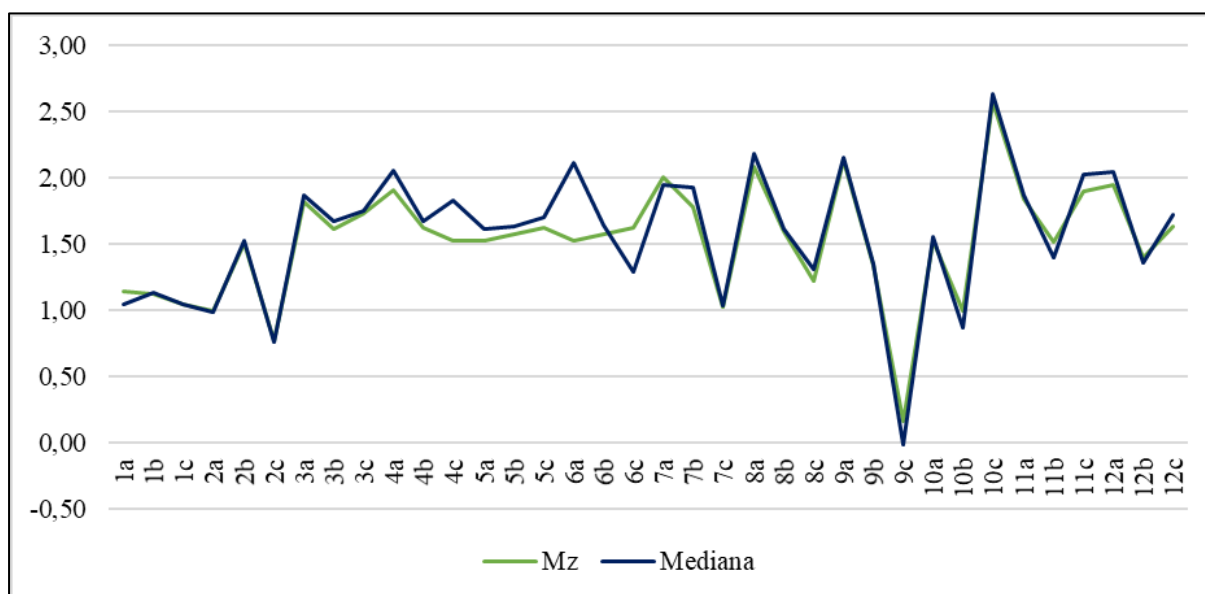
Tabela 25. Planilha granulométrica das amostras do P4 por setor morfológico.

Campanha	Setor morfológico	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Classe	Ski	Classif.	Kg	Classif.
1	LSPP	1a	1,14	AM	1,05	1,06	PS	0,12	P	0,76	L
	Pós-praia	1b	1,12	AM	1,13	0,71	MS	0,02	AS	0,92	M
	Face praial	1c	1,04	AM	1,05	0,75	MS	0,01	AS	0,87	L
2	LSPP	2a	1,00	AG	0,98	0,84	MS	0,04	AS	0,84	L
	Pós-praia	2b	1,51	AM	1,53	0,54	MS	-0,03	AS	1,08	M
	Face praial	2c	0,76	AG	0,76	0,50	MS	0,04	AS	0,86	PL
3	LSPP	3a	1,82	AM	1,87	0,63	MS	-0,13	N	1,02	M
	Pós-praia	3b	1,61	AM	1,68	0,73	MS	-0,15	N	1,17	L
	Face praial	3c	1,73	AM	1,75	0,62	MS	-0,08	AS	0,98	M
4	LSPP	4a	1,91	AM	2,06	0,60	MS	-0,41	MN	1,13	M
	Pós-praia	4b	1,62	AM	1,67	0,69	MS	-0,10	N	1,17	L
	Face praial	4c	1,52	AM	1,83	0,94	MS	-0,42	MN	0,79	M
5	LSPP	5a	1,53	AM	1,61	0,53	MS	-0,20	N	1,14	L
	Pós-praia	5b	1,58	AM	1,64	0,55	MS	-0,19	N	1,12	L
	Face praial	5c	1,62	AM	1,70	0,47	BS	-0,25	N	1,57	ML
6	LSPP	6a	1,53	AM	2,12	0,82	MS	-0,20	N	1,14	L
	Pós-praia	6b	1,58	AM	1,65	0,55	MS	-0,19	N	1,12	L
	Face praial	6c	1,62	AM	1,29	0,87	MS	-0,25	N	1,57	ML
7	LSPP	7a	2,01	AF	1,95	0,48	BS	0,14	P	1,06	M
	Pós-praia	7b	1,78	AM	1,93	0,73	MS	-0,37	MN	1,18	L
	Face praial	7c	1,02	AM	1,03	0,71	MS	-0,01	AS	0,80	PL
8	LSPP	8a	2,09	AF	2,18	0,53	MS	-0,32	MN	1,47	L
	Pós-praia	8b	1,59	AM	1,62	0,61	MS	-0,05	AS	1,06	M
	Face praial	8c	1,22	AM	1,31	0,70	MS	-0,17	N	0,86	PL
9	LSPP	9a	2,14	AF	2,15	0,56	MS	-0,12	N	1,12	L
	Pós-praia	9b	1,34	AM	1,34	0,52	MS	0,01	AS	1,03	M
	Face praial	9c	0,16	AG	-0,02	0,61	MS	0,52	MP	1,15	L
10	LSPP	10a	1,53	AM	1,56	0,78	MS	-0,06	AS	1,02	M
	Pós-praia	10b	1,00	AG	0,87	0,76	MS	0,27	P	1,03	M
	Face praial	10c	2,58	AF	2,63	0,36	BS	-0,14	N	0,95	M
11	LSPP	11a	1,83	AM	1,87	0,65	MS	-0,09	AS	1,06	M
	Pós-praia	11b	1,51	AM	1,40	0,67	MS	0,10	P	1,01	M
	Face praial	11c	1,89	AM	2,02	0,69	MS	-0,27	N	0,96	M
12	LSPP	12a	1,95	AM	2,04	0,56	MS	-0,19	N	0,93	M
	Pós-praia	12b	1,40	AM	1,35	0,69	MS	0,05	AS	1,07	M
	Face praial	12c	1,63	AM	1,72	0,75	MS	-0,22	N	0,98	M
<b>Média</b>			1,53	AM	1,56	0,66	MS		N	1,05	M

Legenda : LSPP = Limite superior do pós-praia; Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica; ML = muito leptocúrtica.

A curtose ( $K_g$ ) variou de 0,76 a 1,57, com valor médio de 1,05 (mesocúrtica). Sua classificação resultou em 18 amostras mesocúrticas (50%), 13 amostras leptocúrticas (36%), três amostras platicúrticas (8%) e duas amostras muito leptocúrticas (6%).

Ao se comparar os valores da média ( $M_z$ ) com os da mediana ( $M_d$ ) do P4 (**Figura 75**), conclui-se que a maioria das amostras apresentam valores de média e mediana coincidentes, o que possibilita afirmar a tendência à unimodalidade da população.

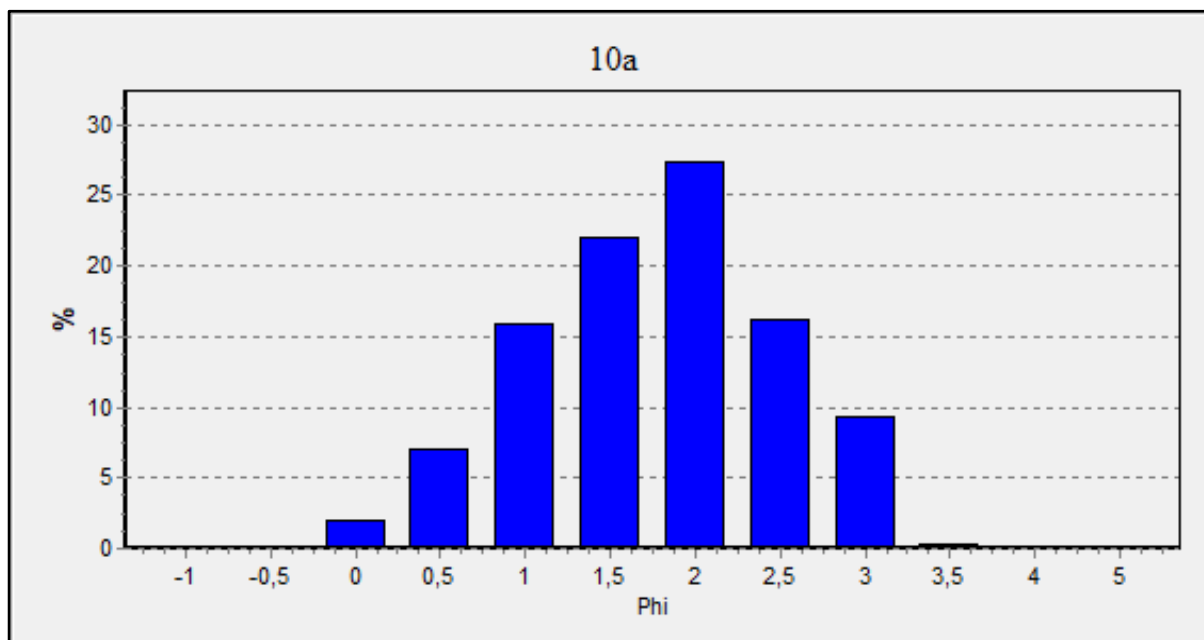


**Figura 75.** Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P4, com valores em  $\Phi$ .

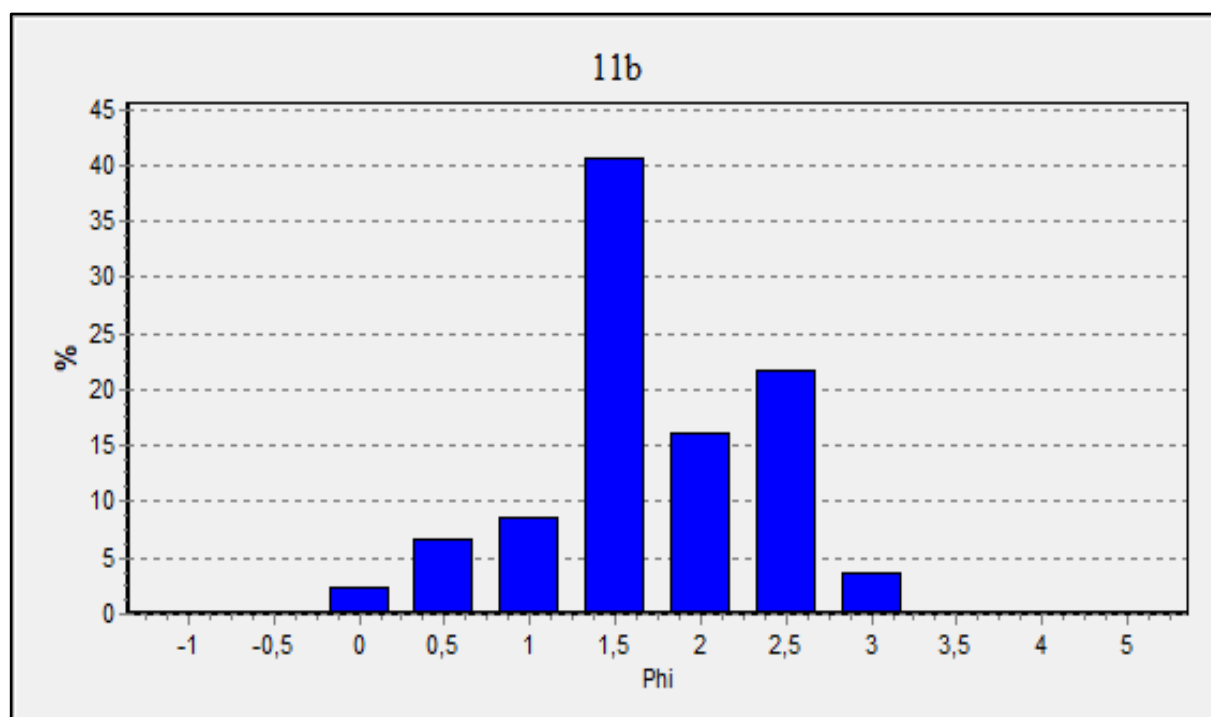
Legenda: 1, 2, 3...= Campanha; a = Limite superior do pós-praia; b = pós-praia; c = face praial.

A análise dos histogramas de frequência simples do P4 mostra que a maioria das amostras se configuraram como unimodais, variando a moda entre 1,5 e 2,5  $\Phi$  (areias média e fina), também contando com amostras de moda 0  $\Phi$  (areia grossa) e de moda 3  $\Phi$  (areia fina). Do total das 36 amostras, três se comportaram de maneira bimodal.

A **Figura 76** ilustra o histograma de maior representatividade encontrado dentre as amostras do perfil 4 com moda  $2 \Phi$ , enquanto a **Figura 77** representa uma amostra bimodal, encontrada durante a campanha 11, com modas de  $1,5$  e  $2,5 \Phi$ .

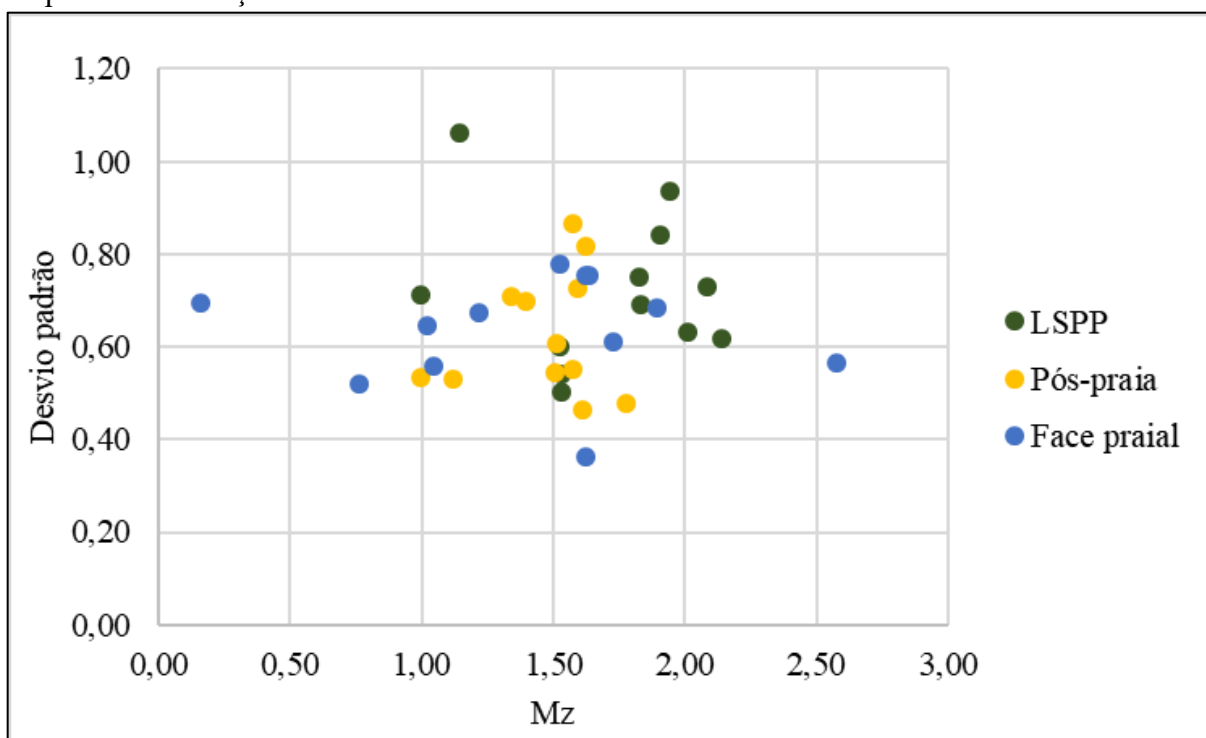


**Figura 76.** Histograma de frequência simples da amostra unimodal 10a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 10, que representa a maioria das amostras do P4.



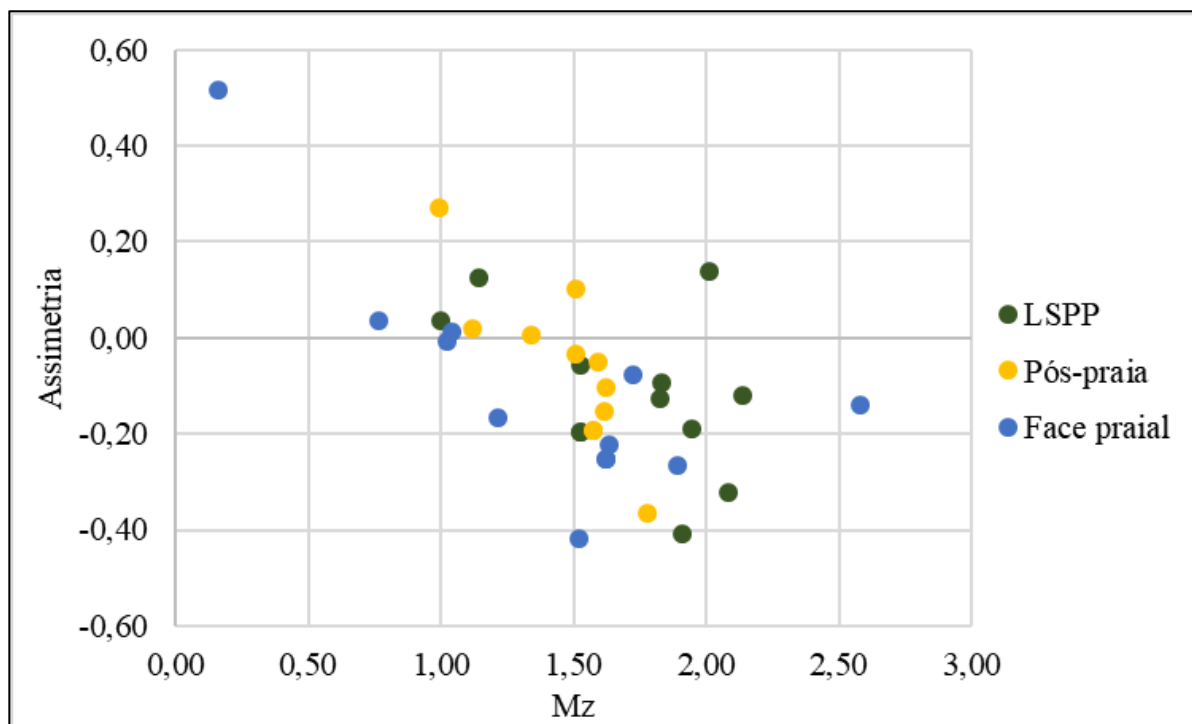
**Figura 77.** Histograma de frequência simples da amostra bimodal 11b do P4, do setor morfológico do pós-praia, campanha 11, com modas de  $1,5$  e  $2,5 \Phi$ .

A **Figura 78** ilustra a comparação da distribuição dos valores da média e do desvio padrão, identificando-se que a maioria das amostras dos três setores morfológicos apresentam seleção moderada.



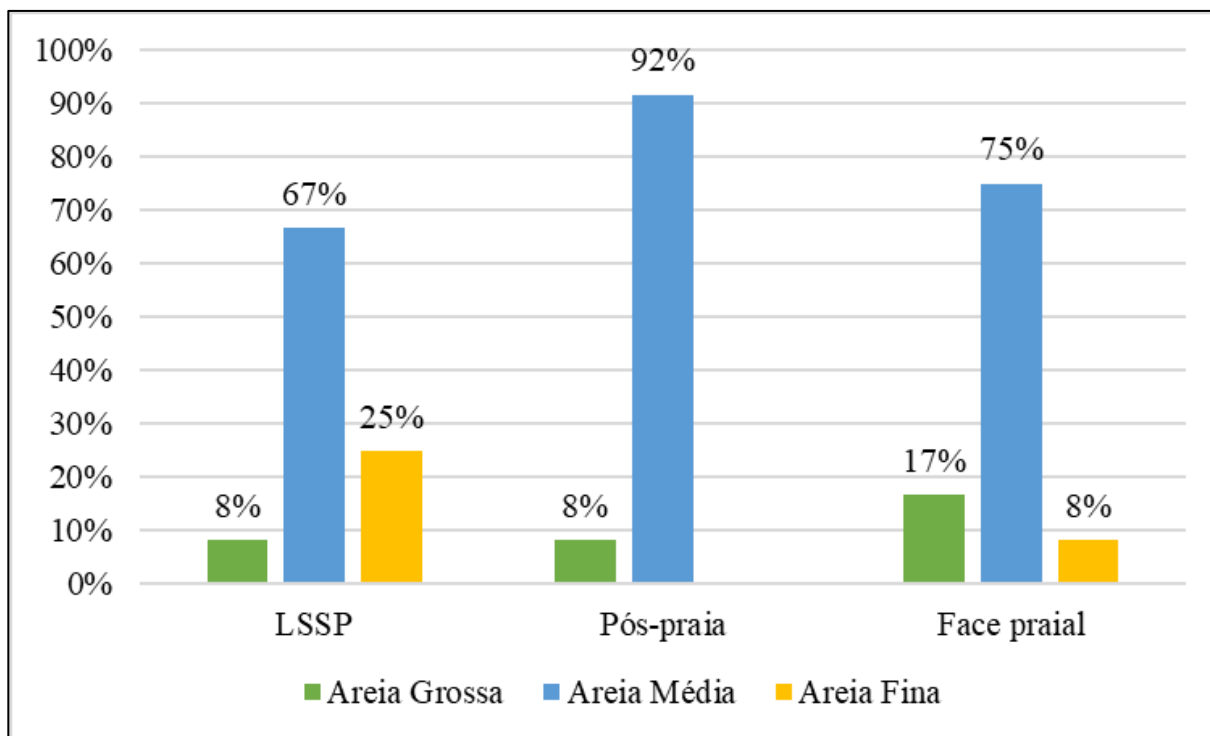
**Figura 78.** Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P4, com valores da média em  $\Phi$ .

O setor do pós-praia apresentou o maior número de amostras com bom selecionamento e a única amostra pobremente selecionada está inserida no limite superior do pós-praia. A **Figura 79** ilustra a relação entre a média e a assimetria, identificando-se uma maior assimetria dos grãos do limite superior do pós-praia, pós-praia e face-praial no sentido dos sedimentos grossos (Ski entre -0,1 e -0,3).



**Figura 79.** Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P4, com valores da média em  $\Phi$ .

A **Figura 80**, demonstra a distribuição granulométrica geral do P4, sendo possível identificar a distribuição granulométrica do perfil, a partir de seus setores morfológicos relacionando com as três principais classes de tamanho de grão encontradas: areia grossa, areia média e areia fina. Nota-se a acumulação arenosa mais grossa próximo à face praial e a acumulação arenosa mais fina na região da base da duna frontal (limite superior do pós-praia).



**Figura 80.** Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P4.

#### 8.4.1.5 Perfil 5 (P5)

A **Tabela 26** sintetiza todos os dados granulométricos associados ao P5 ao longo de 11 campanhas, indicando valores de média ( $Mz$ ) variando entre  $-0,05$  e  $2,05 \Phi$  e valores da mediana ( $Md$ ) variando entre  $-0,12$  e  $2,14 \Phi$ . O valor médio da média foi de  $1,31 \Phi$  e o da mediana foi de  $1,35 \Phi$ , representando as médias. Das 33 amostras, 27 amostras (82%) representam areia média, quatro amostras representam areia grossa (12%), uma amostra areia fina (3%) e uma amostra areia muito grossa (3%).

O desvio padrão ( $Dp$ ) oscilou entre  $0,36$  e  $0,06 \Phi$ , com valor médio de  $0,63 \Phi$ , representando a classe moderadamente selecionada. As amostras variam de bem selecionadas à moderadamente selecionadas, totalizando 30 amostras moderadamente selecionadas (91%) e três amostras bem selecionadas (9%).

**Tabela 26.** Planilha granulométrica das amostras do P5 por setor morfológico.

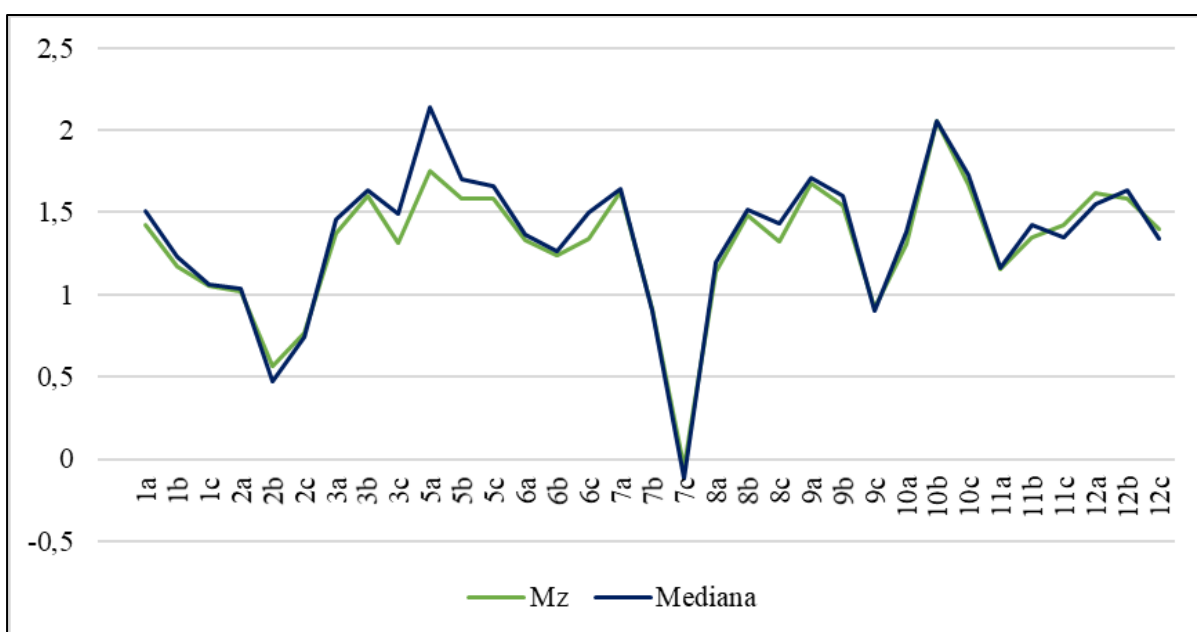
Campanha	Setor morfológico	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Classe	Ski	Classif.	Kg	Classif.
1	LSPP	1a	1,42	AM	1,50	0,77	MS	-0,15	N	1,01	M
	Pós-Praia	1b	1,17	AM	1,23	0,67	MS	-0,12	N	0,89	PL
	Face Praial	1c	1,05	AM	1,07	0,69	MS	-0,01	AS	0,83	PL
2	LSPP	2a	1,02	AM	1,03	0,62	MS	-0,02	AS	0,90	PL
	Pós-Praia	2b	0,56	AG	0,47	0,69	MS	0,21	P	0,93	M
	Face Praial	2c	0,77	AG	0,74	0,61	MS	0,09	AS	0,88	PL
3	LSPP	3a	1,38	AM	1,45	0,67	MS	-0,13	N	1,05	M
	Pós-Praia	3b	1,60	AM	1,63	0,44	BS	-0,06	AS	1,03	M
	Face Praial	3c	1,32	AM	1,49	0,80	MS	-0,25	N	0,81	PL
5	LSPP	5a	1,75	AM	2,14	0,96	MS	-0,54	MN	1,12	L
	Pós-Praia	5b	1,58	AM	1,70	0,63	MS	-0,19	N	1,04	M
	Face Praial	5c	1,58	AM	1,66	0,62	MS	-0,22	N	1,04	M
6	LSPP	6a	1,33	AM	1,36	0,59	MS	-0,02	AS	1,00	M
	Pós-Praia	6b	1,24	AM	1,26	0,70	MS	-0,05	AS	0,92	M
	Face Praial	6c	1,34	AM	1,50	0,70	MS	-0,29	N	0,92	M
7	LSPP	7a	1,63	AM	1,64	0,64	MS	-0,05	AS	1,13	L
	Pós-Praia	7b	0,91	AG	0,90	0,68	MS	0,00	AS	0,88	PL
	Face Praial	7c	-0,05	AMG	-0,12	0,36	BS	0,34	MP	0,99	M
8	LSPP	8a	1,13	AM	1,20	0,68	MS	-0,16	N	0,85	PL
	Pós-Praia	8b	1,48	AM	1,52	0,48	BS	-0,17	N	1,07	M
	Face Praial	8c	1,32	AM	1,43	0,60	MS	-0,27	N	0,86	PL
9	LSPP	9a	1,68	AM	1,71	0,52	MS	-0,05	AS	1,44	L
	Pós-Praia	9b	1,54	AM	1,60	0,50	MS	-0,17	N	1,08	M
	Face Praial	9c	0,92	AG	0,90	0,64	MS	0,05	AS	0,82	PL
10	LSPP	10a	1,31	AM	1,38	0,61	MS	-0,16	N	0,99	M
	Pós-Praia	10b	2,05	AF	2,05	0,52	MS	-0,04	AS	1,03	M
	Face Praial	10c	1,67	AM	1,73	0,58	MS	-0,21	N	1,28	L
11	LSPP	11a	1,16	AM	1,17	0,68	MS	0,01	AS	1,16	L
	Pós-Praia	11b	1,35	AM	1,43	0,72	MS	-0,14	N	0,94	M
	Face Praial	11c	1,42	AM	1,35	0,60	MS	0,12	P	1,15	L
12	LSPP	12a	1,62	AM	1,55	0,65	MS	0,06	AS	0,98	M
	Pós-Praia	12b	1,58	AM	1,64	0,68	MS	-0,11	N	1,10	M
	Face Praial	12c	1,40	AM	1,34	0,55	MS	0,15	P	1,08	M
<b>Média</b>			1,31	AM	1,35	0,63	MS		N	1,01	M

Legenda : LSPP = Limite superior do pós-praia; Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

A assimetria variou de 0,34 (muito positiva) a -0,54 (muito negativa), sendo que 15 amostras apresentam assimetria negativa (45%), 13 amostras aproximadamente simétricas (39%), três amostras positivas (9%), uma amostra muito negativa (3%) e uma amostra muito positiva (3%).

A curtose (Kg) variou de 0,81 a 1,44, com valor médio de 1,01 (mesocúrtica). Sua classificação resultou em 18 amostras mesocúrticas (55%), nove amostras platicúrticas (27%) e seis leptocúrticas (18%).

Ao se comparar os valores da média (Mz) com os da mediana (Md) do P5 (**Figura 81**) das 33 amostras do P5, visto que durante a campanha 4 não houve obtenção dos dados hidrodinâmicos, morfológicos e sedimentológicos, é possível perceber que a maioria das amostras se apresentam com médias semelhantes à mediana, indicando amostras unimodais associadas ao P5.



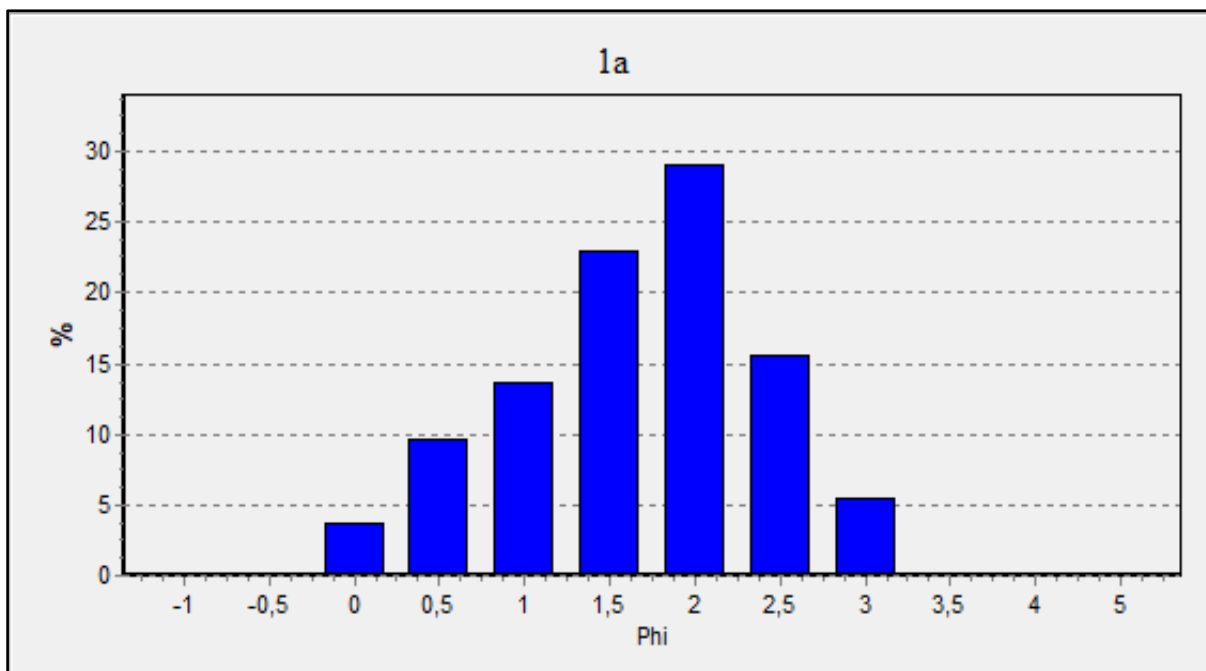
**Figura 81.** Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P5, com valores em  $\Phi$ .

Legenda: 1, 2, 3...= Campanha; a = Limite superior do pós-praia; b = pós-praia; c = face praial.

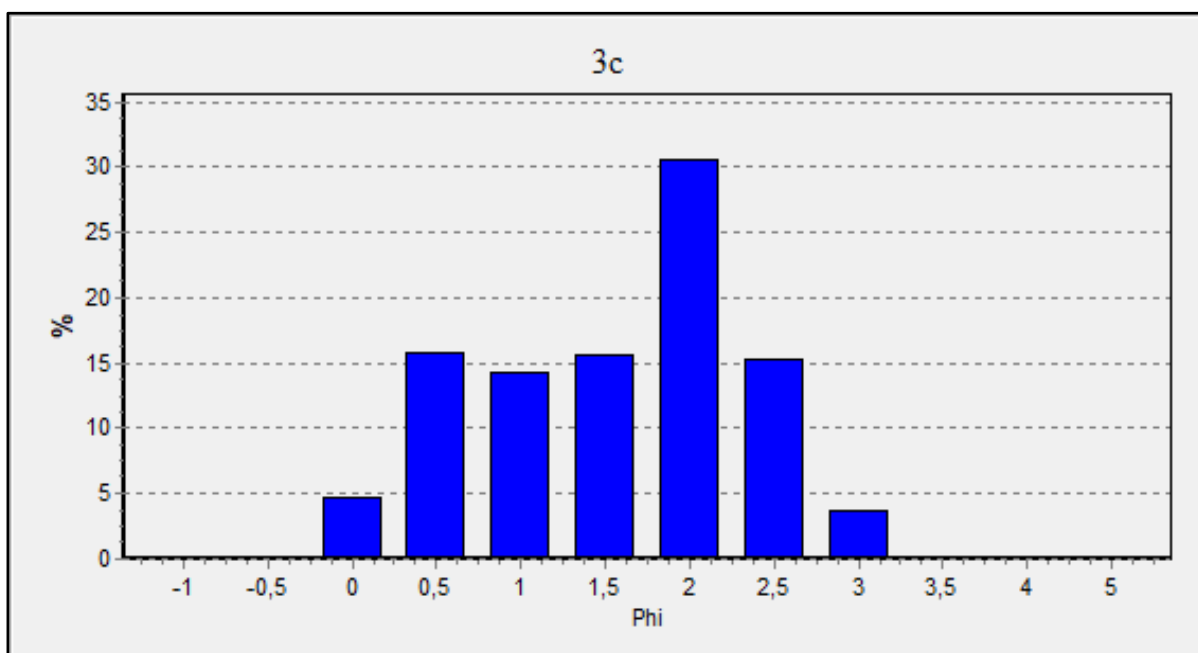
A análise dos histogramas de frequência simples do P5 indica uma tendência a unimodalidade das amostras, com moda associada a  $2 \Phi$ , entretanto, foram observados histogramas unimodais com moda 0; 0,5; 1,0; 1,5 e  $2,5 \Phi$ .

A **Figura 82** ilustra o histograma de maior representatividade encontrado dentre as amostras do P5 com moda  $2 \Phi$ , enquanto a **Figura 83** representa uma amostra polimodal encontrada no P5 coletada na face praial durante a campanha 3, cuja granulometria varia tanto no sentido dos grossos como dos finos.



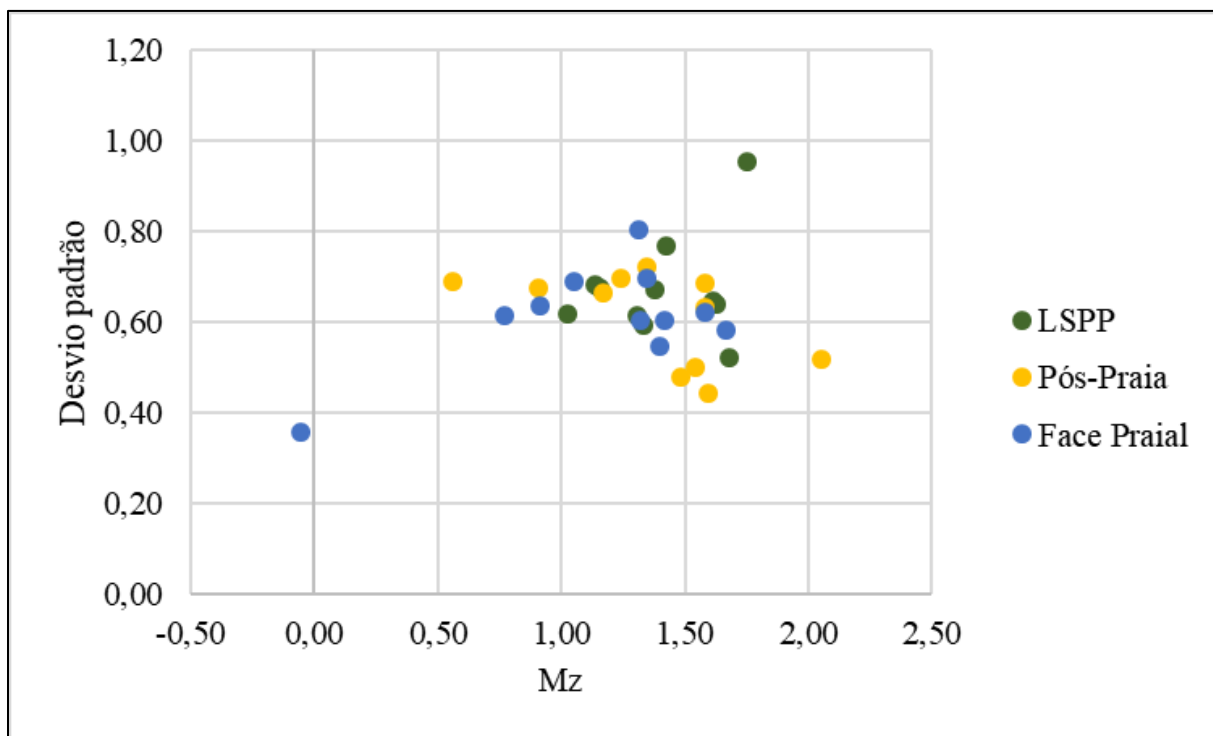


**Figura 82.** Histograma de frequência simples da amostra 1a do P5, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 1, típica amostra unimodal na moda 2  $\Phi$ .



**Figura 83.** Histograma de frequência simples da amostra 3c do P5, setor morfológico da face praiar, campanha 3, típica amostra polimodal.

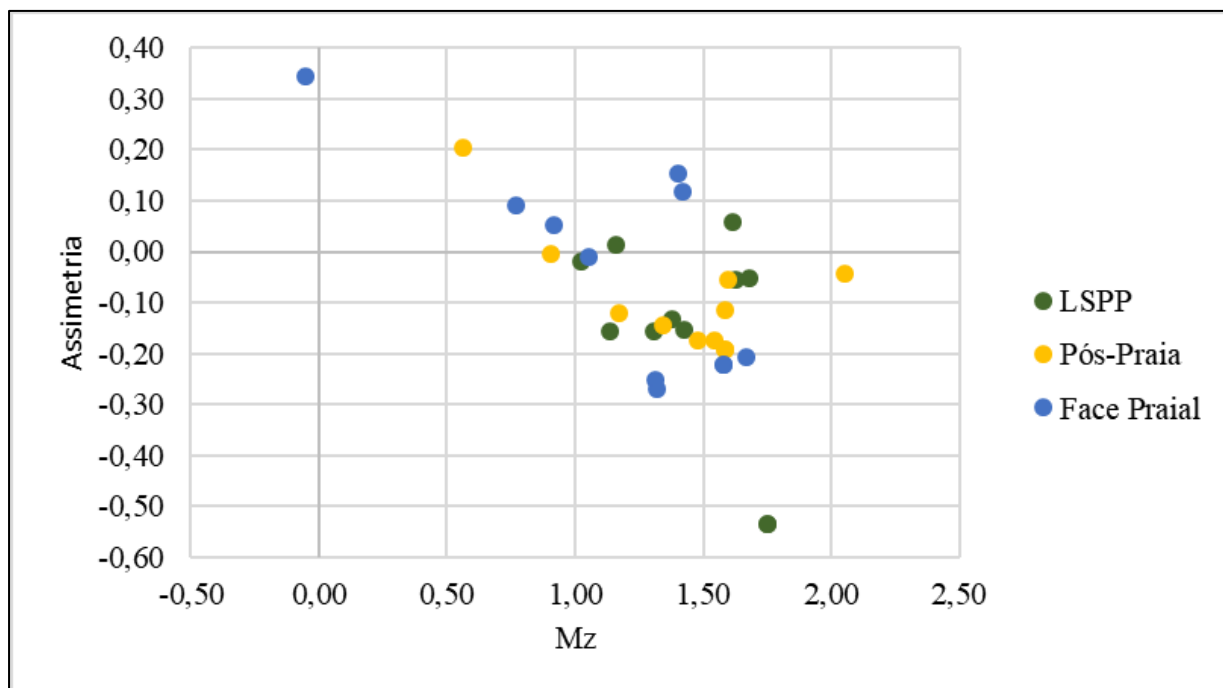
A **Figura 84** ilustra a comparação da distribuição dos valores da média e do desvio padrão, identificando-se mínima variação de seleção, visto o predomínio de grãos moderadamente selecionados em todos os três setores.



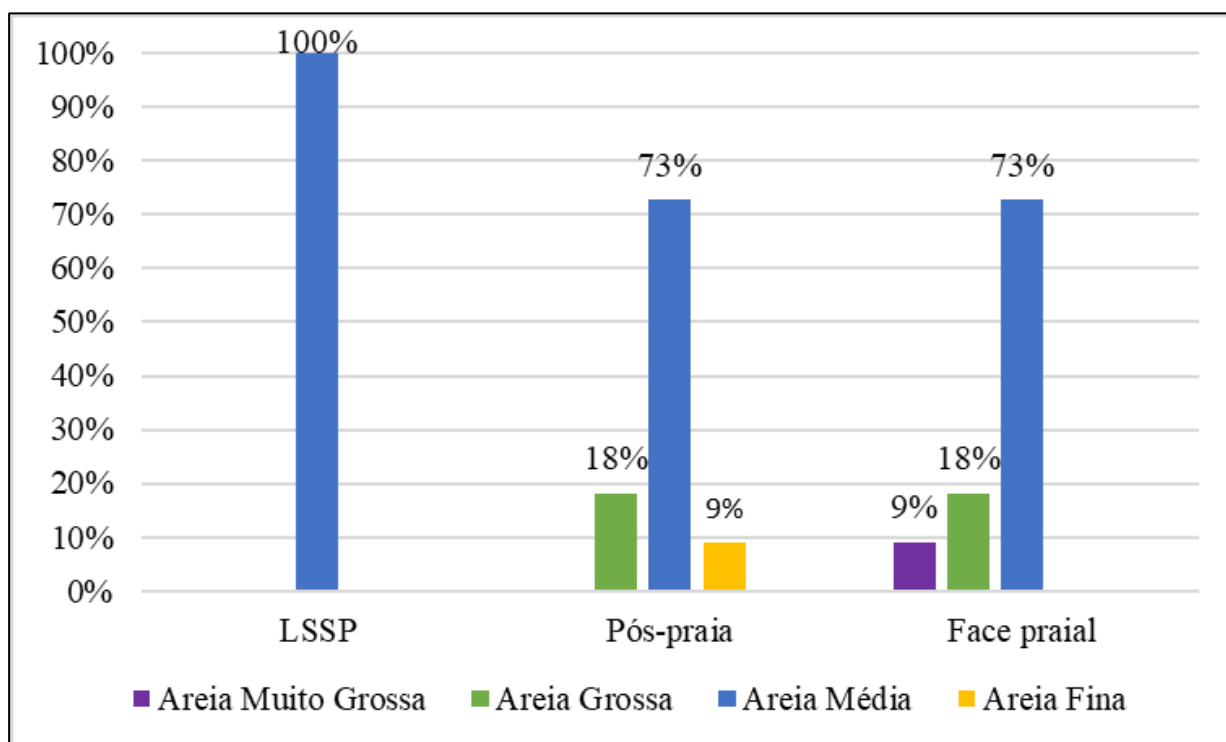
**Figura 84.** Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P5, com valores da média em  $\Phi$ .

A **Figura 85** ilustra a relação entre a média e a assimetria, observando-se a quantidade de amostras assimétricas com tendências mais grosseiras (0,1 à -0,3) nos setores morfológicos do pós-praia e face praial. Identifica-se também uma amostra de assimetria muito positiva (entre 0,3 e 1,0) no setor morfológico da face praial e uma amostra de assimetria muito negativa (entre -0,50 e -0,60), no setor morfológico do limite superior do pós-praia.

Por fim, a **Figura 86** mostra a distribuição granulométrica geral do P5, indicando o predomínio de areias médias com tendências de acumulação de sedimento arenoso mais grosso na proximidade da face praial e pós-praia.



**Figura 86.** Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P5, com valores da média em  $\Phi$ .



**Figura 85.** Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P5.

#### 8.4.1.6 Perfil 6 (P6)

A **Tabela 27** sintetiza todos os dados granulométricos associados ao P6 ao longo de 12 campanhas, indicando valores de média (Mz) variando entre 0,67 e 1,97  $\Phi$  e valores da mediana (Md) variando entre 0,63 e 2,00  $\Phi$ . O valor médio da média foi de 1,35  $\Phi$  e o da mediana foi de 1,38  $\Phi$ , representando as texturas areia média. Das 36 amostras, 29 amostras (81%) representam areia média e sete amostras representam areia grossa (19%).

O desvio padrão (Dp) oscilou entre 0,43 e 0,84  $\Phi$ , com valor médio de 0,65 $\Phi$ , representando a classe moderadamente selecionada. As amostras variam de bem selecionadas à moderadamente selecionadas, totalizando 33 amostras moderadamente selecionadas (92%) e três amostras bem selecionadas (8%).

A assimetria variou de 0,11 (positiva) a -0,30 (negativa), sendo que 24 amostras apresentam assimetria negativa (67%), 11 amostras aproximadamente simétricas (31%) e uma amostra positiva (3%).

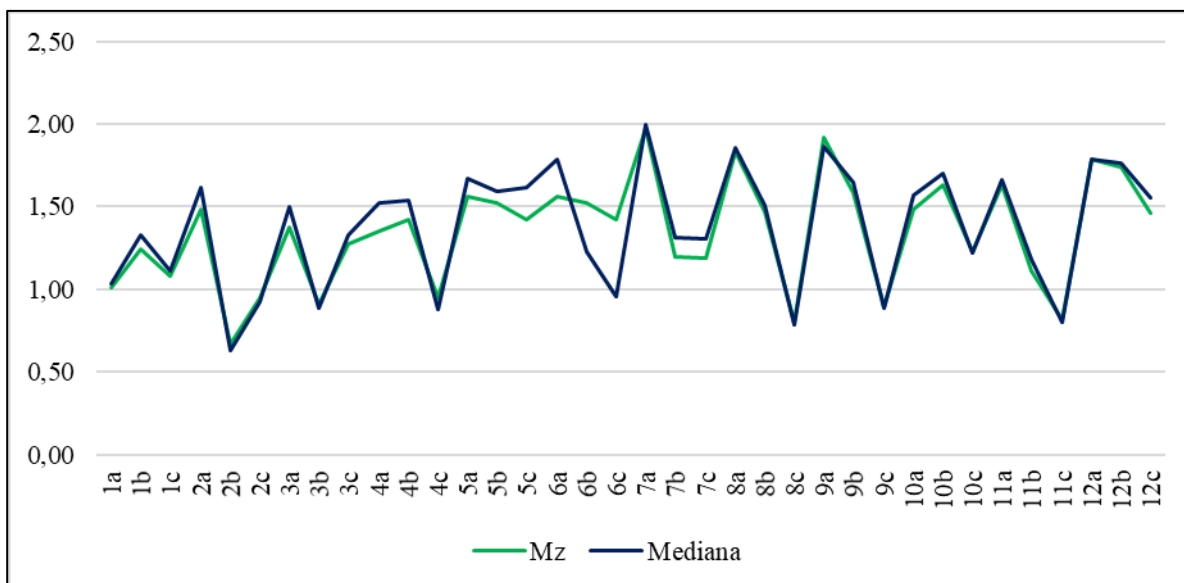
A curtose (Kg) variou de 0,77 a 1,36, com valor médio de 1,01 (mesocúrtica). Sua classificação resultou em 15 amostras mesocúrticas (42%), 11 amostras leptocúrticas (31%) e 10 amostras platicúrticas (28%).

**Tabela 27.** Planilha granulométrica das amostras do P6 por setor morfológico.

Campanha	Setor morfológico	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Class. pred	Ski	Class. pred	Kg	Class. pred
1	LSPP	1a	1,01	AM	1,04	0,80	MS	-0,03	AS	0,80	PL
	Pós-Praia	1b	1,24	AM	1,33	0,79	MS	-0,12	N	0,77	PL
	Face Praial	1c	1,08	AM	1,11	0,69	MS	-0,06	AS	0,78	PL
2	LSPP	2a	1,49	AM	1,62	0,74	MS	-0,27	N	1,04	M
	Pós-Praia	2b	0,67	AG	0,63	0,66	MS	0,09	AS	0,87	PL
	Face Praial	2c	0,95	AG	0,93	0,72	MS	0,05	AS	0,86	PL
3	LSPP	3a	1,37	AM	1,50	0,79	MS	-0,24	N	0,92	M
	Pós-Praia	3b	0,91	AG	0,88	0,77	MS	0,04	AS	0,82	PL
	Face Praial	3c	1,27	AM	1,33	0,61	MS	-0,18	N	0,96	M
4	LSPP	4a	1,35	AM	1,52	0,72	MS	-0,30	N	1,00	M
	Pós-Praia	4b	1,42	AM	1,54	0,70	MS	-0,24	N	1,01	M
	Face Praial	4c	0,95	AG	0,88	0,82	MS	0,11	P	0,77	PL
5	LSPP	5a	1,57	AM	1,67	0,58	MS	-0,21	N	1,28	L
	Pós-Praia	5b	1,53	AM	1,60	0,56	MS	-0,22	N	1,14	L
	Face Praial	5c	1,43	AM	1,62	0,84	MS	-0,26	N	0,91	M
6	LSPP	6a	1,57	AM	1,79	0,58	MS	-0,21	N	1,28	L
	Pós-Praia	6b	1,53	AM	1,23	0,56	MS	-0,22	N	1,14	L
	Face Praial	6c	1,43	AM	0,96	0,84	MS	-0,26	N	0,91	M
7	LSPP	7a	1,97	AM	2,00	0,50	MS	-0,16	N	1,13	L
	Pós-Praia	7b	1,19	AM	1,31	0,71	MS	-0,22	N	0,88	PL
	Face Praial	7c	1,19	AM	1,30	0,74	MS	-0,18	N	0,82	PL
8	LSPP	8a	1,84	AM	1,86	0,49	BS	-0,16	N	1,08	M
	Pós-Praia	8b	1,47	AM	1,51	0,43	BS	-0,19	N	0,94	M
	Face Praial	8c	0,80	AG	0,79	0,56	MS	0,08	AS	0,91	M
9	LSPP	9a	1,92	AM	1,87	0,48	BS	0,10	AS	1,15	L
	Pós-Praia	9b	1,59	AM	1,64	0,55	MS	-0,16	N	1,11	M
	Face Praial	9c	0,90	AG	0,88	0,72	MS	0,00	AS	0,80	PL
10	LSPP	10a	1,48	AM	1,57	0,63	MS	-0,20	N	1,09	M
	Pós-Praia	10b	1,63	AM	1,70	0,51	MS	-0,23	N	1,36	L
	Face Praial	10c	1,23	AM	1,22	0,60	MS	0,05	AS	1,13	L
11	LSPP	11a	1,64	AM	1,67	0,55	MS	-0,11	N	1,11	M
	Pós-Praia	11b	1,11	AM	1,18	0,65	MS	-0,12	N	1,19	L
	Face Praial	11c	0,82	AG	0,80	0,56	MS	0,10	AS	0,93	M
12	LSPP	12a	1,79	AM	1,79	0,53	MS	-0,02	AS	1,15	L
	Pós-Praia	12b	1,74	AM	1,77	0,58	MS	-0,11	N	1,16	L
	Face Praial	12c	1,46	AM	1,56	0,76	MS	-0,19	N	1,09	M
<b>Média</b>			1,35	AM	1,38	0,65	MS		N	1,01	M

Legenda : LSPP = Limite superior do pós-praia; Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

Ao se comparar os valores da média (Mz) com os da mediana (Md) do P6 (**Figura 87**), é possível perceber uma sobreposição de média e mediana na maioria das amostras, isto é, existe o predomínio de amostras com distribuição unimodal das classes granulométricas.



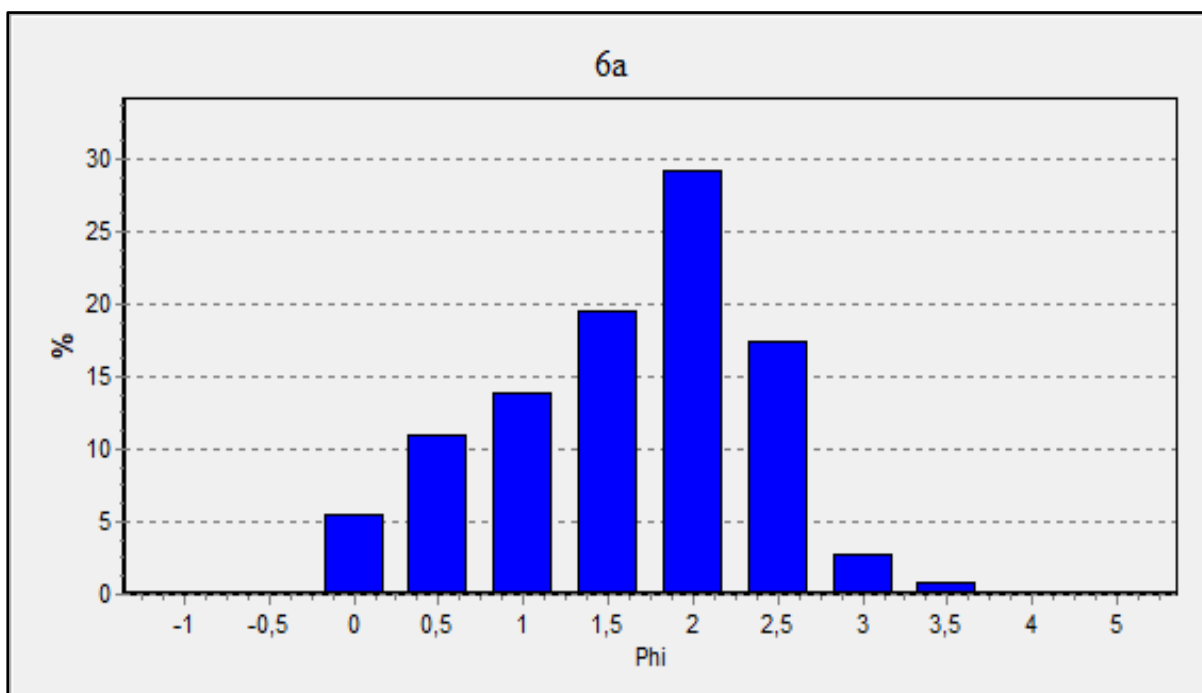
**Figura 87.** Gráfico de correlação granulométrica média versus mediana das amostras do P6, com valores em  $\Phi$ .

Legenda: 1, 2, 3...= Campanha; a = Limite superior do pós-praia; b = pós-praia; c = face praial.

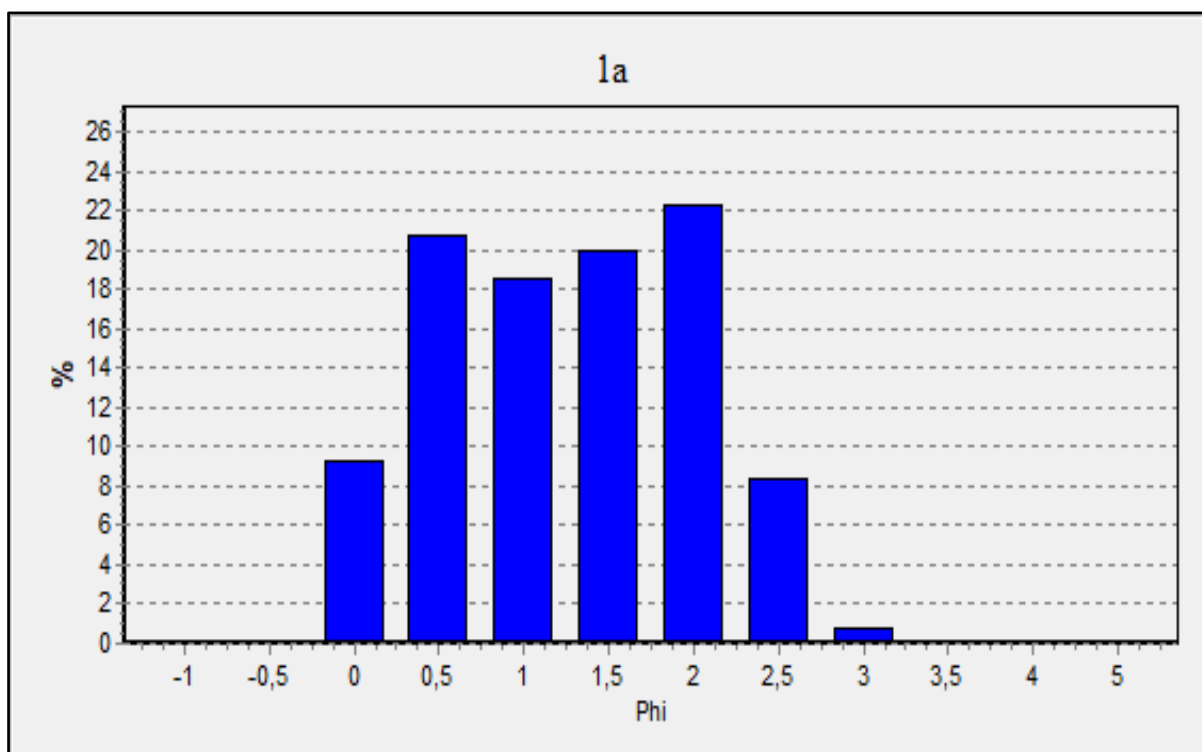
A análise dos histogramas de frequência simples do P6 revela que sete amostras se comportam de maneira bimodal. É possível aferir também que o histograma que melhor representa a série, possui moda 2  $\Phi$  (**Figura 88**), entretanto, algumas amostras unimodais com 1 e 1,5  $\Phi$  também são observadas. Das sete amostras com mais de uma moda reveladas pelos histogramas de frequência simples, a de melhor representatividade caracteriza-se por apresentar modas entre 0,5 e 2,0  $\Phi$ , ilustrada por meio da amostra 1a (**Figura 89**).

A **Figura 90** ilustra a comparação da distribuição dos valores da média e do desvio padrão, demonstrando o predomínio de amostras moderadamente selecionadas em todos os setores, indicando que 100% das amostras da face praial, apresentam-se com grau de selecionamento moderado.

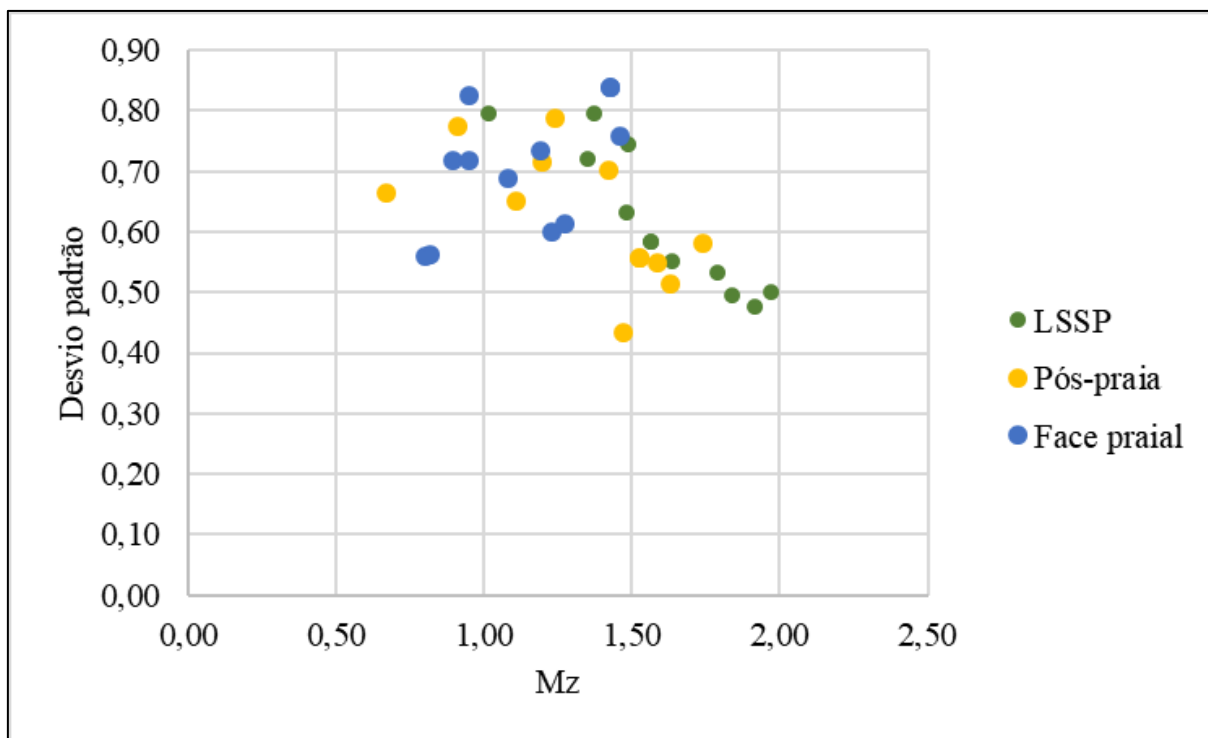
A **Figura 91** ilustra a relação entre a média e a assimetria, observando-se a tendência do setor morfológico do pós-praia a uma assimetria negativa influenciada por grãos mais grossos e uma baixa população de amostras aproximadamente simétricas, sendo estas mais concentradas no setor morfológico da face praial.



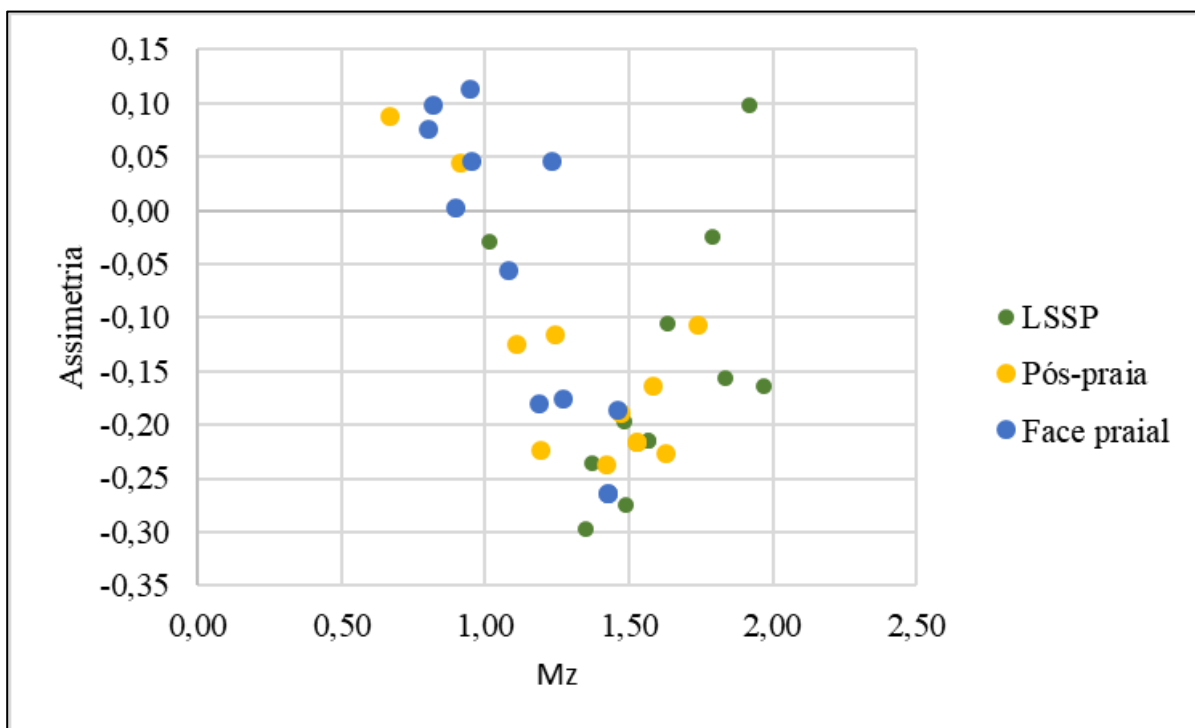
**Figura 89.** Histograma de frequência simples da amostra unimodal 6a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 6, que representa a maioria das amostras do P6 na moda  $2 \Phi$ .



**Figura 88.** Histograma de frequência simples de uma amostra bimodal 1a, do setor morfológico do limite superior do pós-praia, campanha 1, que representa as amostras polimodais encontradas para o P6.



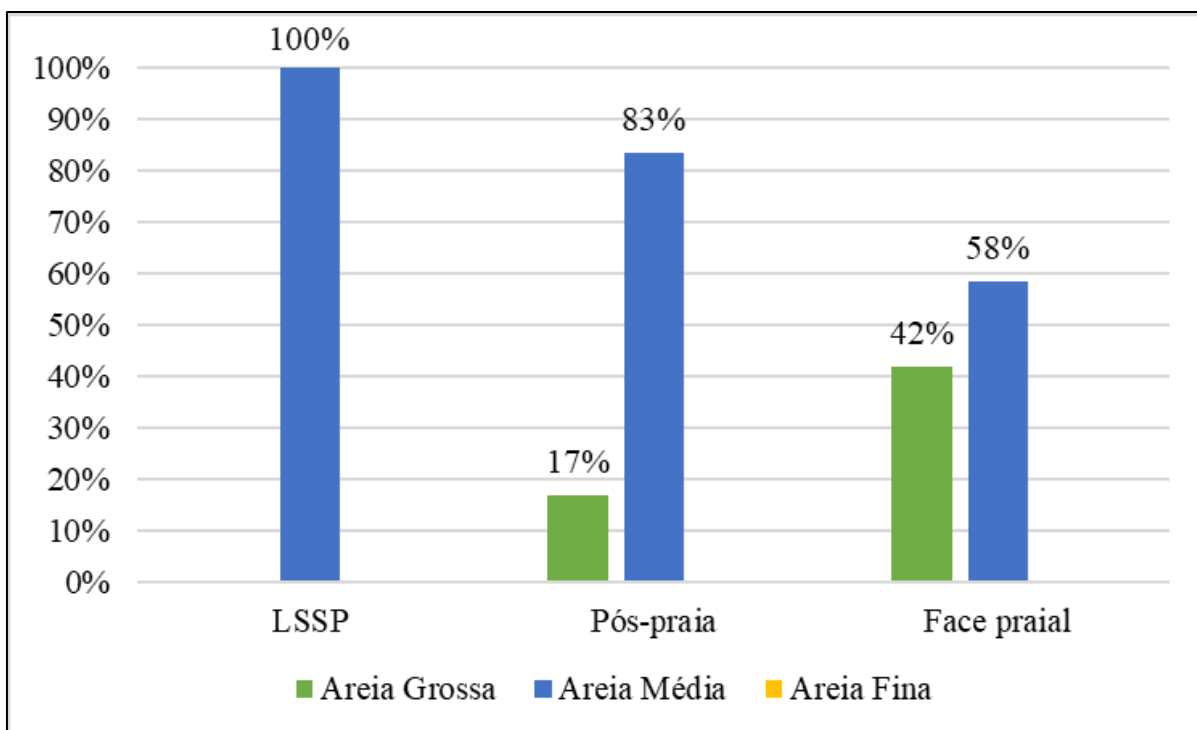
**Figura 91.** Gráfico de correlação granulométrica média versus desvio padrão das amostras do P6, com valores da média em  $\Phi$ .



**Figura 90.** Gráfico de correlação granulométrica média versus assimetria das amostras do P6, com valores da média em  $\Phi$ .



Por fim, a **Figura 92** demonstra a distribuição granulométrica geral do P6, que mostra a tendência de acúmulo do material mais grosso no setor morfológico da face praial e ausência de sedimento arenoso fino ao longo do perfil.



**Figura 92.** Percentual médio das diferentes classes de areia ao longo do P6.

#### 8.4.2 Médias granulométricas transversais

A partir da compilação de dados das tabelas 22 (P1), 23 (P2), 24 (P3), 25 (P4), 26 (P5) e 27 (P6), é possível identificar as características granulométricas a partir de suas médias, dados estes expostos na **Tabela 28**.

**Tabela 28.** Médias granulométricas dos seis perfis monitorados na área de estudo.

Perfil	Mz	Textura	Mediana	DP	Class. pred	Ski	Class. pred	Kg	Class. pred
P1	1,64	AM	1,66	0,50	MS		AS	1,02	M
P2	1,64	AM	1,66	0,51	MS		AS	0,99	M
P3	1,58	AM	1,60	0,51	MS		AS	0,99	M
P4	1,53	AM	1,56	0,66	MS		N	1,05	M
P5	1,37	AM	1,35	0,63	MS		N	1,01	M
P6	1,35	AM	1,38	0,65	MS		N	1,01	M

Legenda: Mz = média ( $\Phi$ ); mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AM = areia média; MS = moderadamente selecionado; AS = aproximadamente simétrica; N = negativa; M = mesocúrtica.

Os perfis apresentaram como média ( $Mz$ ), granulometrias variando de 1,31 a 1,64  $\Phi$  e medianas ( $Md$ ) que oscilaram entre 1,38 e 1,66  $\Phi$ . O valor médio da média de todas as 213 amostras é de 1,50  $\Phi$  (areia média) e da mediana é de 1,53  $\Phi$  (areia média) Estes valores, indicam o predomínio de areia média na totalidade dos perfis, todavia o P4, P5 e P6 apresentam-se com sedimentos arenosos mais grossos na composição de suas areias médias.

A classificação do desvio padrão resulta na predominância de amostras moderadamente selecionadas para todos os perfis, visto que variação média do  $D_p$  (entre 0,50 e 0,65) insere-se no intervalo de seleção  $\sigma$  0,5 e 1,0. O valor médio do desvio padrão é de 0,57  $\Phi$  (moderadamente selecionado).

A assimetria se distingue nos setores Norte e Sul, estando os perfis P1, P2 e P3 (setor Norte) classificados de maneira aproximadamente simétrica (entre -0,02 e -0,05), enquanto os perfis P4, P5 e P6 (setor Sul), apresentam assimetria negativa. Estes valores são explicados pelo predomínio de sedimento arenoso mais grosso na composição da classe areia média observada para as amostras do setor Sul (P4, P5 e P6).

A angulosidade da distribuição da curva representadas pela curtose, variou na média dos perfis entre 0,99 e 1,02, com valor médio de 1,01, coincidindo com a distribuição mesocúrtica.

Sendo assim, é possível perceber a tendência à gradação lateral dos sedimentos, sendo os perfis do setor Sul do arco praial compostos por sedimentos um pouco mais grossos e os do setor Norte do arco praial compostos por sedimentos um pouco mais finos.

#### **8.4.3 Variação granulométrica longitudinal dos três setores morfológicos**

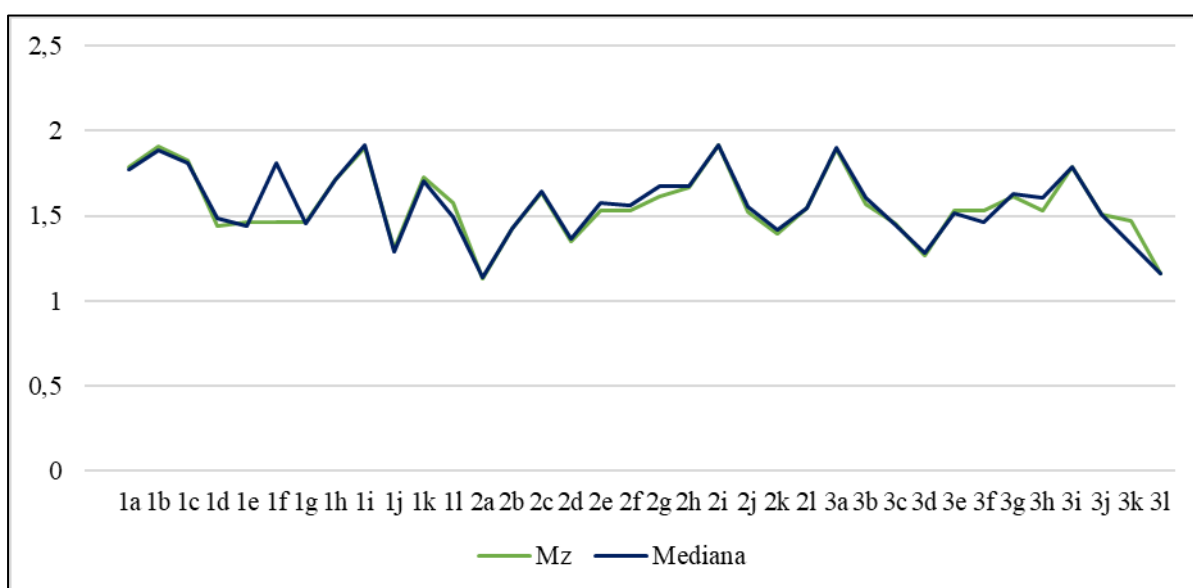
Neste tópico, serão discriminadas as características granulométricas dos três setores morfológicos: limite superior do pós-praia, pós-praia e face praial, respeitando o comportamento do arco praial paralelo à linha de costa. A descrição será independente por setor geográfico estudado: setor Norte (praia do Rio Tavares) e setor Sul (praia do Campeche).

### 8.4.3.1 Setor Norte

O setor Norte, correspondente aos perfis P1, P2 e P3, é associado à região menos antropizada da área de estudo. No total, o setor conta com um  $N = 108$  amostras, sendo que cada setor morfológico (limite superior do pós-praia, pós-praia e face praial) corresponde a uma população de 36 amostras.

#### 8.4.3.1.1 Limite superior do pós-praia

A **Figura 93** compara as médias ( $Mz$ ) com as medianas ( $Md$ ) de todas as amostras associadas ao setor do limite superior do pós-praia, indicando que a maioria das amostras são unimodais, com diâmetros modais variando entre 1 e  $2 \Phi$  em 100% da população.



**Figura 93.** Média e medianas das amostras do limite superior do pós-praia para os perfis P1, P2 e P3, valores em  $\Phi$ .

Legenda: 1, 2, 3 = perfil, a = campanha 1, b = campanha 2, c = campanha 3..., l = campanha 12.

A partir dos dados descritos da **Tabela 29**, é possível indicar as características granulométricas deste setor morfológico. O limite superior do pós-praia do setor Norte se apresenta com médias ( $Mz$ ) variando entre 1,13 e 1,92  $\Phi$ , tendo suas respectivas medianas ( $Md$ ) variando também entre 1,13 e 1,92  $\Phi$ , configurando 100% de classe areia média ao setor. O valor médio da média é de 1,56  $\Phi$  e o da mediana é de 1,57  $\Phi$ , ambos representando a classe areia média.

**Tabela 29.** Planilha granulométrica do limite superior do pós-praia associada aos perfis P1, P2 e P3 do setor Norte da área de estudo.

Perfil	Campanha	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Class. pred	Ski	Class. pred	Kg	Class. pred
1	1	1a	1,79	AM	1,77	0,43	BS	0,03	AS	1,12	L
	2	1b	1,91	AM	1,89	0,49	BS	0,05	AS	1,03	M
	3	1c	1,83	AM	1,81	0,49	BS	0,05	AS	1,07	M
	4	1d	1,44	AM	1,49	0,56	MS	-0,07	AS	0,99	M
	5	1e	1,46	AM	1,44	0,55	MS	0,05	AS	0,97	M
	6	1f	1,46	AM	1,81	0,55	MS	0,05	AS	0,97	M
	7	1g	1,46	AM	1,46	0,49	BS	0,03	AS	1,04	M
	8	1h	1,71	AM	1,71	0,45	BS	0,01	AS	0,94	M
	9	1i	1,90	AM	1,91	0,51	MS	-0,21	N	1,24	L
	10	1j	1,30	AM	1,29	0,59	MS	0,09	AS	0,87	PL
	11	1k	1,73	AM	1,70	0,56	MS	0,05	AS	0,75	PL
	12	1l	1,57	AM	1,50	0,55	MS	0,12	P	0,93	M
<b>Média</b>	<b>Perfil 1</b>		<b>1,63</b>	<b>AM</b>	<b>1,65</b>	<b>0,52</b>	<b>MS</b>		<b>AS</b>	<b>0,99</b>	<b>M</b>
2	1	2a	1,13	AM	1,13	0,49	BS	-0,01	AS	0,97	M
	2	2b	1,43	AM	1,43	0,54	MS	0,01	AS	0,98	M
	3	2c	1,64	AM	1,65	0,51	MS	-0,05	AS	1,00	M
	4	2d	1,35	AM	1,36	0,60	MS	-0,04	AS	1,05	M
	5	2e	1,53	AM	1,58	0,46	BS	-0,11	N	1,05	M
	6	2f	1,53	AM	1,56	0,46	BS	-0,11	N	1,05	M
	7	2g	1,61	AM	1,67	0,44	BS	-0,17	N	1,25	L
	8	2h	1,67	AM	1,68	0,52	MS	-0,02	AS	1,16	L
	9	2i	1,92	AM	1,92	0,43	BS	-0,09	AS	0,90	M
	10	2j	1,53	AM	1,55	0,48	BS	-0,08	AS	1,04	M
	11	2k	1,39	AM	1,42	0,62	MS	-0,04	AS	1,00	M
	12	2l	1,55	AM	1,54	0,49	BS	0,02	AS	1,02	M
<b>Média</b>	<b>Perfil 2</b>		<b>1,52</b>	<b>AM</b>	<b>1,54</b>	<b>0,50</b>	<b>BS</b>		<b>AS</b>	<b>1,04</b>	<b>M</b>
3	1	3a	1,89	AM	1,90	0,52	MS	0,00	AS	0,97	M
	2	3b	1,57	AM	1,60	0,45	BS	-0,07	AS	1,05	M
	3	3c	1,46	AM	1,44	0,48	BS	0,03	AS	1,03	M
	4	3d	1,27	AM	1,28	0,51	MS	-0,05	AS	0,84	PL
	5	3e	1,53	AM	1,52	0,52	MS	0,01	AS	0,98	M
	6	3f	1,53	AM	1,46	0,52	MS	0,01	AS	0,98	M
	7	3g	1,61	AM	1,63	0,49	BS	-0,06	AS	0,99	M
	8	3h	1,53	AM	1,60	0,47	BS	-0,21	N	1,07	M
	9	3i	1,79	AM	1,79	0,47	BS	0,00	AS	0,84	PL
	10	3j	1,51	AM	1,51	0,53	MS	-0,01	AS	0,99	M
	11	3k	1,47	AM	1,33	0,53	MS	0,30	P	1,14	L
	12	3l	1,16	AM	1,16	0,61	MS	0,03	AS	1,21	L
<b>Média</b>	<b>Perfil 3</b>		<b>1,53</b>	<b>AM</b>	<b>1,52</b>	<b>0,51</b>	<b>MS</b>		<b>AS</b>	<b>1,00</b>	<b>M</b>
<b>Média setor Norte LSPP</b>			1,56	AM	1,57	0,51	MS		AS	1,01	M

Legenda : LSPP = limite superior do pós-praia; Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

O desvio padrão médio é de 0,51  $\Phi$  (moderadamente selecionado), variando entre 0,43 e 0,62  $\Phi$ , classificando 53% das amostras (19 unidades), como moderadamente selecionadas e 47% das amostras (17 unidades) como bem selecionadas.

A variação da assimetria entre -0,21 (negativa) e 0,30 (positiva) indica 29 amostras aproximadamente simétricas (81%), cinco amostras negativa (14%) e duas amostras positivas (6%).

O valor médio da curtose é de 1,01 (mesocúrtica), variando entre 0,75 e 1,25, sendo 72% das amostras mesocúrticas (26 unidades), seis amostras leptocúrticas (17%) e quatro amostras platicúrticas (11%).

A Tabela 29 traz também os valores médios encontradas para a granulometria do limite superior do pós-praia de cada um dos três perfis.

O P1 apresentou média de 1,63  $\Phi$  e mediana de 1,65  $\Phi$ , areia média em 100% das amostras. O desvio padrão é de 0,52  $\Phi$  (moderadamente selecionado), classificando sete amostras como moderadamente selecionadas (58%) e cinco amostras como bem selecionadas (42%). A assimetria variou entre 0,12 (positiva) e -0,21 (negativa), resultando em 83% de amostras aproximadamente simétricas (10 unidades), uma amostra negativa (9%) e uma amostra positiva (8%). O valor da curtose é de 0,99 (mesocúrtica), com 67% (oito amostras) como mesocúrticas, duas amostras como leptocúrticas (17%) e duas amostras muito platicúrticas (16%).

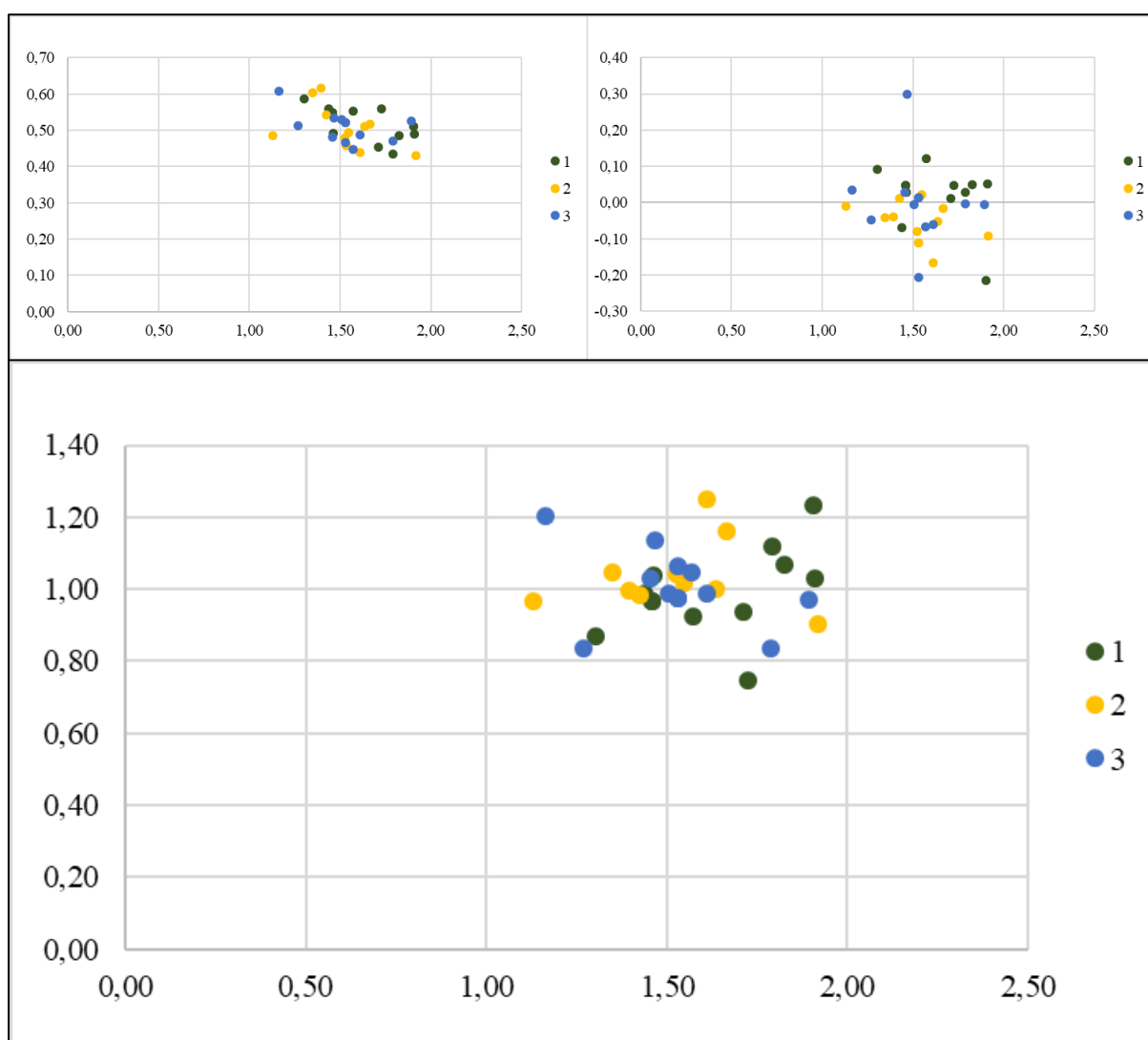
O P2 apresentou média de 1,52  $\Phi$  e mediana de 1,54  $\Phi$ , areia média em 100% das amostras. O desvio padrão é de 0,50  $\Phi$  (moderadamente selecionado), classificando sete amostras como bem selecionadas (58%) e cinco amostras como moderadamente selecionadas (42%). A assimetria variou entre 0,01 (aproximadamente simétrica) e -0,17 (negativa), resultando em 75% de amostras aproximadamente simétricas (nove unidades) e três amostras negativas (25%). O valor da curtose é de 1,04 (mesocúrtica), com 83% (10 amostras) como mesocúrticas e duas amostras leptocúrticas (17%).

O P3 apresentou média de 1,53  $\Phi$  e mediana de 1,52  $\Phi$ , areia média em 100% das amostras. O desvio padrão é de 0,51  $\Phi$  (moderadamente selecionado), classificando sete amostras como moderadamente selecionadas (58%) e cinco amostras como bem selecionadas (42%). A assimetria variou entre 0,30 (positiva) e -0,21 (negativa), resultando em 83% de amostras aproximadamente simétricas (10 unidades), uma amostra negativa (9%) e uma amostra positiva (8%). O valor da curtose é de 1,00 (mesocúrtica), com 67%

(oito amostras) como mesocúrticas, duas amostras como leptocúrticas (17%) e duas amostras como platicúrticas (16%).

Sendo assim, as características granulométricas que melhor representam o setor geográfico Norte, no setor morfológico do limite superior do pós-praia são: média de 1,56  $\Phi$ , mediana de 1,57  $\Phi$ , areia média, grãos moderadamente selecionados (0,51  $\Phi$ ), aproximadamente simétricos e mesocúrticos (1,01).

A **Figura 94** ilustra a distribuição das amostras do P1, P2 e P3 para o setor morfológico do limite superior do pós-praia no setor Norte, por meio da associação da média com o desvio padrão, da média com a assimetria e da média com a curtose.



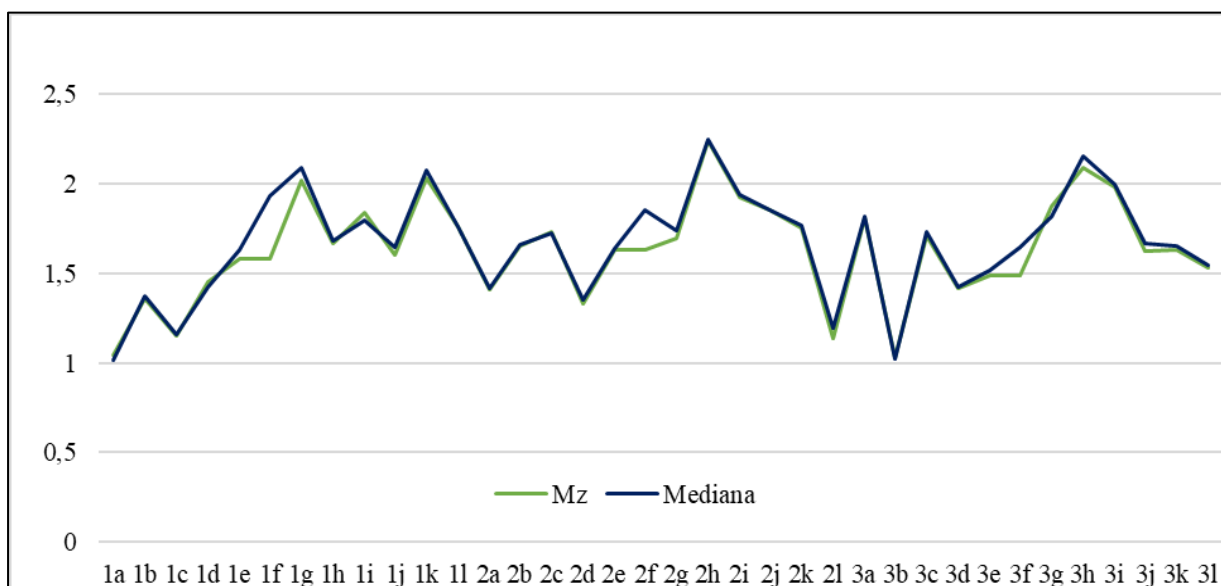
**Figura 94.** Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P1, P2 e P3 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico do limite superior do pós-praia.

Observa-se uma homogeneidade granulométrica ao longo das 12 campanhas, sendo que o P3 apresentou a maior amplitude de assimetria, indicando uma maior variabilidade de misturas de grãos de areia em seu limite superior do pós-praia.

#### 8.4.3.1.2 Pós-praia

A **Figura 95** compara as médias (Mz) com as medianas (Md) de todas as amostras associadas ao setor do pós-praia, identificando que a maioria das amostras se comportam de maneira unimodal com diâmetros modais variando entre 1 e 2  $\Phi$ . É possível observar a presença de algumas amostras de areia fina neste setor com modas superiores a 2  $\Phi$ .

A partir dos dados descritos da **Tabela 30**, é possível indicar as características granulométricas do setor morfológico. O pós-praia do setor Norte se apresenta com médias (Mz) variando entre 1,03 a 2,24  $\Phi$ , tendo suas respectivas medianas (Md) variando entre 1,02 e 2,25  $\Phi$ , atribuindo duas classes de areia ao setor, sendo 89% compostas de areia média (32 amostras) e 11% de areia fina (quatro amostras). O valor médio da média é de 1,66  $\Phi$  e o da mediana é de 1,69  $\Phi$ , ambos, representando a classe areia média.



**Figura 95.** Média e medianas das amostras do pós-praia para os perfis P1, P2 e P3, valores em  $\Phi$ .

Legenda: 1, 2, 3 = perfil, a = campanha 1, b = campanha 2, c = campanha 3..., l = campanha 12.

**Tabela 30.** Planilha granulométrica do pós-praia associada aos perfis P1, P2 e P3 do setor Norte da área de estudo.

Perfil	Campanha	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Class. pred	Ski	Class. pred	Kg	Class. pred
1	1	1a	1,04	AM	1,02	0,58	MS	0,05	AS	0,94	M
	2	1b	1,36	AM	1,38	0,63	MS	-0,04	AS	0,96	M
	3	1c	1,15	AM	1,16	0,51	MS	-0,03	AS	1,03	M
	4	1d	1,45	AM	1,42	0,49	BS	0,05	AS	1,03	M
	5	1e	1,58	AM	1,63	0,43	BS	-0,10	AS	1,07	M
	6	1f	1,58	AM	1,93	0,43	BS	-0,10	AS	1,07	M
	7	1g	2,02	AF	2,09	0,47	BS	-0,21	N	1,05	M
	8	1h	1,67	AM	1,68	0,52	MS	-0,04	AS	1,11	L
	9	1i	1,84	AM	1,79	0,39	BS	0,11	P	1,37	L
	10	1j	1,60	AM	1,65	0,46	BS	-0,12	N	1,07	M
	11	1k	2,04	AF	2,08	0,46	BS	-0,14	N	1,05	M
	12	1l	1,76	AM	1,76	0,51	MS	0,00	AS	0,94	M
<b>Média perfil 1</b>			1,59	AM	1,63	0,49	BS		AS	1,06	M
2	1	2a	1,41	AM	1,42	0,53	MS	-0,02	AS	0,99	M
	2	2b	1,65	AM	1,66	0,52	MS	-0,03	AS	1,04	M
	3	2c	1,73	AM	1,72	0,52	MS	0,02	AS	0,97	M
	4	2d	1,33	AM	1,35	0,52	MS	-0,03	AS	0,94	M
	5	2e	1,63	AM	1,64	0,54	MS	-0,08	AS	0,96	M
	6	2f	1,63	AM	1,86	0,54	MS	-0,08	AS	0,96	M
	7	2g	1,69	AM	1,74	0,58	MS	-0,18	N	0,88	PL
	8	2h	2,24	AF	2,25	0,39	BS	-0,04	AS	1,29	L
	9	2i	1,92	AM	1,94	0,44	BS	-0,15	N	0,92	M
	10	2j	1,86	AM	1,85	0,48	BS	-0,01	AS	0,99	M
	11	2k	1,75	AM	1,77	0,56	MS	-0,07	AS	0,75	PL
	12	2l	1,14	AM	1,19	0,46	BS	-0,04	AS	1,43	L
<b>Média perfil 2</b>			1,67	AM	1,70	0,51	MS		AS	1,01	M
3	1	3a	1,81	AM	1,82	0,59	MS	-0,01	AS	0,97	M
	2	3b	1,03	AM	1,02	0,58	MS	0,02	AS	0,94	M
	3	3c	1,71	AM	1,74	0,55	MS	-0,11	N	0,94	M
	4	3d	1,41	AM	1,42	0,57	MS	-0,01	AS	0,95	M
	5	3e	1,49	AM	1,52	0,46	BS	-0,09	AS	1,01	M
	6	3f	1,49	AM	1,65	0,46	BS	-0,09	AS	1,01	M
	7	3g	1,88	AM	1,82	0,36	BS	0,19	P	1,27	L
	8	3h	2,09	AF	2,15	0,35	MBS	-0,35	MN	1,09	M
	9	3i	1,98	AM	2,00	0,38	BS	-0,13	N	0,88	PL
	10	3j	1,62	AM	1,67	0,48	BS	-0,13	N	1,12	L
	11	3k	1,63	AM	1,65	0,57	MS	-0,09	AS	0,96	M
	12	3l	1,53	AM	1,54	0,56	MS	-0,04	AS	0,97	M
<b>Média perfil 3</b>			1,64	AM	1,67	0,49	MS		AS	1,01	M
<b>Média setor Norte Pós-praia</b>			1,66	AM	1,69	0,49	MS		AS	1,03	M

Legenda : Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

O desvio padrão médio é de 0,49  $\Phi$  (moderadamente selecionado), variando entre 0,35 e 0,63  $\Phi$ , classificando 53% das amostras (19 unidades) como moderadamente



selecionadas, 16 amostras bem selecionadas (44%) e uma amostra muito bem selecionada (3%).

A assimetria variou entre -0,35 (muito negativa) e 0,19 (positiva), sendo 25 amostras aproximadamente simétricas (69%), oito amostras negativas (25%) e uma amostra muito negativa (3%).

O valor médio da curtose é de 1,03 (mesocúrtica), variando entre 0,75 e 1,43, acarretando o predomínio da classificação mesocúrtica em 75% das amostras (27 unidades), seis amostras leptocúrticas (17%) e três amostras platicúrticas (8%).

A Tabela 30 traz também os valores médios encontradas para a granulometria do pós-praia de cada um dos três perfis.

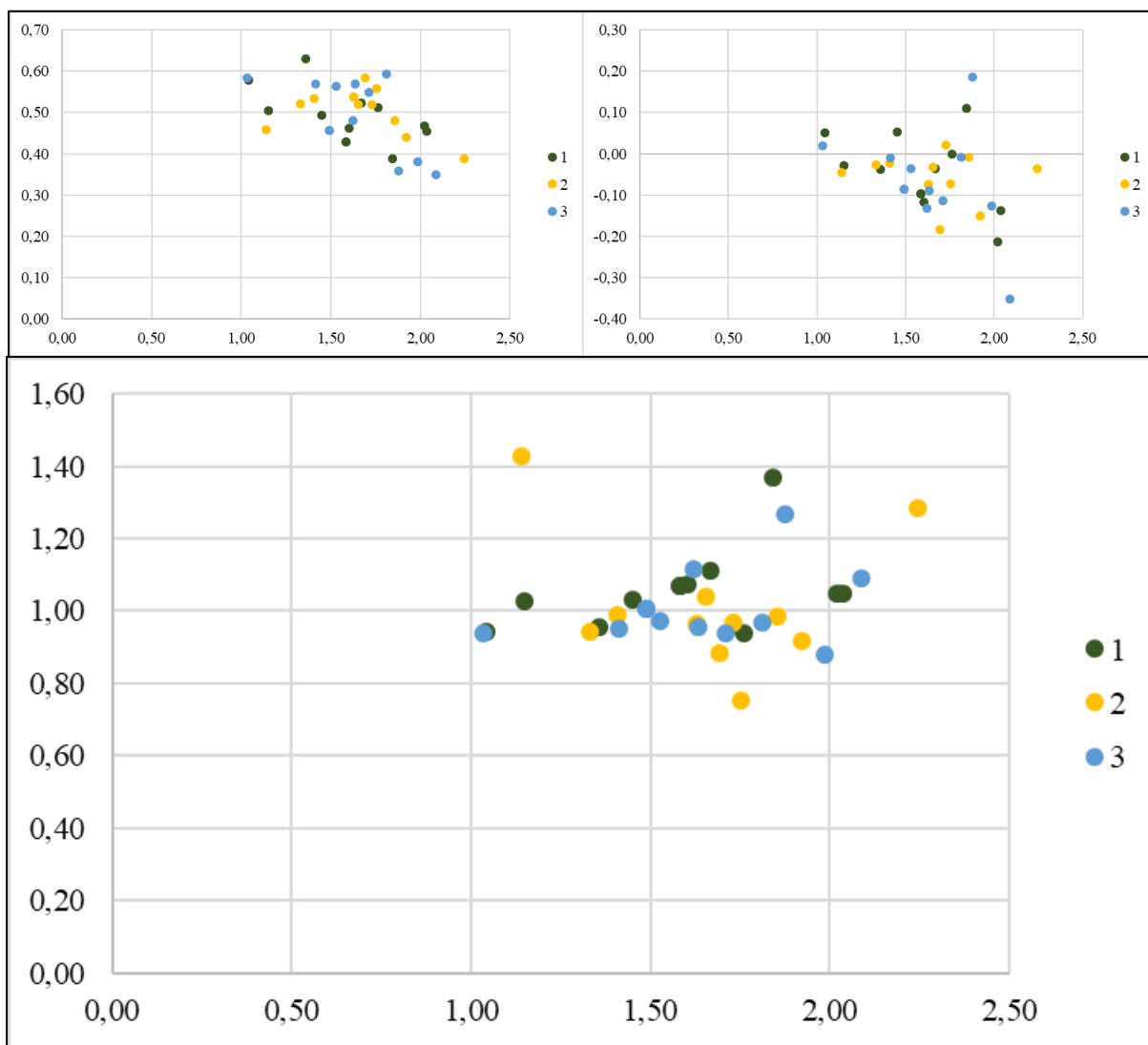
O P1 se caracteriza por média e mediana com valores de 1,59 e 1,63  $\Phi$ , respectivamente, resultando na presença de areia média em 75% dos casos (10 amostras) e duas amostras de areia fina (25%). O desvio padrão associado é de 0,49 (moderadamente selecionado), com 58% das amostras classificadas como bem selecionadas (sete unidades) e 42% como moderadamente selecionadas (cinco unidades). A assimetria varia entre 0,05 (aproximadamente simétrica) e -0,21 (negativa), resultando em oito amostras aproximadamente simétricas (67%), três amostras negativas e uma amostra positiva. A curtose é de 1,06 (mesocúrtica), totalizando 83% de amostras mesocúrticas (10 unidades) e 17% de amostras leptocúrticas (duas unidades).

O P2 se caracteriza por média e mediana 1,67 e 1,70  $\Phi$ , respectivamente, resultando na presença de areia média em 92% da população do perfil (11 amostras) e uma amostra de areia fina (8%). O desvio padrão associado é de 0,51 (moderadamente selecionado), com 67% das amostras classificadas como moderadamente selecionadas (oito unidades) e quatro amostras classificadas como bem selecionadas (33%). A assimetria varia entre 0,02 (aproximadamente simétrica) e -0,18 (negativa), com 10 amostras aproximadamente simétricas (83%) e duas amostras negativas (17%). A curtose é de 1,01 (mesocúrtica), totalizando oito amostras mesocúrticas (67%), duas amostras platicúrticas (17%) e duas amostras leptocúrticas (16%).

O P3 se caracteriza por média e mediana de 1,64 e 1,67  $\Phi$ , respectivamente, resultando na presença de areia média em 92% da população do perfil (11 amostras) e uma amostra de areia fina (8%). O desvio padrão associado é de 0,49 (moderadamente selecionado), com 50% das amostras classificadas como moderadamente selecionadas (seis unidades), cinco amostras bem selecionadas e uma amostra muito bem selecionada. A assimetria varia entre 0,19 (positiva) e -0,35 (muito negativa), com sete amostras aproximadamente simétricas (58%), três amostras negativas, uma amostra positiva e uma amostra muito negativa. A curtose é de 1,01 (mesocúrtica), totalizando nove amostras mesocúrticas (75%), duas amostras leptocúrticas e uma amostra platicúrtica.

Deste modo, as características granulométricas que melhor representam o setor geográfico Norte, no setor morfológico do pós-praia são: média de 1,66  $\Phi$ , mediana de 1,69  $\Phi$ , areia média, grãos moderadamente selecionados (0,49  $\Phi$ ), aproximadamente simétricos e mesocúrticos (1,03).

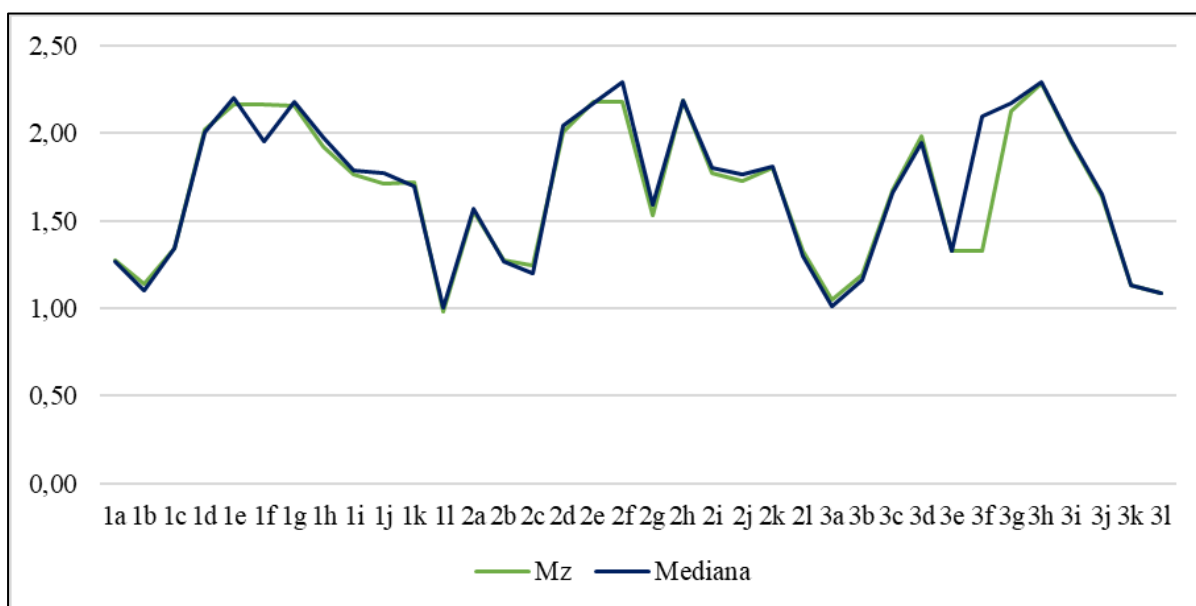
A **Figura 96** ilustra a distribuição das amostras do P1, P2 e P3 para o setor morfológico do pós-praia no setor Norte, por meio da associação da média com o desvio padrão, da média com a assimetria e da média com a curtose. O setor do pós-praia no P3 apresentou as maiores amplitudes de assimetria, indicando uma alta variabilidade da composição das classes de areia no setor. O P1 é o que mais contribui para a presença de areias finas no setor do pós-praia.



**Figura 96.** Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P1, P2 e P3 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico do pós-praia.

#### 8.4.3.1.3 Face praial

A **Figura 97** compara as médias ( $Mz$ ) com as medianas ( $Md$ ) de todas as amostras associadas ao setor da face praial, identificando que a maioria das amostras se comportam de maneira unimodal com diâmetros modais variando entre 1 e 2  $\Phi$ . É possível observar a presença de algumas amostras de areia fina neste setor com modas superiores a 2  $\Phi$ .



**Figura 97.** Média e medianas das amostras da face praial para os perfis P1, P2 e P3, valores em  $\Phi$ .

Legenda: 1, 2, 3 = perfil, a = campanha 1, b = campanha 2, c = campanha 3..., l = campanha 12.

A partir dos dados descritos da **Tabela 31**, é possível indicar as características granulométricas do setor morfológico. A face praial do setor Norte se apresenta com médias (Mz) variando entre 0,98 a 2,24  $\Phi$ , tendo suas respectivas medianas (Md) variando entre 1,01 e 2,29  $\Phi$ . A maior representatividade encontrada foi de areia média, com 28 amostras (72%), seguido de nove amostras de areia fina (25%) e uma amostra de areia grossa (3%). O valor médio da média é de 1,67  $\Phi$  e o da mediana é de 1,69  $\Phi$ , ambos representando a classe areia média.

O desvio padrão médio é de 0,51  $\Phi$  (moderadamente selecionado), variando entre 0,34 e 0,71  $\Phi$ , classificando 61% das amostras (22 unidades), como moderadamente selecionadas, seguido de 13 amostras bem selecionadas e uma amostra muito bem selecionada.

A assimetria variou entre -0,21 (negativa) e 0,11 (positiva), sendo 22 amostras aproximadamente simétricas (61%), 10 amostras negativas e quatro amostras positivas.

O valor médio da curtose é de 0,97 (mesocúrtica), variando entre 0,72 e 1,30, acarretando o predomínio da classificação mesocúrtica em 67% das amostras (24 unidades), 10 amostras platicúrticas e duas amostras leptocúrticas.

**Tabela 31.** Planilha granulométrica da face praial associada aos perfis P1, P2 e P3 do setor Norte da área de estudo.

Perfil	Campanha	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Class. pred	Ski	Class. pred	Kg	Class. pred
1	1	1a	1,27	AM	1,27	0,51	MS	0,03	AS	1,02	M
	2	1b	1,14	AM	1,10	0,59	MS	0,11	P	1,08	M
	3	1c	1,34	AM	1,34	0,53	MS	0,04	AS	1,03	M
	4	1d	2,02	AF	2,01	0,41	BS	0,11	P	0,91	M
	5	1e	2,16	AF	2,20	0,34	MS	-0,12	N	1,30	L
	6	1f	2,16	AF	1,95	0,34	MBS	-0,12	N	1,30	L
	7	1g	2,16	AF	2,18	0,56	MS	-0,11	N	0,90	M
	8	1h	1,92	AM	1,97	0,50	BS	-0,13	N	0,93	M
	9	1i	1,77	AM	1,79	0,50	MS	-0,12	N	1,00	M
	10	1j	1,72	AM	1,77	0,71	MS	-0,11	N	0,87	PL
	11	1k	1,72	AM	1,70	0,49	BS	0,07	AS	0,72	PL
	12	1l	0,98	AG	1,01	0,47	BS	-0,03	AS	1,09	M
<b>Média perfil 1</b>			1,70	AM	1,69	0,50	MS		N	1,01	M
2	1	2a	1,56	AM	1,57	0,55	MS	-0,05	AS	0,98	M
	2	2b	1,27	AM	1,27	0,56	MS	0,02	AS	0,98	M
	3	2c	1,25	AM	1,20	0,69	MS	0,09	AS	0,89	M
	4	2d	2,01	AM	2,05	0,38	BS	-0,21	N	0,89	PL
	5	2e	2,18	AF	2,17	0,45	BS	0,03	AS	0,87	PL
	6	2f	2,18	AF	2,29	0,45	BS	0,03	AS	0,87	PL
	7	2g	1,54	AM	1,59	0,44	BS	-0,17	N	1,04	M
	8	2h	2,19	AF	2,19	0,50	MS	-0,03	AS	0,85	PL
	9	2i	1,77	AM	1,81	0,51	MS	-0,13	N	0,81	PL
	10	2j	1,73	AM	1,77	0,55	MS	-0,17	N	1,02	M
	11	2k	1,81	AM	1,81	0,56	MS	0,01	AS	0,88	PL
	12	2l	1,33	AM	1,30	0,63	MS	0,11	P	0,92	M
<b>Média perfil 2</b>			1,73	AM	1,75	0,52	MS		AS	0,92	M/PL
3	1	3a	1,05	AM	1,01	0,52	MS	0,11	P	1,04	M
	2	3b	1,19	AM	1,16	0,57	MS	0,07	AS	0,97	M
	3	3c	1,67	AM	1,66	0,53	MS	0,02	AS	0,99	M
	4	3d	1,99	AM	1,95	0,48	BS	0,10	AS	0,99	M
	5	3e	1,33	AM	1,33	0,66	MS	0,00	AS	0,87	PL
	6	3f	1,33	AM	2,09	0,66	MS	0,00	AS	0,87	PL
	7	3g	2,13	AF	2,17	0,39	BS	-0,09	AS	1,06	M
	8	3h	2,28	AF	2,29	0,45	BS	-0,04	AS	0,83	PL
	9	3i	1,95	AM	1,96	0,41	BS	-0,13	N	0,92	M
	10	3j	1,64	AM	1,65	0,54	MS	-0,07	AS	1,00	M
	11	3k	1,14	AM	1,13	0,60	MS	0,02	AS	1,10	M
	12	3l	1,09	AM	1,09	0,50	BS	0,01	AS	0,99	M
<b>Média perfil 3</b>			1,56	AM	1,63	0,52	MS		AS	0,97	M
<b>Média setor Norte face praial</b>			1,67	AM	1,69	0,51	MS		AS	0,97	M

Legenda: Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

A Tabela 31 traz também os valores médios encontradas para a granulometria do pós-praia de cada um dos três perfis.

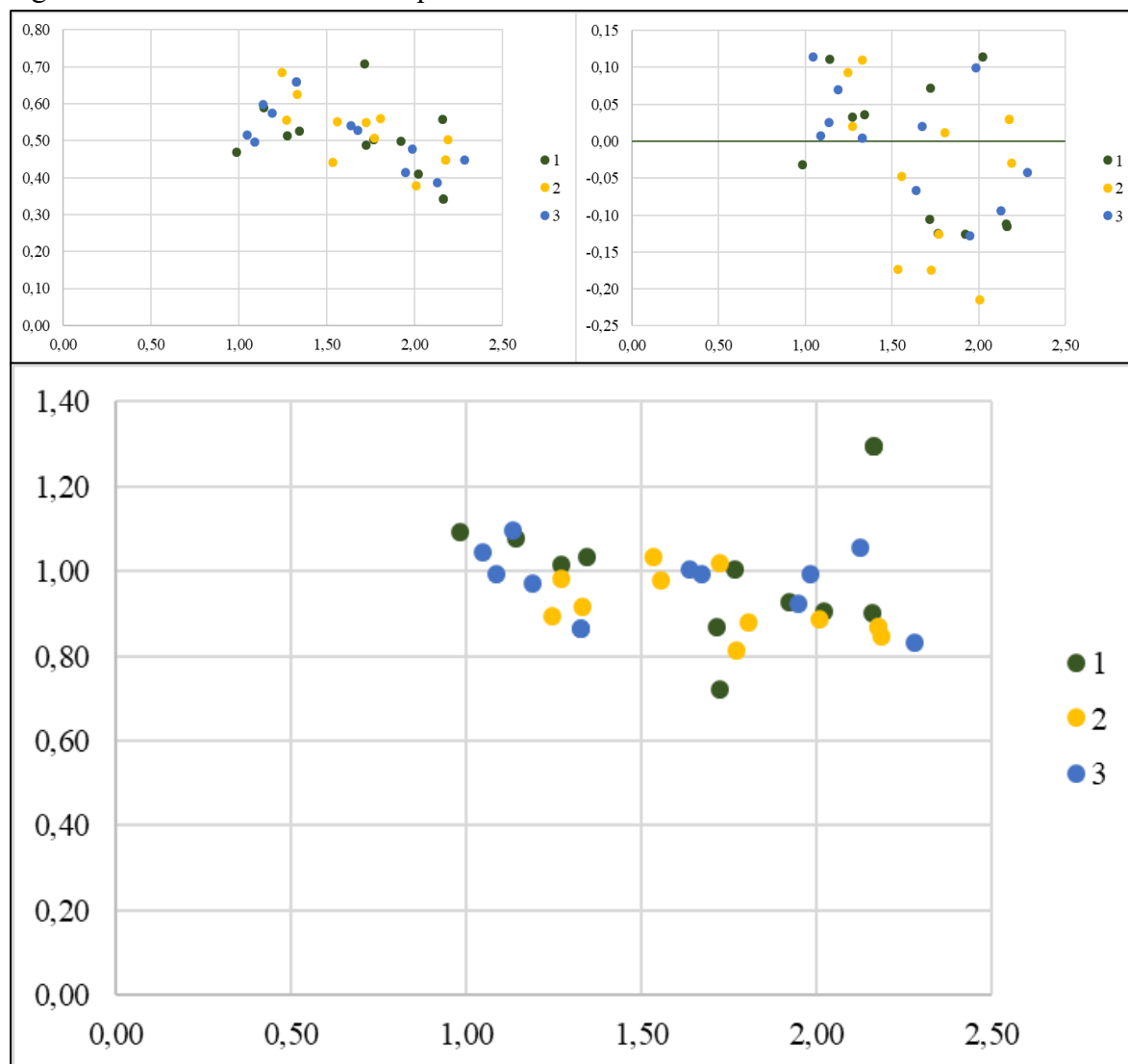
O P1 se caracteriza por média e mediana com valores de 1,70 e 1,69  $\Phi$ , respectivamente, resultando na presença de areia média em sete amostras, quatro amostras com areia fina e uma amostra com areia grossa. O desvio padrão associado é de 0,50 (moderadamente selecionado), com sete amostras classificadas como moderadamente selecionadas, quatro amostras bem selecionadas e uma amostra muito bem selecionada. A assimetria varia entre 0,11 (positiva) e -0,13 (negativa), resultando em seis amostras negativas, seguido de quatro amostras aproximadamente simétricas e duas amostras positivas. A curtose é de 1,01 (mesocúrtica), totalizando oito amostras mesocúrticas, seguido de duas amostras leptocúrticas e duas amostras platicúrticas.

O P2 se caracteriza por média e mediana com valores de 1,73 e 1,75  $\Phi$ , respectivamente, resultando na presença de areia média em nove amostras e três amostras de areia fina. O desvio padrão associado é de 0,52 (moderadamente selecionado), com oito amostras classificadas como moderadamente selecionadas e quatro amostras classificadas como bem selecionadas. A assimetria varia entre 0,11 (positiva) e -0,21 (negativa), com sete amostras aproximadamente simétricas, quatro amostras negativas e uma amostra positiva. A curtose é de 0,92 (mesocúrtica), totalizando seis amostras mesocúrticas e seis amostras platicúrticas.

O P3 se caracteriza por média e mediana de 1,67 e 1,69  $\Phi$ , respectivamente, resultando na presença de areia média em 10 amostras e areia fina em duas amostras. O desvio padrão associado é de 0,51 (moderadamente selecionado), com oito amostras classificadas como moderadamente selecionadas e quatro amostras bem selecionadas. A assimetria varia entre 0,11 (positiva) e -0,13 (negativa), com 10 amostras aproximadamente simétricas, uma amostra positiva e uma amostra negativa. A curtose é de 0,97 (mesocúrtica), totalizando nove amostras mesocúrticas e três amostras platicúrticas.

Sendo assim, as características granulométricas que melhor representam o setor geográfico Norte, no setor morfológico da face praial são: média de 1,67  $\Phi$ , mediana de 1,69  $\Phi$ , areia média, grãos moderadamente selecionados (0,51  $\Phi$ ), aproximadamente simétricos e mesocúrticos (1,03).

A **Figura 98** ilustra a distribuição das amostras do P1, P2 e P3 para o setor morfológico da face praial no setor Norte, por meio da associação da média com o desvio padrão, da média com a assimetria e da média com a curtose. Representa um setor bastante homogêneo no quesito distribuição granulométrica, com presença um pouco mais significativa de areia fina se comparado aos outros setores.



**Figura 98.** Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P1, P2 e P3 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico da face praial.

#### 8.4.3.2 Setor Sul

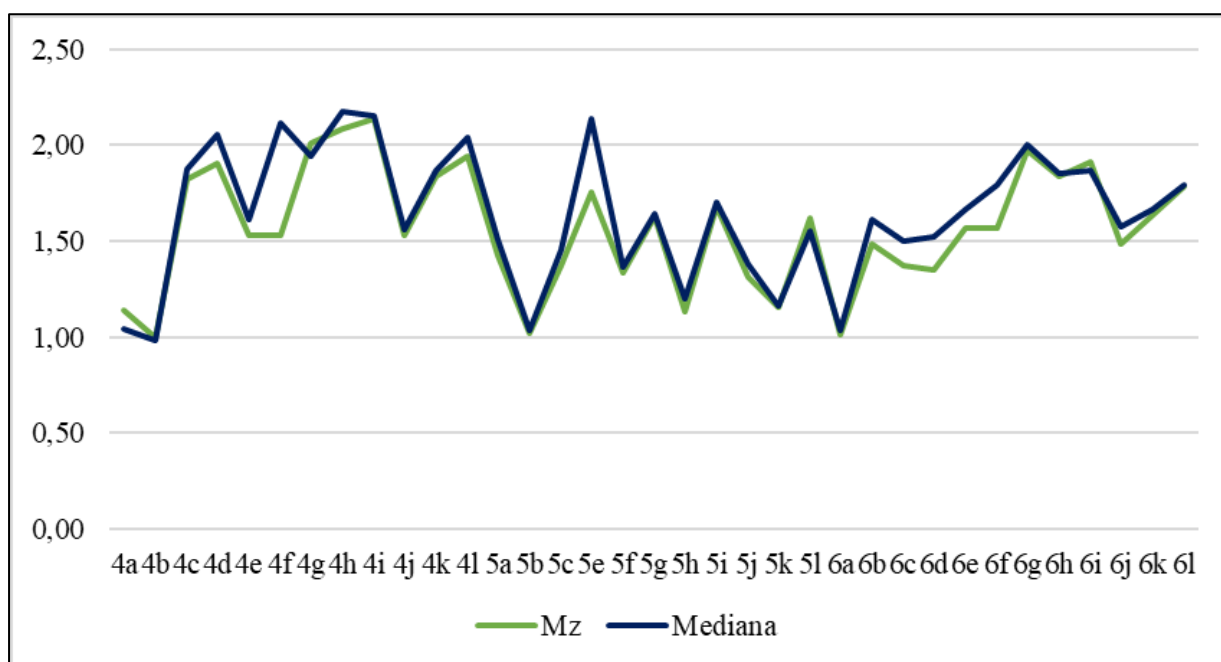
Este setor representa a região mais antropizada da área de estudo com uma intensa ocupação da região frontal das dunas, dunas frontais e campo de dunas. A população total

deste setor conta com  $N = 105$  amostras, sendo 72 amostras referentes aos perfis P4 e P6 e 33 amostras do P5.

#### 8.4.3.2.1 Limite superior do pós-praia

A **Figura 99** demonstra a relação entre as médias ( $Mz$ ) e as medianas ( $Md$ ) obtidas para as 35 amostras granulométricas do limite superior do pós-praia do setor Sul, assumindo como característica do setor, a unimodalidade da maioria das amostras. Os valores de  $Mz$  e  $Md$  mais representativos estão no intervalo da areia média ( $1,01$  a  $2 \Phi$ ).

A partir da compilação de todos os dados na **Tabela 32**, é possível identificar que a média varia entre  $1,00$  e  $2,14 \Phi$ , com as respectivas medianas entre  $0,98$  e  $2,18 \Phi$ . O valor médio da média é de  $1,66 \Phi$  e da mediana de  $1,73 \Phi$ , ambos representando a classe areia média, predominante em 89% dos casos (31 amostras), seguido da areia fina e areia grossa com três amostras e uma amostra, respectivamente.



**Figura 99.** Médias e medianas em  $\Phi$  das amostras do limite superior do pós-praia para os perfis P4, P5 e P6.

Legenda: 4, 5 e 6 = perfil, a = campanha 1, b = campanha 2, c = campanha 3..., l = campanha 12.



**Tabela 32.** Planilha granulométrica do setor morfológico do limite superior do pós-praia, associado aos perfis P4, P5 e P6 do setor Sul.

Perfil	Campanha	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Classe	Ski	Classif.	Kg	Classif.
4	1	4a	1,14	AM	1,046	1,06	PS	0,12	P	0,76	L
	2	4b	1,00	AG	0,9836	0,84	MS	0,04	AS	0,84	L
	3	4c	1,82	AM	1,873	0,63	MS	-0,13	N	1,02	M
	4	4d	1,91	AM	2,056	0,60	MS	-0,41	MN	1,13	M
	5	4e	1,53	AM	1,61	0,53	MS	-0,20	N	1,14	L
	6	4f	1,53	AM	2,118	0,82	MS	-0,20	N	1,14	L
	7	4g	2,01	AF	1,946	0,48	BS	0,14	P	1,06	M
	8	4h	2,09	AF	2,178	0,53	MS	-0,32	MN	1,47	L
	9	4i	2,14	AF	2,15	0,56	MS	-0,12	N	1,12	L
	10	4j	1,53	AM	1,558	0,78	MS	-0,06	AS	1,02	M
	11	4k	1,83	AM	1,865	0,65	MS	-0,09	AS	1,06	M
	12	4l	1,95	AM	2,043	0,56	MS	-0,19	N	0,93	M
<b>Média perfil 4</b>			1,71	AM	1,79	0,67	MS		N	1,06	M/L
5	1	5a	1,42	AM	1,50	0,77	MS	-0,15	N	1,01	M
	2	5b	1,02	AM	1,03	0,62	MS	-0,02	AS	0,90	PL
	3	5c	1,38	AM	1,45	0,67	MS	-0,13	N	1,05	M
	5	5e	1,75	AM	2,14	0,96	MS	-0,54	MN	1,12	L
	6	5f	1,33	AM	1,36	0,59	MS	-0,02	AS	1,00	M
	7	5g	1,63	AM	1,64	0,64	MS	-0,05	AS	1,13	L
	8	5h	1,13	AM	1,20	0,68	MS	-0,16	N	0,85	PL
	9	5i	1,68	AM	1,71	0,52	MS	-0,05	AS	1,44	L
	10	5j	1,31	AM	1,38	0,61	MS	-0,16	N	0,99	M
	11	5k	1,16	AM	1,17	0,68	MS	0,01	AS	1,16	L
	12	5l	1,62	AM	1,55	0,65	MS	0,06	AS	0,98	M
	<b>Média perfil 5</b>			1,40	AM	1,47	0,67	MS		AS	1,06
6	1	6a	1,01	AM	1,04	0,80	MS	-0,03	AS	0,80	PL
	2	6b	1,49	AM	1,62	0,74	MS	-0,27	N	1,04	M
	3	6c	1,37	AM	1,50	0,79	MS	-0,24	N	0,92	M
	4	6d	1,35	AM	1,52	0,72	MS	-0,30	N	1,00	M
	5	6e	1,57	AM	1,67	0,58	MS	-0,21	N	1,28	L
	6	6f	1,57	AM	1,79	0,58	MS	-0,21	N	1,28	L
	7	6g	1,97	AM	2,00	0,50	MS	-0,16	N	1,13	L
	8	6h	1,84	AM	1,86	0,49	BS	-0,16	N	1,08	M
	9	6i	1,92	AM	1,87	0,48	BS	0,10	AS	1,15	L
	10	6j	1,48	AM	1,57	0,63	MS	-0,20	N	1,09	M
	11	6k	1,64	AM	1,67	0,55	MS	-0,11	N	1,11	M
	12	6l	1,79	AM	1,79	0,53	MS	-0,02	AS	1,15	L
<b>Médias perfil 6</b>			1,58	AM	1,66	0,62	MS		N	1,08	M
<b>Média setor Sul LSPP</b>			1,66	AM	1,73	0,69	MS		N	1,13	M

Legenda : LSPP = Limite superior do pós-praia; Mz = média ( $\Phi$ ); Md = mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

O desvio padrão varia entre 0,48 e 1,06  $\Phi$ , com valor médio de 0,69  $\Phi$ , correspondendo à classe moderadamente selecionado, resultando em 31 amostras moderadamente selecionadas, (89%), seguido de três amostras bem selecionadas e uma amostra pobremente selecionada. A assimetria varia entre 0,14 (positiva) e -0,54 (negativa),

totalizando 18 amostras negativas (51%), seguido de 12 amostras aproximadamente simétricas, três amostras muito negativas e duas amostras positivas. O valor médio da curtose é de 1,13, oscilando entre 0,76 e 1,47, com predomínio de amostras mesocúrticas (49%) (17 amostras), seguido de 15 amostras leptocúrticas e três amostras platicúrticas.

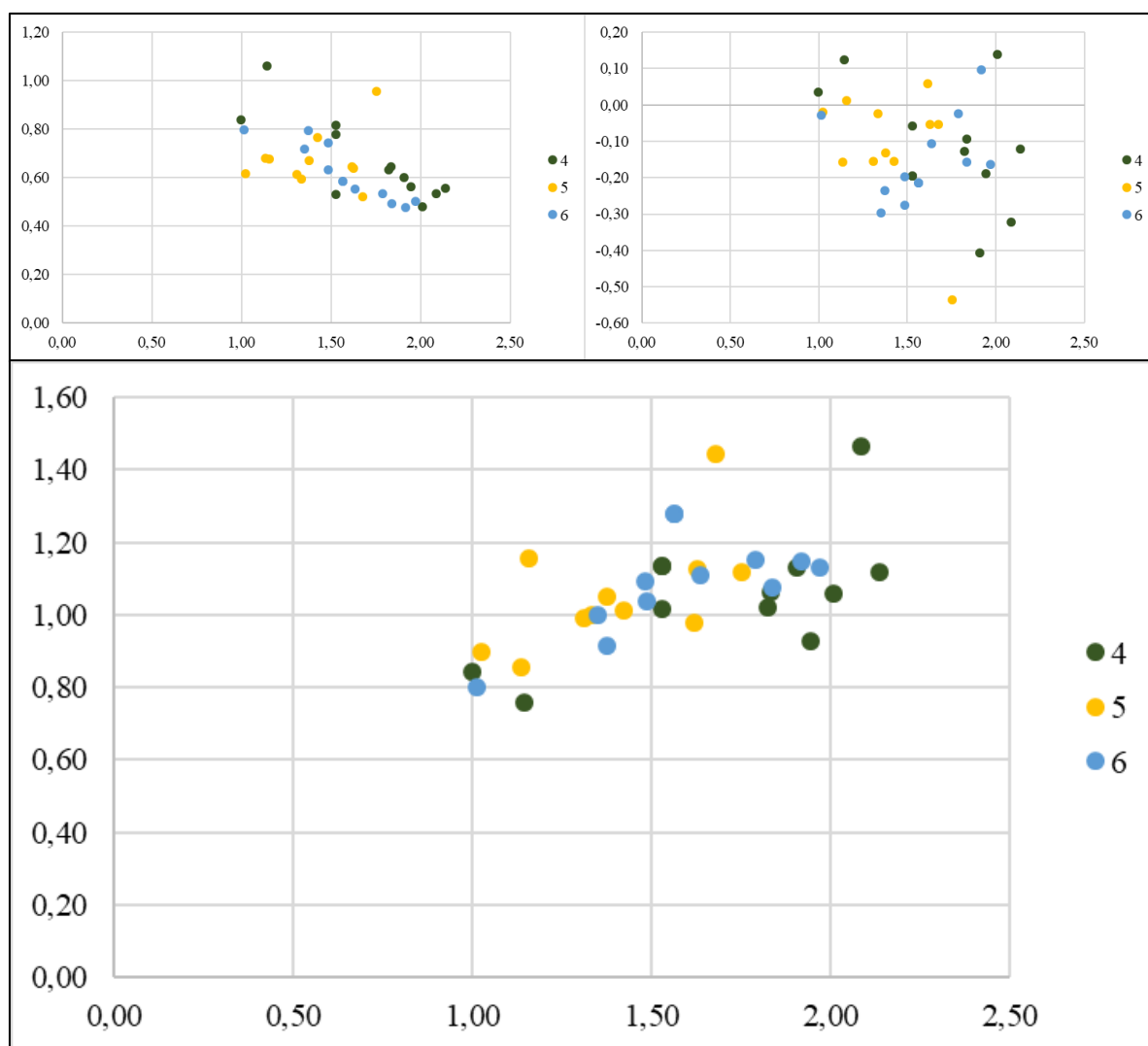
O setor morfológico do limite superior do pós-praia no P4 apresenta valor médio de média e mediana de 1,71 e 1,79  $\Phi$ , respectivamente, com predomínio de areia média (67%), correspondendo a oito amostras. Também se observou a presença de três amostras de areia fina e uma amostra de areia grossa. O desvio padrão médio é de 0,67  $\Phi$  (moderadamente selecionado), com 10 amostras de grau moderadamente selecionado (83%), seguido de uma amostra pobremente selecionada e uma amostra bem selecionada. A assimetria varia entre 0,12 (positiva) e -0,41 (muito negativa), com predomínio de amostras negativas (cinco unidades), seguido de três amostras aproximadamente simétricas, duas amostras muito negativas e duas amostras positivas. O valor médio da curtose é de 1,06 (mesocúrtica), com 50% das amostras mesocúrticas (seis amostras) e 50% leptocúrticas (seis amostras).

No P5, o limite superior do pós-praia conta com valor médio da média e da mediana de 1,40 e 1,47  $\Phi$ , respectivamente, com 100% de areia média. O desvio padrão médio é de 0,67  $\Phi$  (moderadamente selecionado), respondendo por 11 amostras (100%) moderadamente selecionadas. A assimetria varia entre 0,06 (aproximadamente simétrica) e -0,54 (muito negativa), predominando amostras aproximadamente simétricas em 55% dos casos (seis amostras), seguido de quatro amostras negativas e uma muito negativa. O valor médio da curtose é de 1,06 (mesocúrtica), totalizado 55% de amostras mesocúrticas (cinco unidades), seguido de quatro amostras leptocúrticas e duas amostras platicúrticas

O P6 apresenta valor médio da média e da mediana de 1,58 e 1,66  $\Phi$ , respectivamente, com 100% de areia média. O desvio padrão médio é de 0,62  $\Phi$  (moderadamente selecionado), com 10 amostras (83%) moderadamente selecionadas, seguido de duas amostras bem selecionadas. A assimetria varia entre 0,10 (aproximadamente simétrica) e 0,30 (negativa), com o predomínio de amostras negativas em 75% dos casos (nove unidades), seguido de três amostras aproximadamente simétricas. O valor médio da curtose é de 1,08 (mesocúrtica), acarretando na presença de seis amostras com distribuição mesocúrtica (50%), seguido de cinco amostras leptocúrticas e uma amostra platicúrtica.

De maneira geral, os valores associados ao setor do limite superior do pós-praia do setor geográfico Sul são:  $Mz$  de 1,66  $\Phi$  (areia média),  $Md$  de 1,73  $\Phi$  (areia média), desvio padrão de 0,62  $\Phi$  (moderadamente selecionado), assimetria negativa e curtose de 1,13 com distribuição mesocúrtica.

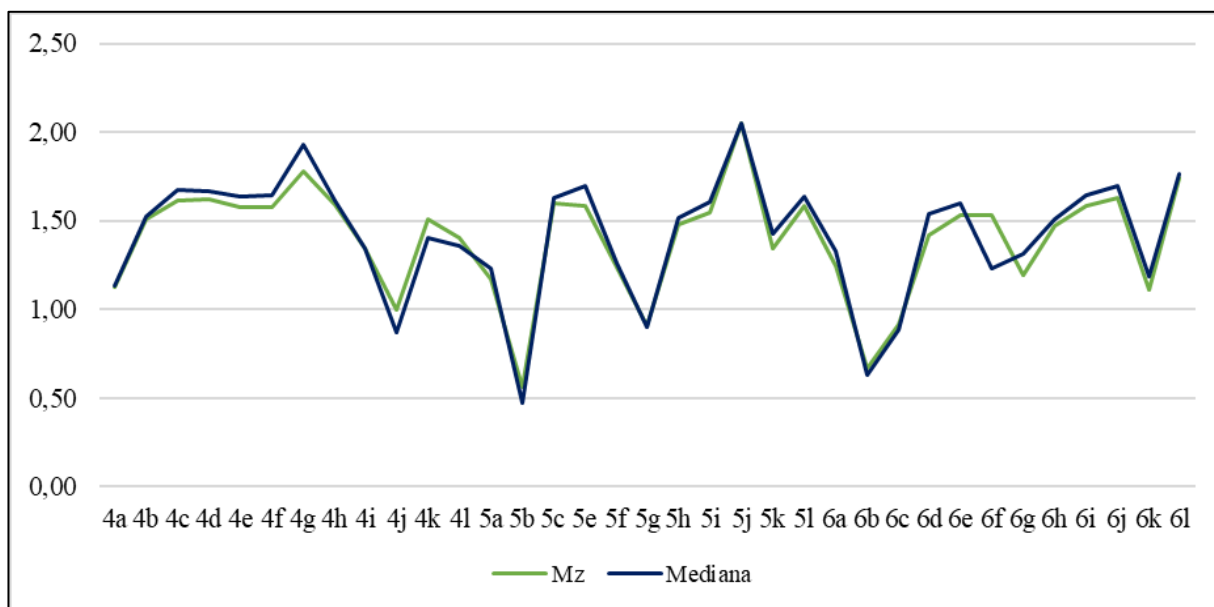
As amostras deste setor morfológico se comportam de maneira muito semelhante ao longo dos perfis P4, P5 e P6 (**Figura 100**). O P4 apresentou amostras assimétricas com mistura de sedimento mais grosso, além da presença de areia fina.



**Figura 100.** Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P4, P5 e P6 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico do limite superior do pós-praia.

### 8.4.3.2.2 Pós-praia

A relação de coincidência das médias (Mz) e medianas (Md) encontradas para as 35 amostras do setor morfológico do pós-praia (**Figura 101**), permite aferir a predominância de amostras unimodais, com valores entre 1 e 1,5  $\Phi$ .



**Figura 101.** Médias e medianas das amostras do pós-praia para os perfis P4, P5 e P6. Valores em  $\Phi$ .

Legenda: 4, 5 e 6 = perfil, a = campanha 1, b = campanha 2, c = campanha 3.... l = campanha 12.

Os resultados encontrados para o setor do pós-praia, a partir da compilação dos dados dos perfis P4, P5 e P6 estão expostos na **Tabela 33** e indicam ao setor suas principais características granulométricas. Os valores associados ao máximo e mínimo encontrados para a média (Mz) e mediana (Md) foram de 2,05 e 0,56  $\Phi$  (Mz) e 2,05 e 0,47  $\Phi$  (Md) com os seus respectivos valores médios na casa de 1,47  $\Phi$ (Mz) e 1,50  $\Phi$ (Md). Observa-se o predomínio da classe areia média em 83% da população (29 amostras), seguido de cinco amostras de areia grossa e uma amostra de areia fina.

**Tabela 33.** Planilha granulométrica do setor morfológico do pós-praia, associado aos perfis P4, P5 e P6 do setor Sul.

Perfil	Amostras	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Classe	Ski	Classif.	Kg	Classif.
4	1	4a	1,12	AM	1,13	0,71	MS	0,02	AS	0,92	M
	2	4b	1,51	AM	1,53	0,54	MS	-0,03	AS	1,08	M
	3	4c	1,61	AM	1,68	0,73	MS	-0,15	N	1,17	L
	4	4d	1,62	AM	1,67	0,69	MS	-0,10	N	1,17	L
	5	4e	1,58	AM	1,64	0,55	MS	-0,19	N	1,12	L
	6	4f	1,58	AM	1,65	0,55	MS	-0,19	N	1,12	L
	7	4g	1,78	AM	1,93	0,73	MS	-0,37	MN	1,18	L
	8	4h	1,59	AM	1,62	0,61	MS	-0,05	AS	1,06	M
	9	4i	1,34	AM	1,34	0,52	MS	0,01	AS	1,03	M
	10	4j	1,00	AG	0,87	0,76	MS	0,27	P	1,03	M
	11	4k	1,51	AM	1,40	0,67	MS	0,10	P	1,01	M
	12	4l	1,40	AM	1,35	0,69	MS	0,05	AS	1,07	M
<b>Média perfil 4</b>			1,47	AM	1,48	0,65	MS		AS	1,08	M
5	1	5a	1,17	AM	1,23	0,67	MS	-0,12	N	0,89	PL
	2	5b	0,56	AG	0,47	0,69	MS	0,21	P	0,93	M
	3	5c	1,60	AM	1,63	0,44	BS	-0,06	AS	1,03	M
	5	5e	1,58	AM	1,70	0,63	MS	-0,19	N	1,04	M
	6	5f	1,24	AM	1,26	0,70	MS	-0,05	AS	0,92	M
	7	5g	0,91	AG	0,90	0,68	MS	0,00	AS	0,88	PL
	8	5h	1,48	AM	1,52	0,48	BS	-0,17	N	1,07	M
	9	5i	1,54	AM	1,60	0,50	MS	-0,17	N	1,08	M
	10	5j	2,05	AF	2,05	0,52	MS	-0,04	AS	1,03	M
	11	5k	1,35	AM	1,43	0,72	MS	-0,14	N	0,94	M
	12	5l	1,58	AM	1,64	0,68	MS	-0,11	N	1,10	M
	<b>Média perfil 5</b>			1,37	AM	1,40	0,61	MS		N	0,99
6	1	6a	1,24	AM	1,33	0,79	MS	-0,12	N	0,77	PL
	2	6b	0,67	AG	0,63	0,66	MS	0,09	AS	0,87	PL
	3	6c	0,91	AG	0,88	0,77	MS	0,04	AS	0,82	PL
	4	6d	1,42	AM	1,54	0,70	MS	-0,24	N	1,01	M
	5	6e	1,53	AM	1,60	0,56	MS	-0,22	N	1,14	L
	6	6f	1,53	AM	1,23	0,56	MS	-0,22	N	1,14	L
	7	6g	1,19	AM	1,31	0,71	MS	-0,22	N	0,88	PL
	8	6h	1,47	AM	1,51	0,43	BS	-0,19	N	0,94	M
	9	6i	1,59	AM	1,64	0,55	MS	-0,16	N	1,11	M
	10	6j	1,63	AM	1,70	0,51	MS	-0,23	N	1,36	L
	11	6k	1,11	AM	1,18	0,65	MS	-0,12	N	1,19	L
	12	6l	1,74	AM	1,77	0,58	MS	-0,11	N	1,16	L
<b>Média perfil 6</b>			1,34	AM	1,36	0,62	MS		N	1,03	L
<b>Média setor Sul Pós-praia</b>			1,47	AM	1,50	0,66	MS		N	1,09	M

Legenda : Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

O desvio padrão das amostras varia entre 0,47 e 0,79  $\Phi$ , com valor médio de 0,66  $\Phi$ , representado por 32 amostras (91%) moderadamente selecionadas, seguido de três amostras bem selecionadas (9%). A assimetria apresenta variação entre 0,27 (positiva) e -0,37 (muito negativa), totalizando 20 amostras negativas (57%), 11 amostras aproximadamente

simétricas (31%), três amostras positivas (9%) e uma amostra muito negativa (6%). A curtose tem valor médio de 1,09 (mesocúrtica), oscilando entre 0,77 e 1,36, resultando em 19 amostras mesocúrticas (54%), 10 amostras leptocúrticas (29%) e seis amostras platicúrticas (17%).

A **Tabela 33** ilustra também a contribuição de cada perfil para a caracterização do setor do pós-praia no limite geográfico Sul.

O P4 apresenta valores médios de média (Mz) e mediana (Md) de 1,47 e 1,48  $\Phi$ , quase totalmente composto de areia média (92%) (11 amostras) e uma amostra de areia grossa. O desvio padrão é de 0,65  $\Phi$ , representando 100% de amostras moderadamente selecionadas. A assimetria varia entre 0,27 (positiva) e -0,37 (muito negativa), resultando em 42% de amostras aproximadamente simétricas (cinco amostras), quatro amostras negativas, duas amostras positivas e uma amostra muito negativa. O valor médio da curtose é de 1,08 (mesocúrtica), cuja distribuição predominante é mesocúrtica (58%) (sete amostras) e cinco amostras leptocúrticas.

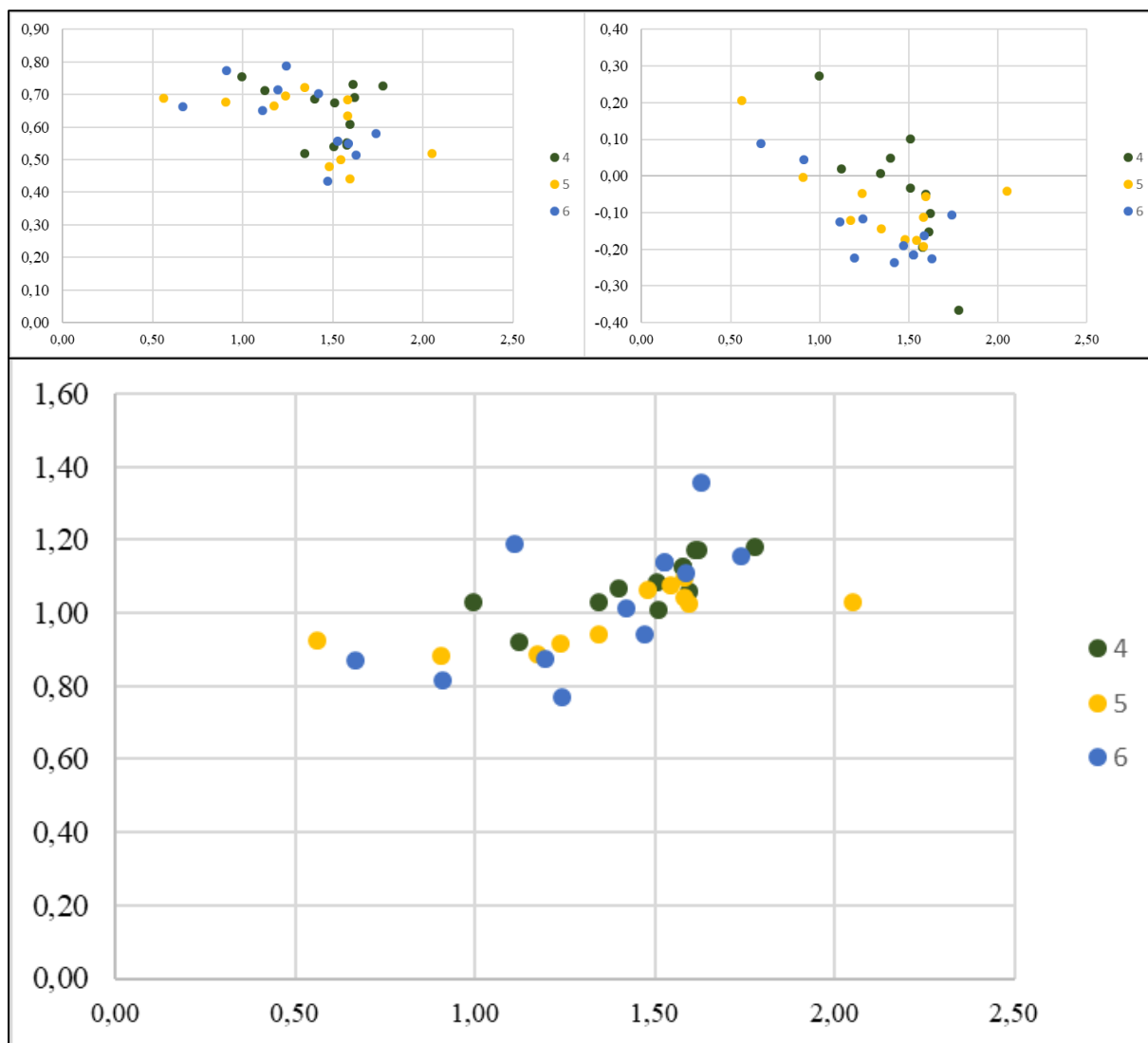
O P5 apresenta valores médios de média (Mz) e mediana (Md) de 1,37 e 1,40  $\Phi$ , com predomínio em 73% da população de areia média (oito amostras), seguido de duas amostras de areia grossa e uma amostra de areia fina. O desvio padrão médio é de 0,61  $\Phi$  (moderadamente selecionado), classificando nove amostras (82%) como moderadamente selecionadas e duas amostras bem selecionadas. A assimetria varia entre 0,21 (positiva) e -0,19 (negativa), com seis amostras negativas, quatro amostras aproximadamente simétricas e uma amostra positiva. O valor médio da curtose é de 0,99, distribuindo a maioria da população como mesocúrtica (82%) (nove amostras), seguido de duas amostras platicúrticas.

O P6 apresenta valores médios da média (Mz) e mediana (Md) de 1,34 e 1,36  $\Phi$ , com predomínio de areia média (83%) (10 amostras), seguido de duas amostras de areia grossa. O desvio padrão médio é de 0,62  $\Phi$  (moderadamente selecionado), sendo a maioria (92%) composta de sedimentos moderadamente selecionados (11 amostras) e uma amostra bem selecionada. A assimetria varia entre 0,09 (aproximadamente simétrica) e -0,24 (negativa), com 10 amostras negativas (83%) e duas amostras aproximadamente simétricas. O valor médio da curtose é de 1,03 (mesocúrtica), com predominância de amostras leptocúrticas

(cinco amostras (42%), seguido de quatro amostras mesocúrticas e três amostras platicúrticas.

O setor morfológico referente ao pós-praia do setor geográfico Sul é composto majoritariamente de areia média (Mz de 1,47  $\Phi$ ), mediana (Md de 1,50  $\Phi$ ), moderadamente selecionadas (Dp de 0,66  $\Phi$ ), assimetria negativa e curtose mesocúrtica (1,09).

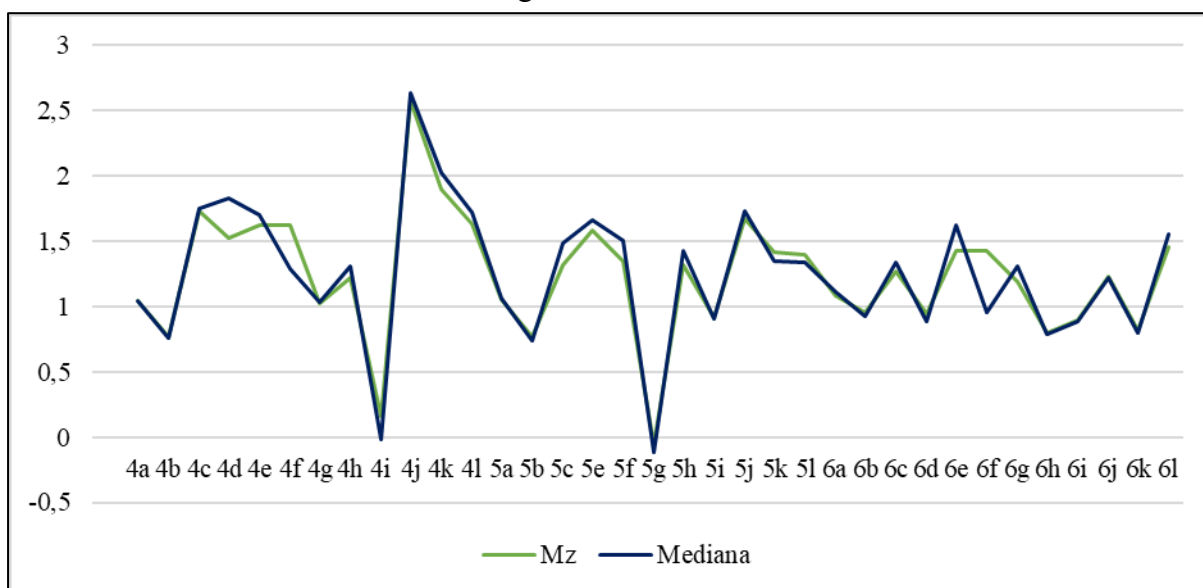
A **Figura 102** indica que a maior amplitude de classes de areia atribuídas ao setor está associada ao P5, com areia fina, média e grossa, e que o P6 apresentou maior quantidade de amostras com assimetria de tendência aos grosseiros em sua distribuição.



**Figura 102.** Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P4, P5 e P6 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico do pós-praia.

### 8.4.3.2.3 Face praial

A sobreposição das médias (Mz) e medianas (Md) observadas para o setor morfológico da face praial (**Figura 103**), ilustra que a maioria das amostras apresenta comportamento unimodal. As médias (Mz) oscilam principalmente no intervalo da areia média, demonstrando tendências mais grossas entre 1 e 1,5  $\Phi$ .



**Figura 103.** Médias e medianas das amostras da face praial para os perfis 4,5 e 6. Valores em  $\Phi$ .

Legenda: 4,5 e 6 = Perfil, a = campanha 1, b = campanha 2, c = campanha 3... l = campanha 12.

A análise da **Tabela 34** permite a compreensão do comportamento granulométrico do setor morfológico da face praial no setor geográfico Sul do arco praial. Este setor, apresenta valores de média (Mz) entre -0,05 e 2,58  $\Phi$ , indicando uma grande variedade de texturas de areia ao longo das 12 campanhas. A mediana (Md) vinculada ao setor, teve como valor máximo 2,63  $\Phi$  e mínimo -0,12  $\Phi$ , com valores médios da média e da mediana de, respectivamente, 1,23  $\Phi$  e 1,24  $\Phi$ . As amostras da face praial têm o predomínio da textura areia média (69%) (24 amostras), seguida de areia grossa em nove amostras e areia muito grossa em duas e areia fina em uma ocasião respectivamente. Os valores do desvio padrão encontrados entre 0,36 e 0,94  $\Phi$  culminaram em um total de 32 amostras moderadamente selecionadas (91%) seguidas de três amostras bem selecionadas (9%).



**Tabela 34.** Planilha granulométrica do setor morfológico da face praial, associado aos perfis P4, P5 e P6 do setor Sul.

Perfil	Amostras	Amostra	Mz	Textura	Mediana	DP	Classe	Ski	Classif.	Kg	Classif.
4	1	4a	1,04	AM	1,05	0,75	MS	0,01	AS	0,87	L
	2	4b	0,76	AG	0,76	0,50	MS	0,04	AS	0,86	PL
	3	4c	1,73	AM	1,75	0,62	MS	-0,08	AS	0,98	M
	4	4d	1,52	AM	1,83	0,94	MS	-0,42	MN	0,79	M
	5	4e	1,62	AM	1,70	0,47	BS	-0,25	N	1,57	ML
	6	4f	1,62	AM	1,29	0,87	MS	-0,25	N	1,57	ML
	7	4g	1,02	AM	1,03	0,71	MS	-0,01	AS	0,80	PL
	8	4h	1,22	AM	1,31	0,70	MS	-0,17	N	0,86	PL
	9	4i	0,16	AG	-0,02	0,61	MS	0,52	MP	1,15	L
	10	4j	2,58	AF	2,63	0,36	BS	-0,14	N	0,95	M
	11	4k	1,89	AM	2,02	0,69	MS	-0,27	N	0,96	M
	12	4l	1,63	AM	1,72	0,75	MS	-0,22	N	0,98	M
<b>Média perfil 4</b>			1,40	AM	1,42	0,66	MS		N	1,03	M
5	1	5a	1,05	AM	1,07	0,69	MS	-0,01	AS	0,83	PL
	2	5b	0,77	AG	0,74	0,61	MS	0,09	AS	0,88	PL
	3	5c	1,32	AM	1,49	0,80	MS	-0,25	N	0,81	PL
	5	5e	1,58	AM	1,66	0,62	MS	-0,22	N	1,04	M
	6	5f	1,34	AM	1,50	0,70	MS	-0,29	N	0,92	M
	7	5g	-0,05	AMG	-0,12	0,36	BS	0,34	MP	0,99	M
	8	5h	1,32	AM	1,43	0,60	MS	-0,27	N	0,86	PL
	9	5i	0,92	AG	0,90	0,64	MS	0,05	AS	0,82	PL
	10	5j	1,67	AM	1,73	0,58	MS	-0,21	N	1,28	L
	11	5k	1,42	AM	1,35	0,60	MS	0,12	P	1,15	L
	12	5l	1,40	AM	1,34	0,55	MS	0,15	P	1,08	M
	<b>Média perfil 5</b>			1,16	AM	1,19	0,61	MS		N	0,97
6	1	6a	1,08	AM	1,11	0,69	MS	-0,06	AS	0,78	PL
	2	6b	0,95	AG	0,93	0,72	MS	0,05	AS	0,86	PL
	3	6c	1,27	AM	1,33	0,61	MS	-0,18	N	0,96	M
	4	6d	0,95	AG	0,88	0,82	MS	0,11	P	0,77	PL
	5	6e	1,43	AM	1,62	0,84	MS	-0,26	N	0,91	M
	6	6f	1,43	AM	0,96	0,84	MS	-0,26	N	0,91	M
	7	6g	1,19	AM	1,30	0,74	MS	-0,18	N	0,82	PL
	8	6h	0,80	AG	0,79	0,56	MS	0,08	AS	0,91	M
	9	6i	0,90	AG	0,88	0,72	MS	0,00	AS	0,80	PL
	10	6j	1,23	AM	1,22	0,60	MS	0,05	AS	1,13	L
	11	6k	0,82	AG	0,80	0,56	MS	0,10	AS	0,93	M
	12	6l	1,46	AM	1,56	0,76	MS	-0,19	N	1,09	M
<b>Média perfil 6</b>			1,12	AM	1,12	0,70	MS		AS	0,91	M
<b>Média setor Sul Face praial</b>			1,23	AM	1,24	0,66	MS		N	0,97	M

Legenda : Mz = média ( $\Phi$ ); Mediana =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Ski = assimetria; Kg = curtose; AF= areia fina; AM = areia média; AG = areia grossa; AMG = areia muito grossa; BS = bem selecionado; MS = moderadamente selecionado; MBS = muito bem selecionado; AS = aproximadamente simétrica; MP = muito positiva; P = positiva; N = negativa; MN = muito negativa; M = mesocúrtica; PL = platicúrtica; L= leptocúrtica.

A assimetria varia entre 0,52 (muito positiva) e -0,42 (muito negativa), classificando 16 amostras como negativas (46%), 13 amostras com assimetria aproximadamente simétricas (37%), três amostras positiva (9%), duas amostras muito positivas (6%) e uma amostra muito negativa (3%).

A curtose varia entre 0,77 e 1,57, com valor médio de 0,97 (mesocúrtica), totalizando 15 amostras mesocúrticas (43%), 13 amostras platicúrticas (37%), cinco amostras leptocúrticas (14%) e duas amostras muito leptocúrticas (6%).

A contribuição de cada perfil para a caracterização do setor morfológico da face praial contou com valores médios associados ao P4 de média (Mz) 1,40  $\Phi$ , mediana (Md) de 1,42  $\Phi$  e 75% de areia média, num total de nove amostras. O desvio padrão de 0,66  $\Phi$  classificou 10 amostras como moderadamente selecionadas (83%). A assimetria varia entre 0,52 (muito positiva) e -0,42 (muito negativa), com 50% das amostras negativas. O valor médio da curtose é de 1,03, assegurando assim que 42% da população tenha classificação mesocúrtica, resultante das cinco amostras encontradas.

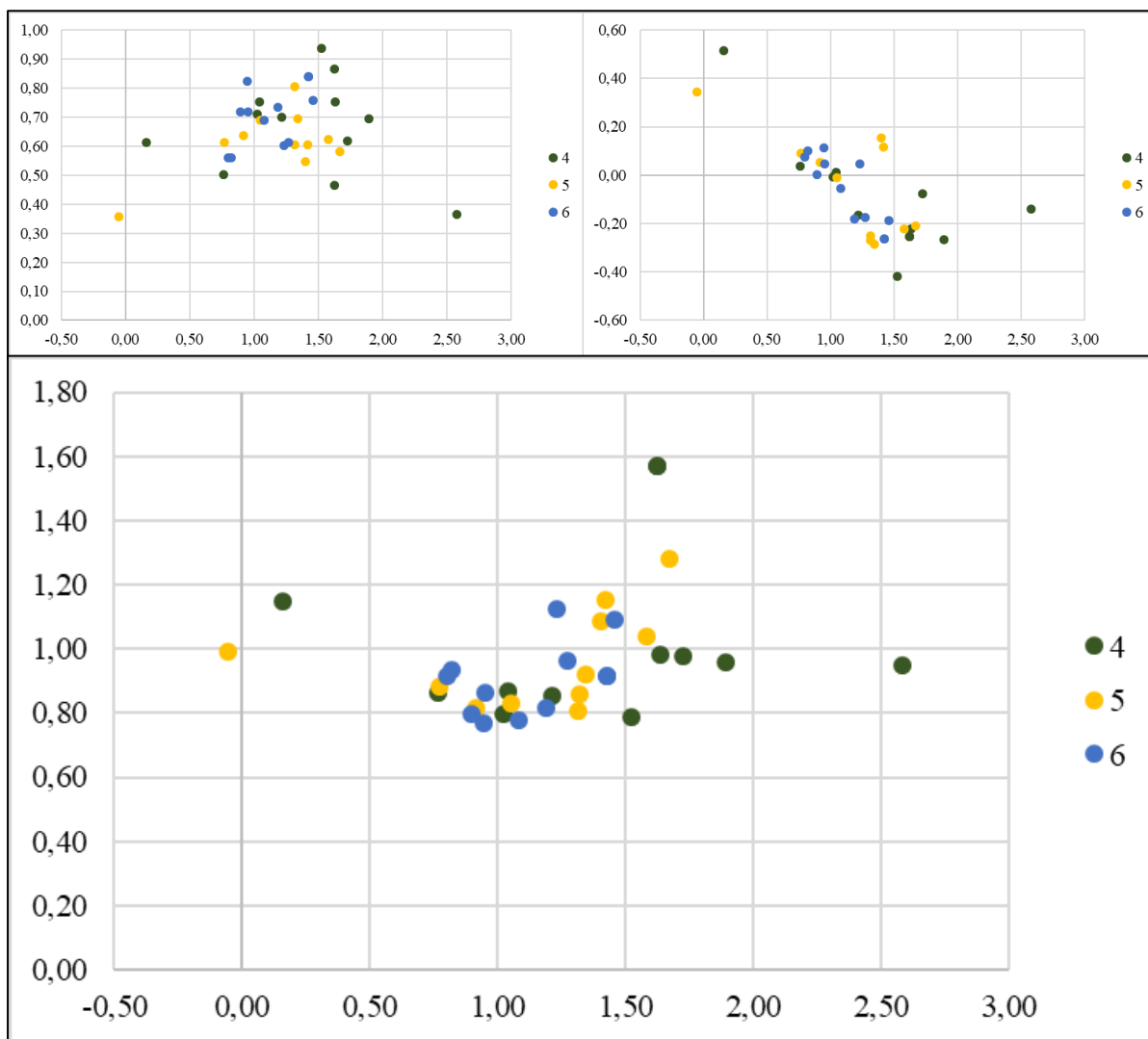
O P5 apresenta média (Mz) de 1,16  $\Phi$  e mediana de 1,19  $\Phi$ , com predomínio da textura areia média, num total de oito amostras correspondendo a 73% da população. Neste perfil foram reconhecidas areias mais grossas em 27% da população, sendo 18% de textura areia grossa. O grau de selecionamento de 0,61  $\Phi$  corresponde às amostras moderadamente selecionadas com um percentual de 91%. A assimetria varia entre 0,34 (positiva) e -0,29 (negativa), com predomínio das amostras negativas (45%) (cinco amostras), seguido de três amostras aproximadamente simétricas (27%), duas amostras positivas (18%) e uma amostra muito positiva (9%). O valor médio da curtose é de 0,97 (mesocúrtica), sendo 45% amostras platicúrticas.

O P6 apresenta média de 1,12  $\Phi$  para a média (Mz) e mediana (Md), a maior porcentagem de areia grossa (42%) (cinco amostras), embora o predomínio de sete amostras tenha sido de textura areia média num total de 58%. O grau selecionamento é moderado (100%), com o desvio padrão médio de 0,70  $\Phi$ . A assimetria varia entre 0,11 (positiva) e -0,26 (negativa), representando o predomínio em 50% da população de amostras aproximadamente simétricas (seis amostras). Por fim, o valor médio da curtose é de 0,91 (mesocúrtica), cuja distribuição predominante é mesocúrtica (50%) (seis amostras), seguido de cinco amostras platicúrticas e uma amostra leptocúrtica.

A partir das informações expostas na Tabela 34, o setor morfológico da face praial do setor geográfico Sul fica caracterizado com valor de média (Mz) de 1,23  $\Phi$ , mediana

(Md) de 1,24  $\Phi$  e textura areia média. O grau de selecionamento é moderado com desvio padrão de 0,66  $\Phi$ , a assimetria dominante é negativa, com distribuição mesocúrtica de curtose média de 0,97.

Por meio do gráfico de distribuição da média (Mz), desvio padrão (Dp), assimetria (*Ski*) e curtose (Kg) expostos na **Figura 104**, é possível identificar que o P4 apresentou a menor homogeneidade de tamanho de grão entre as amostras analisadas na face praial.



**Figura 104.** Gráficos de distribuição das amostras dos perfis P4, P5 e P6 a respeito da média ( $\Phi$ ) versus desvio padrão ( $\Phi$ ) (gráfico superior à esquerda); média ( $\Phi$ ) versus assimetria (gráfico superior à direita) e média ( $\Phi$ ) versus curtose (gráfico inferior), do setor morfológico da face praial.

#### 8.4.4 Médias granulométricas dos setores morfológicos

A **Tabela 35** resume os valores médios dos parâmetros estatísticos dos setores morfológicos do limite superior do pós-praia, pós-praia e face praial, do setor Norte e do setor Sul da área de estudo.

**Tabela 35.** Parâmetros granulométricos médios dos setores morfológicos e geográficos.

Setor Geográfico	Setor Morfológico	Mz	Textura	Md	Dp	Classe	Classif.	Kg.	Classif.
Norte	LSP	1,56	AM	1,57	0,51	MS	AS	1,01	M
	Pós-praia	1,66	AM	1,69	0,49	MS	AS	1,03	M
	Face praial	1,67	AM	1,69	0,51	MS	AS	0,97	M
Sul	LSP	1,66	AM	1,73	0,69	MS	N	1,13	M
	Pós-praia	1,47	AM	1,50	0,66	MS	N	1,09	M
	Face praial	1,23	AM	1,24	0,66	MS	N	0,97	M

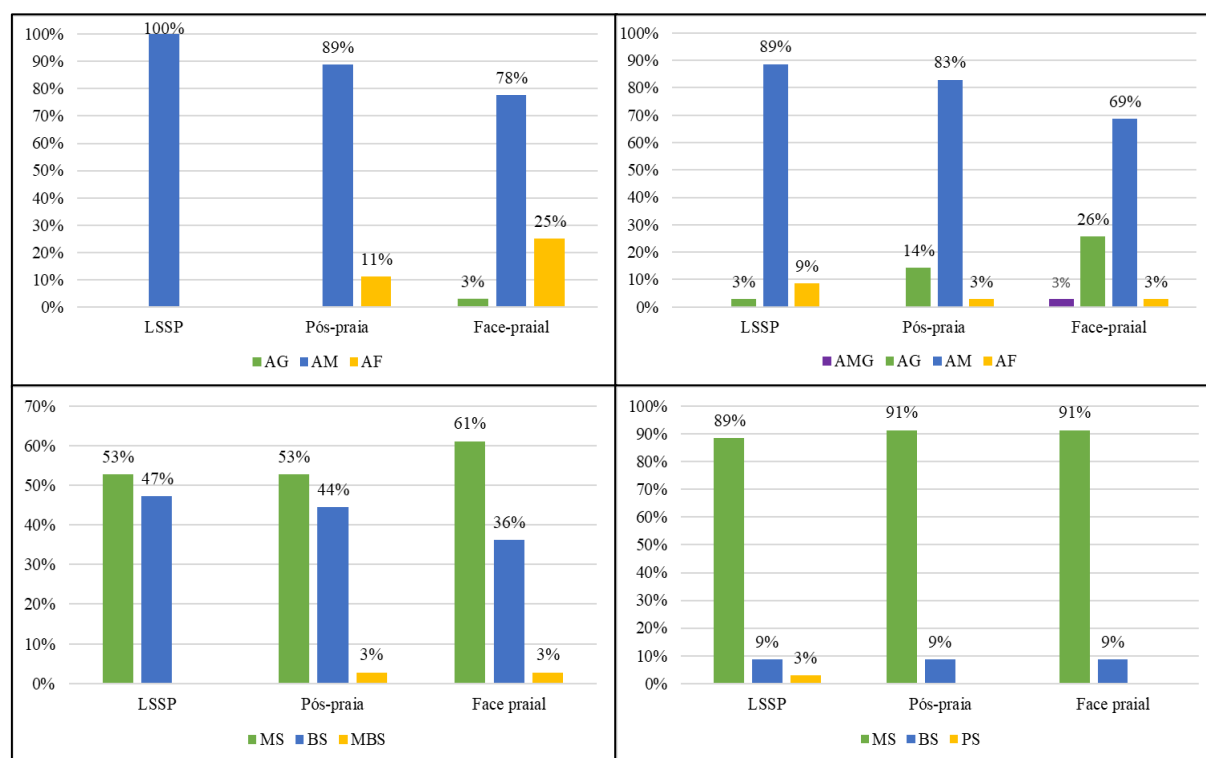
Legenda: Mz = média ( $\Phi$ ); Md =  $\Phi$ ; Dp = desvio padrão ( $\Phi$ ); Kg = curtose; AM = areia média; MS = moderadamente selecionado; AS = aproximadamente simétrica; N = negativa; M = mesocúrtica.

Os setores morfológicos do pós-praia e da face praial associados ao setor Sul apresentam areias médias de textura mais grossa, se comparados ao setor Norte do arco praial, conseguinte à assimetria de classificação negativa, o qual difere da assimetria aproximadamente simétrica encontrada para o setor Norte.

O setor Sul apresentou uma maior distinção granulométrica e uma melhor distribuição sedimentar em seus três setores morfológicos, variando de areias mais finas no limite superior do pós-praia a areias mais grossas na face praial. O setor Norte, por sua vez, não apresentou grande distinção na granulometria da areia em seus setores, cujas areias apresentam-se mais homogêneas. Nesse setor, as areias de textura mais grossa são observadas no limite superior do pós-praia, sendo que os setores morfológicos do pós-praia e da face praial apresentam praticamente o mesmo diâmetro arenoso.

Os gráficos da **Figura 105** permitem visualizar a distribuição das classes de areia por setor morfológico e geográfico, indicando maior presença de areias com diâmetro menor no setor Norte, embora nenhuma população da classe areia fina tenha sido encontrada no limite superior do pós-praia. A maior concentração de areia fina está associada ao setor da face praial.

Por sua vez, o setor Sul apresenta um notável acúmulo de sedimento arenoso mais grosso em direção ao setor morfológico da face praial. A Figura 105 também ilustra o grau de selecionamento das amostras de acordo com os setores morfológico e geográfico, indicando que apesar das médias do desvio padrão mostrarem amostras moderadamente selecionadas em ambos os setores, o setor Norte do arco praial apresentou uma seleção muito melhor do que o setor Sul, com índices por setor morfológicos de amostras bem selecionadas superiores a 35%, indicando que quanto mais próximas da base das dunas frontais, melhor o seu selecionamento, enquanto para o setor Sul é observado o predomínio massivo de amostras moderadamente selecionadas.

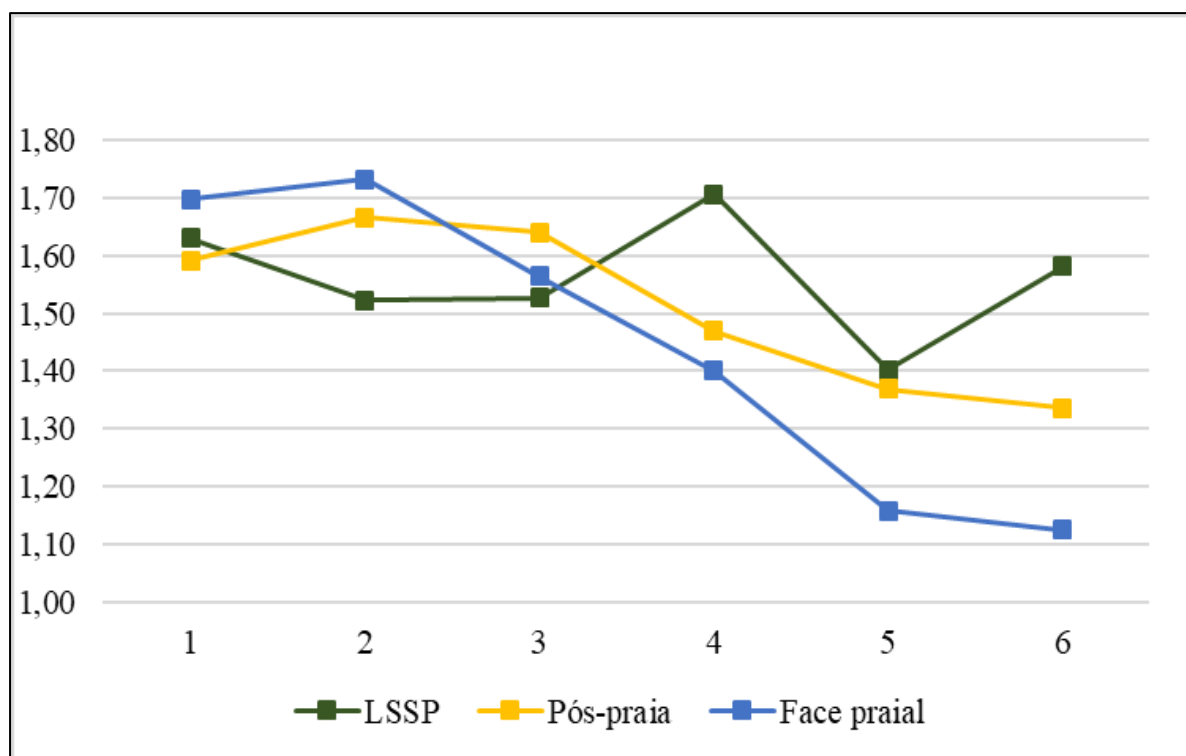


**Figura 105.** Gráficos que mostram a distribuição granulométrica por setor geográfico (Norte e Sul) e por setor morfológico (limite superior do pós-praia, pós-praia e face praial). No gráfico superior à esquerda, a distribuição das classes de areia no setor Norte, à direita no setor Sul. No gráfico inferior à esquerda, a distribuição do grau de seleção no setor Norte, à direita no setor Sul.

Legenda: LSSP = limite superior do pós-praia, AMG = areia muito grossa, AG = areia grossa, AM = areia média, AF = areia fina, MS = moderadamente selecionado, BS = bem selecionado, MBS = muito bem selecionado, PS = pobremente selecionado.

Outra visualização para os setores morfológicos é a partir do gráfico de distribuição granulométrica, exposto na **Figura 106**, no qual ilustra as médias ( $M_z$ ) de maneira compilada dos seis perfis para os setores morfológicos. A análise visual dos setores indica

tendências opostas nos setores Norte (P1, P2 e P3) e Sul (P4, P5 e P6), além da menor variância de tamanhos de grão associadas aos setores morfológicos dos perfis P1, P2 e P3.



**Figura 106.** Gráfico que mostra a distribuição da média ( $M_z$ ) (em  $\Phi$ ) dos seis perfis relacionado aos setores morfológicos do limite superior do pós-praia (LSSP), pós-praia e face

Observa-se ainda a inversão da distribuição das areias mais grossas e areias mais finas ao longo dos seis perfis. No setor Norte, as areias mais finas são encontradas em sua maioria no setor da face praial, enquanto no setor Sul elas se encontram no limite superior do pós-praia. A situação se repete com o sedimento arenoso mais grosso no setor Sul na face praial, por sua vez para os perfis P1, P2 e P3, o sedimento é observado principalmente no limite superior do pós-praia. O setor Norte apresenta variação mínima nos diâmetros de  $M_z$  para os setores morfológicos se comparados ao setor Sul, visto que os setores contam com mínima diferenciação dos valores da média.

### 8.5 Classificação morfodinâmica

A fim de classificar o estágio morfodinâmico atual dos perfis analisados, compilou-se na **Tabela 36**, a média dos parâmetros morfométricos propostos por Short & Hesp (1982), conjuntamente aos dados de Wright & Short (1984).

**Tabela 36.** Parâmetros morfodinâmicos médios obtidos para os perfis P1, P2 e P3 (praia do Rio Tavares) e P4, P5 e P6 (praia do Campeche).

<b>Parâmetro</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>
<b>Yb [m]</b>	30,10	32,84	26,63	28,93	18,79	26,04
<b><math>\sigma</math>Yb [m]</b>	9,04	18,71	7,14	5,95	3,25	8,31
<b>CV Yb%</b>	30%	57%	27%	21%	17%	32%
<b>Declividade [°]</b>	5,17	5,96	6,65	6,30	7,75	7,75
<b>Vv [m<sup>3</sup>/m]</b>	1,43	0,34	1,87	-1,38	0,03	-2,03
<b>Mz [phi]</b>	1,64	1,64	1,58	1,53	1,37	1,35
<b>Mz [mm]</b>	0,16	0,16	0,17	0,18	0,20	0,20
<b><math>\sigma</math>Mz [phi]</b>	0,17	0,20	0,23	0,23	0,29	0,18
<b>Ws [cm/s]</b>	0,07	0,07	0,08	0,09	0,11	0,11
<b>Hb [m]</b>	0,89	0,87	0,84	0,77	0,82	0,83
<b><math>\sigma</math>Hb [m]</b>	0,27	0,29	0,25	0,22	0,26	0,24
<b>CV Hb%</b>	30%	33%	30%	28%	31%	29%
<b>T [s]</b>	8,06	8,25	7,91	7,78	7,59	6,93
<b><math>\sigma</math>T [s]</b>	2,13	1,74	2,01	2,03	2,03	1,42
<b>CV T%</b>	26%	21%	25%	26%	27%	20%
<b><math>\Omega</math></b>	1,67	1,55	1,52	1,27	1,16	1,25

Legenda: Yb – largura média da praia;  $\sigma$ Yb – desvio padrão de Yb; CVYb% - coeficiente de variação da linha de costa; Declividade - declividade média da face praial; Vv - variação do volume médio (volume líquido); Mz - diâmetro médio do grão;  $\sigma$ Mz - desvio padrão de Mz; Ws - velocidade de sedimentação das partículas em cm/s; Hb - altura de onda observada;  $\sigma$ Hb - desvio padrão de Hb; CV Hb% - coeficiente de variação da altura de onda; T - período de onda;  $\sigma$ T - desvio padrão de T; CV T% - coeficiente de variação de período;  $\Omega$  - parâmetro adimensional ômega.

O P1 apresentou largura média de 30,10m com o desvio padrão da largura de 9,04m e coeficiente de variação da linha de costa de 30%. A textura predominante do P1 é areia média (1,64  $\Phi$ ). A altura de onda média observada é 0,89m, conjuntamente com a velocidade de decantação das partículas de areia de 0,07cm/s, inferindo  $\Omega$  de 1,67 e caráter intermediário.

O P2 apresentou largura média de 32,84m com o desvio padrão da largura de 18,71m e coeficiente de variação da linha de costa de 57%. A textura predominante do P2 é areia média (1,64  $\Phi$ ). A altura de onda média observada é 0,87m, conjuntamente com a velocidade de decantação das partículas de areia de 0,07cm/s, inferindo  $\Omega$  de 1,55 e caráter intermediário.

O P3 apresentou largura média de 26,63m com o desvio padrão da largura de 7,14m e coeficiente de variação da linha de costa de 27%. A textura predominante do P1 é areia média (1,58  $\Phi$ ). A altura de onda média observada é 0,84m, conjuntamente com a velocidade de decantação das partículas de areia de 0,08cm/s, inferindo  $\Omega$  de 1,52 e caráter intermediário.

O P4 apresentou largura média de 28,93m com o desvio padrão da largura de 5,95m e coeficiente de variação da linha de costa de 21%. A textura predominante do P1 é areia média (1,53  $\Phi$ ). A altura de onda média observada é 0,77m, conjuntamente com a velocidade de decantação das partículas de areia de 0,09cm/s, inferindo  $\Omega$  de 1,27 e caráter refletivo.

O P5 apresentou largura média de 18,79m com o desvio padrão da largura de 3,25m e coeficiente de variação da linha de costa de 17%. A textura predominante do P1 é areia média (1,37  $\Phi$ ). A altura de onda média observada é 0,82m, conjuntamente com a velocidade de decantação das partículas de areia de 0,11cm/s, inferindo  $\Omega$  de 1,16 e caráter refletivo.

O P6 apresentou largura média de 26,04m com o desvio padrão da largura de 8,31m e coeficiente de variação da linha de costa de 32%. A textura predominante do P1 é areia média (1,35  $\Phi$ ). A altura de onda média observada é 0,83m, conjuntamente com a velocidade de decantação das partículas de areia de 0,11cm/s, inferindo  $\Omega$  de 1,25 e caráter refletivo.

Os dados encontrados de valores de ômega para cada perfil são comparados com os parâmetros propostos por Short & Hesp (1982) e Wright & Short. (1984) na **Tabela 37**.

**Tabela 37.** Comparativo dos dados morfodinâmicos resultantes das campanhas de campo com os parâmetros propostos por Short & Hesp (1982) e Wright & Short. (1984).

Tipo de praia	Refletiva	Intermediária	Dissipativa	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
$\Omega$	< 1,5	1,5 a 5,5	> 5,5	1,67	1,55	1,52	1,27	1,16	1,25	
Declividade [°]	> 4	2 a 6	< 2	5,17	5,96	6,65	6,30	7,75	7,75	
Areias	média a grossa	fina a média	fina	AM	AM	AM	AM	AM	AM	
$\sigma_{Yb}$ [m]	< 10	> 10	< 10	9,04	18,71	7,14	5,95	3,25	8,31	
CV Yb%	< 0,1	0,1 a 0,5	> 0,5	0,30	0,57	0,27	0,21	0,17	0,32	
		<b>Classific.</b>			Int.	Int.	Int.	Ref.	Ref.	Ref.

Legenda:  $\sigma_{Yb}$  – desvio padrão de Yb; CV Yb% - coeficiente de variação da linha de costa;  $\Omega$  - parâmetro adimensional ômega; Int. – Intermediária; Ref. – Refletiva.



Em base à Tabela 37, é possível visualizar o enquadramento de todos os perfis do setor Norte junto as características de praias intermediárias propostas por Short & Hesp (1982). Com exceção da declividade do P3 ( $6,65^\circ$ ), desvio padrão da largura de praia dos perfis P1 e P3 e o coeficiente de variação da linha e costa do P2 que se mostraram fora dos padrões propostos.

Os valores de  $\omega$  encontrados para o setor Norte (perfis P1, P2 e P3) do arco praial Joaquina - Morro das Pedras indicam que estes perfis se apresentam na maioria das vezes como praias intermediárias com terraços de maré baixa, visto o  $\omega$  médio inferior a 2,4. O setor Sul, por sua vez, apresentou valores de  $\omega$  associados a praias de caráter refletivo, com valores de  $\omega$  inferiores a 1,5, entretanto, os valores do coeficiente de variação da linha de costa de todos os perfis se comportaram inseridos junto ao intervalo proposto para as praias intermediárias.

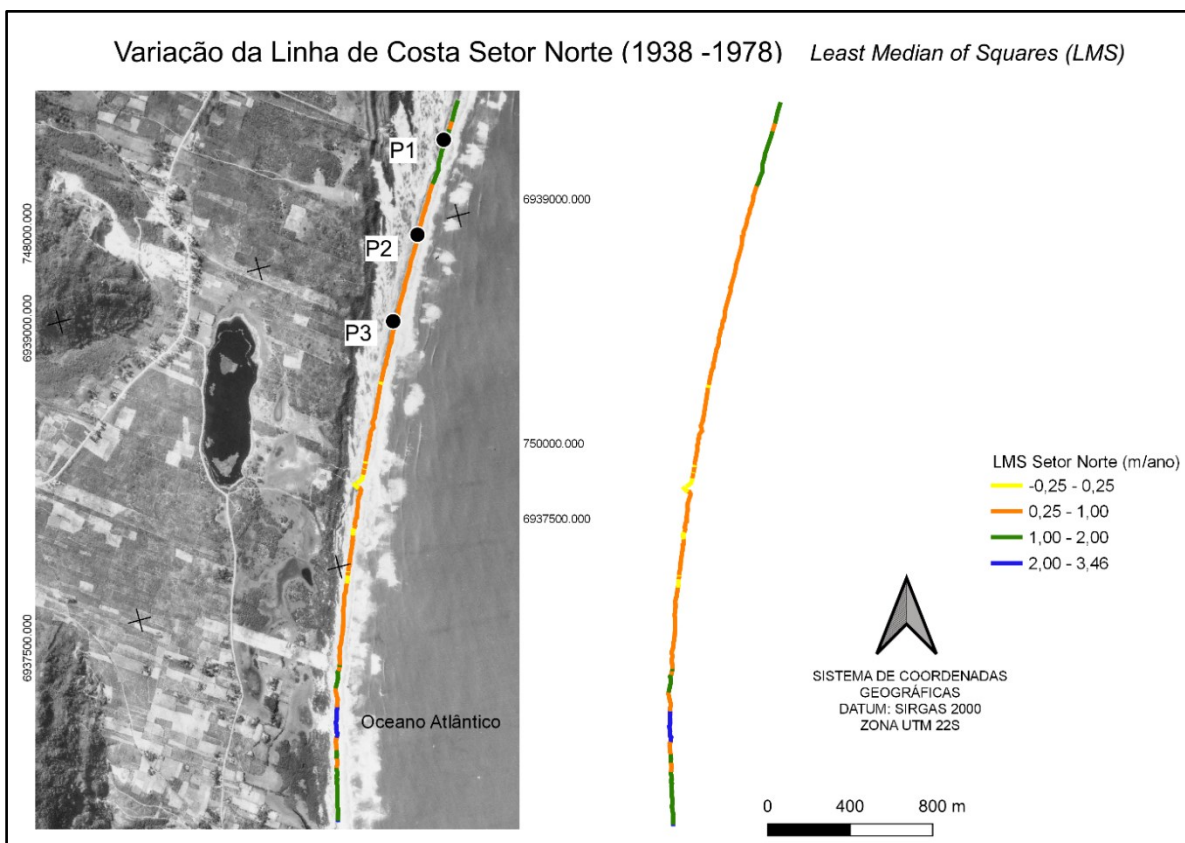
## 8.6 Análise pretérita e atual da linha de costa

A seguir será exposta a compilação das variações da linha de costa a partir das imagens aéreas disponíveis para a região dos anos de 1938, 1957, 1978, 1994 e 2016, por meio da técnica LMS (*Least Median Square*).

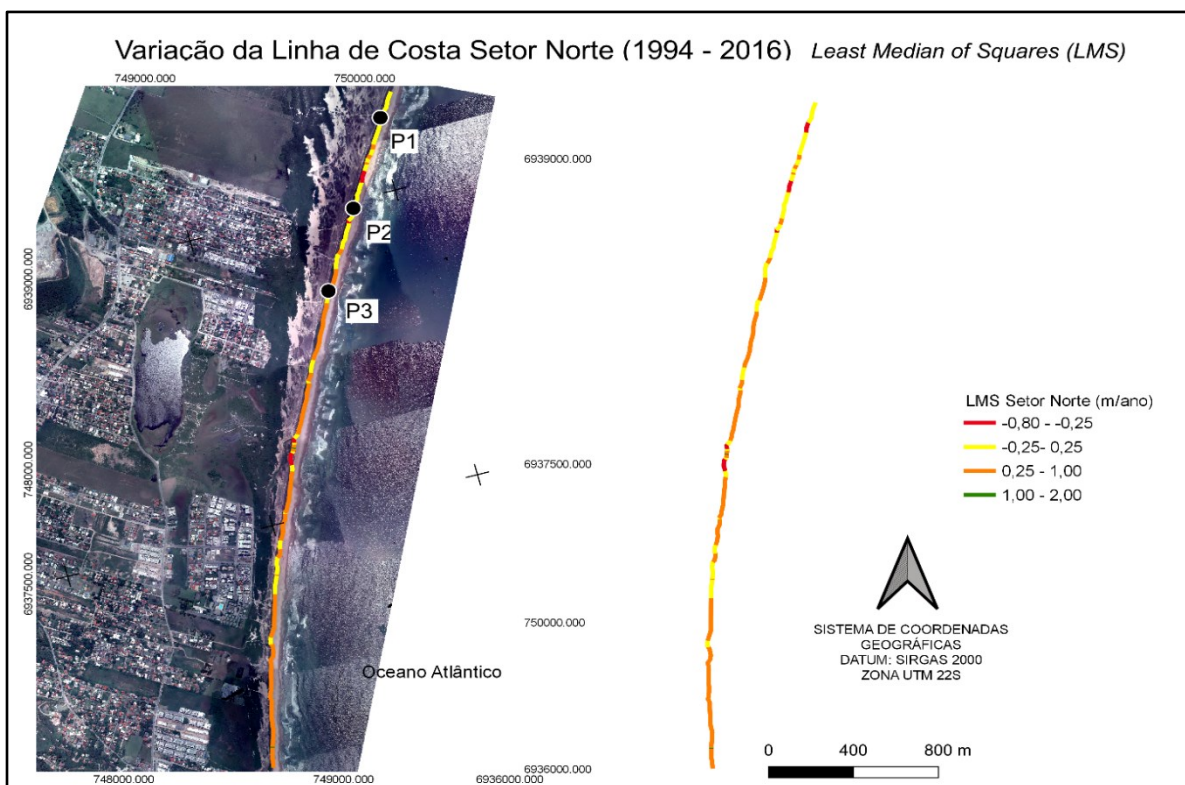
### 8.6.1 Setor Norte

A **Figura 107** ilustra a variação da linha de costa associada ao setor Norte da área de estudo (perfis P1, P2 e P3) e adjacências, entre os anos de 1938 e 1978, sendo possível identificar as características pretéritas do setor a partir da utilização do LMS. Observa-se que a linha de costa do setor demonstrou ao longo do período tendências de acreção. Nenhum setor da extensão praial se configurou por retração da linha de costa, uma pequena parte do setor se mostrou em equilíbrio, com taxas de -0,25 a 0,25m/ano. A maior parte do trecho praial avançou sua linha de costa com taxas de 0,25 a 1,00m/ano, seguido de trechos no extremo sul e extremo norte (P1) com taxas de avanço da linha de costa na faixa de 1 a 2m/ano. Na extensão sul do setor Norte, é observado uma pequena extensão de progradação da linha de costa com taxas de até 3,46m/ano.

A **Figura 108** retrata as características atuais da linha de costa do setor Norte, como ela está respondendo atualmente aos efeitos da antropização do arco praiial Joaquina - Morro das Pedras. A maior parte da extensão analisada continua em processo de alargamento da linha de costa com taxas de 0,25 a 1,00m/ano, uma parte bem mais considerável se apresenta de maneira estável (-0,25 a 0,25m/ano) e se nota o início do recuo da linha de costa sob taxas de -0,80 a -0,25 m/ano em alguns setores localizados.



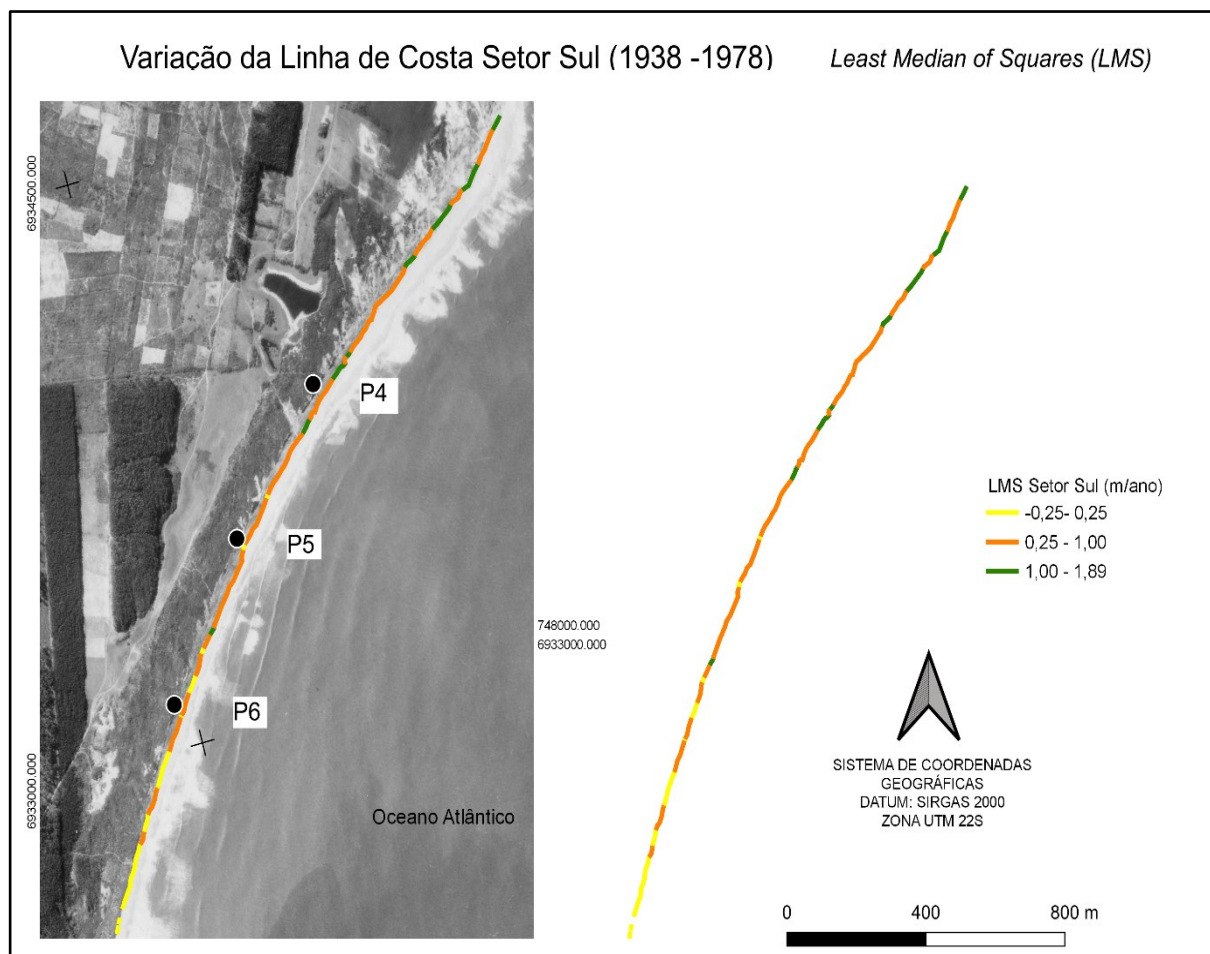
**Figura 107.** Imagem de 1978 que mostra a tendência pretérita do comportamento da variação da linha de costa do setor Norte, a partir da análise do LMS, valores em m/ano.



**Figura 107.** Imagem de 2016 que mostra a tendência atual do comportamento da variação da linha de costa do setor Norte, a partir da análise do LMS, valores em m/ano.

### 8.6.2 Setor Sul

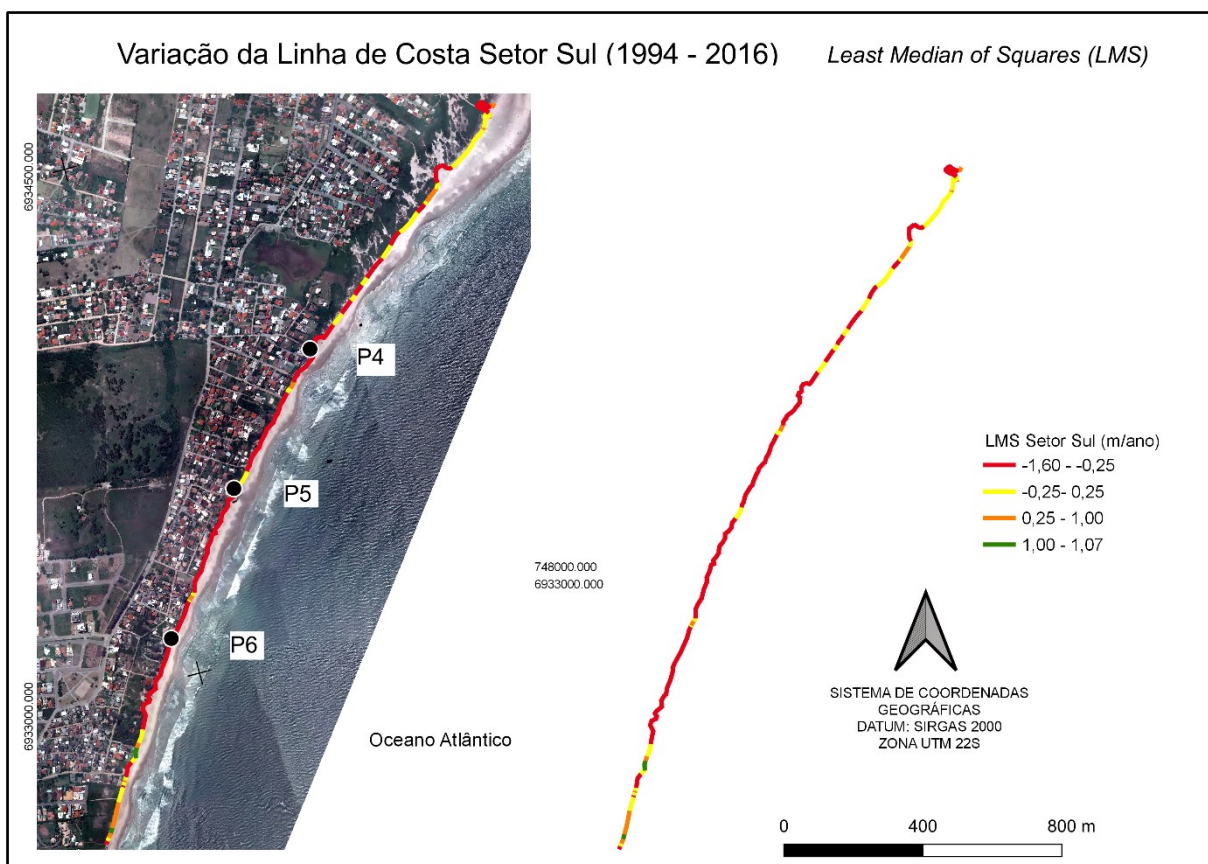
O setor Sul do arco praial Joaquina - Morro das Pedras, anterior ao processo de intensa antropização de sua região de dunas, como ilustrado na **Figura 109**, apresentava-se de maneira muito semelhante ao observado no setor Norte para o mesmo período, com características significativas de progradação da linha de costa.



**Figura 108.** Imagem de 1978 que mostra a tendência pretérita do comportamento da variação da linha de costa do setor Sul, a partir da análise do LMS, valores em m/ano.

Pode-se identificar na Figura 108 que em toda a extensão praial avaliada, englobando os perfis P4, P5 e P6, havia o predomínio de áreas com progradação da linha de costa a taxas oscilando entre 0,25 e 1,00m/ano, seguido de áreas ao norte com taxas ainda superiores, entre 1,00 e 1,89m/ano. A extensão praial sul da área de interesse Sul, apresentava características de estabilidade variando suas taxas entre -0,25 e 0,25 /ano.

Avançando a análise temporal ao considerar-se o período pós ocupação (imagens entre 1994 e 2016) (**Figura 110**), os resultados se mostram completamente diferentes. A característica de um setor com acréscimo sedimentar se extingue, dando lugar ao predomínio dos processos erosivos.



**Figura 109.** Imagem de 2016 que mostra a tendência atual do comportamento da variação da linha de costa do setor Sul, a partir da análise do LMS, valores em m/ano.

O primeiro fator que chama a atenção quando se compara as imagens pretérita e atual, é sem dúvida a cor vermelha e o intenso adensamento populacional na região limítrofe à praia. Este setor que se apresentava com taxas de acreção por quase toda a sua extensão, se comporta hoje em dia com características erosivas totalmente distorcidas de sua tendência original. O setor Sul, hoje se caracteriza pela retração de sua linha de costa, com taxas que variam de -1,60 a -0,25m/ano. Algumas regiões mais a norte do setor, oscilam entre retração e estabilidade com taxas de -0,25 a -1,60m/ano, por sua vez o extremo sul, ainda conta com tendências mínimas de acreção, sob taxas de 0,25 a 1,00m/ano. Enquanto para o período de 1938 a 1978, as taxas de acreção chegavam a 1,89m/ano, para o período atual, a pouca área que ainda apresenta progradacão superior a 1m/ano, não ultrapassa o valor de 1,07m/ano.

### 8.6.3 Linhas de costa do setor Norte e do setor Sul

A **Figura 111** compila todos os resultados obtidos para os setores Norte e Sul em apenas uma imagem, ano de 1978.

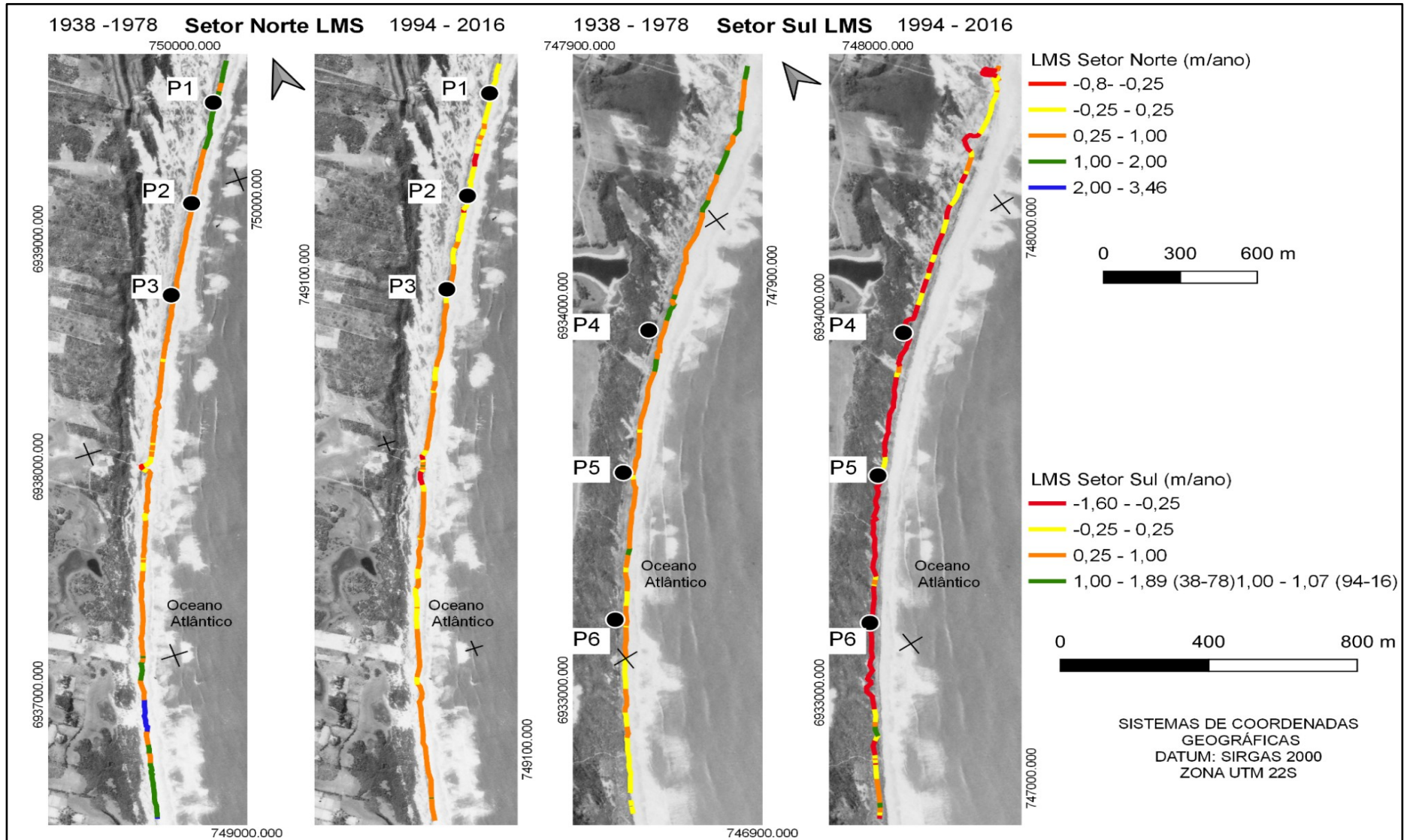
Ao se comparar as imagens do setor Norte entre si, percebe-se que a posição da linha de costa atual, ilustra o resultado obtido para as imagens de 1938 a 1978, visto que é possível identificar um pequeno deslocamento de quase todo o comprimento da linha no sentido do oceano, indicando que esta estabilidade e progradação mínima identificadas pelo DSAS no passado, pertinentes às características atuais de sua posição.

É possível identificar que os setores associados à região dos perfis, mais a norte da extensão analisada, modificaram seu comportamento, apresentando hoje em dia, tendências muito mais de estabilidade e erosão, do que as observadas para o período de 1938 a 1978. De maneira geral, a imagem demonstra que o setor hoje, apresenta menor caráter acreacional que no passado, com tendências mais erosivas e predominantemente estável.

Por sua vez, ao relacionar-se as imagens do setor Sul, torna-se perceptível que a linha de costa atual está recuada se comparada ao período de 1938 - 1978, indicando que aquelas características encontradas, tendências de acreção sedimentar de alguma maneira foram modificadas.

A principal diferença entre os períodos foi a urbanização do setor Sul do arco praial. Atualmente, a extensão Sul apresenta em sua quase totalidade o predomínio de recuo da linha de costa a taxas de -1,60 a -0,25m/ano. Ao observar-se a localização dos perfis P4, P5 e P6 hoje, comparadas ao período de 1938 a 1978, observa-se claramente este recuo, cujos perfis se encontram no limite da linha de “vegetação”, enquanto as linhas de costa mais antigas indicam que os perfis se encontravam mais a retaguarda da vegetação, na região das dunas.

Pode-se então afirmar pela análise das imagens, que hoje, este setor modificou as características naturais de seu comportamento, visto que a tendência original de acreção a taxas de 0,25 a 1,00m/ano se tornaram mínimas, e passou a predominar no setor Sul, características de retração da linha de costa à taxas de até -1,60m/ano.



**Figura 110.** Comparação da tendência do comportamento da linha de costa entre o passado e o presente, tendo como imagem de fundo para ambos os setores a foto aérea de 1978. Valores da taxa LMS lidos em m/ano.

## 9 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

---

Nesse capítulo os resultados da pesquisa serão discutidos considerando (i) a associação entre o balanço sedimentar e os dados hidrodinâmicos, (ii) a granulometria dos perfis praiais, dos setores geográficos e sua distribuição, (iii) a classificação morfodinâmica e parâmetros morfométricos dos setores geográficos e, (iv) a variação da linha de costa.

### 9.1 Balanço sedimentar e os dados hidrodinâmicos

A fim de aprofundar o entendimento das dinâmicas dos ambientes praiais, é fundamental a compreensão dos agentes hidrodinâmicos associados, visto a alta capacidade que possuem de alterar e modificar o estoque sedimentar das regiões arenosas costeiras, principalmente para ambientes expostos, como a região Leste da ilha de Santa Catarina.

Durante o período do monitoramento (agosto de 2018 e dezembro de 2019), a costa Leste da ilha de Santa Catarina de acordo com os dados obtidos através do *website windguru*, esteve sob a influência de três principais orientações de ondulação: leste (33,5%), sudeste (21,5%) e leste-sudeste (11,9%). Diversos autores que monitoraram as ondulações incidentes na costa Leste da ilha de Santa Catarina em diferentes períodos, destacam a frequência significativa das ondulações provenientes de sudeste (TORRONTÉGUY, 2002; FARACO, 2003; CECHINEL, 2014; BROGGIO, 2015; TOMAZ, 2016), acarretando ao arco praiial Joaquina - Morro das Pedras sua orientação NNE - SSW (HORN FILHO *et al.*, 2014).

Para o período monitorado, as ondulações superaram os 2m em apenas 1,7% dos dias, sendo o inverno a estação mais significativa para este total (5,2%). No geral, as ondulações se apresentaram junto à costa ultrapassando 1m em 53,1% do período, estando o verão associado à estação de menor energia observada, até 1m em 72,2% dos dias com períodos em média entre 6 e 7s, enquanto o inverno se caracterizou como a de maior energia, ultrapassando 1m em 64,9% dos dias, além de apresentar a maior média de período observado, entre 8 e 9s.

As classes de vento predominantes durante o monitoramento tiveram como origem, o setor norte (23%), condizendo com os resultados encontrados por Cruz (1998) e Faraco (2003), enquanto o vento sul (20%), contou com as maiores velocidades associadas, oscilando entre 7



e 21km/h em 72% dos casos. A maior intensidade destes ventos, foi também previamente identificada por Cruz (1993) e pelo relatório proposto pelo CECCA (1997).

O comportamento morfológico dos perfis e, por conseguinte dos setores praias avaliados na pesquisa, podem, portanto, ser explicados através das relações observadas entre os agentes hidrodinâmicos e o balanço sedimentar. Todos os perfis apresentaram episódios de erosão e de acreção sedimentar, contudo, os perfis P2 e P6 merecem destaque.

Os perfis P2 e P6 apresentaram-se como os de maior mobilidade sedimentar no período, com  $119,1\text{m}^3/\text{m}$  e  $128,5\text{m}^3/\text{m}$ , respectivamente. Durante a campanha 9, estes perfis apresentaram a maior variação negativa de volume líquido observada para todo o período ( $-32\text{m}^3/\text{m}$  e  $-38,2\text{m}^3/\text{m}$ , respectivamente), conjuntamente com a maior variação negativa de largura líquida da faixa de praia ( $-62,56\text{m}$  e  $-23,69\text{m}$ , respectivamente). A análise dos dados hidrodinâmicos incidentes na ilha para o período entre as campanhas 8 e 9, junho a julho de 2019, revelam que o período apresentou uma baixa energia de onda, não ultrapassando 1m em 71% dos dias. As ondulações do período variaram entre leste (26%), sudeste (24%) e sul-sudeste (21%), entretanto, uma ondulação proveniente de leste-sudeste com período de 12s, atingiu a costa da ilha com alturas de 2,1m no dia 18 de julho de 2019, podendo este evento, associado a alta frequência de ondulações de sul e sudeste, terem resultado na grande retirada de sedimento junto aos perfis P2 e P6. Este mesmo evento, foi responsável por um acréscimo volumétrico de  $15,6\text{m}^3/\text{m}$  no P3.

Para este período, todos os perfis do setor Norte apresentaram direções da deriva N-S, sendo no P2 as maiores velocidades observadas ( $0,52\text{m/s}$ ), enquanto que para o P3, esta velocidade decresceu para  $0,25\text{m/s}$ , deste modo, podendo-se explicar a deposição sedimentar no local, visto que as correntes de menor velocidade transportam apenas os sedimentos mais finos (MENDES, 1992). Junto ao setor Sul, a maior velocidade de deriva observada também está associada ao P6, perfil de maior decréscimo sedimentar, com sentido N-S e velocidades de  $0,34\text{m/s}$ , entretanto os perfis P4 e P5 apresentaram sentido de deriva S-N, o que poderia explicar o acúmulo no P4 e decréscimo no P5, visto que o transporte estava indicando o acúmulo para a região mais próxima à saliência do Campeche. A direção predominante do vento no período entre campanhas 8 e 9 foi norte em 54% dos dias, com velocidades no geral variando de 12 a 21km/h (57%).

Os mesmos perfis P2 e P6 representam a maior variação sedimentar positiva observada no período durante a campanha 8. Os dados hidrodinâmicos responsáveis para este acúmulo sedimentar ( $35,6\text{m}^3/\text{m}$  no P2) e ( $40,7\text{m}^3/\text{m}$  no P6) são condizentes ao período entre maio e junho de 2019. Entre a campanha 7 e 8, predominou na costa da ilha de Santa Catarina ondulações do leste, sendo 43% de leste e 34% de leste-sudeste. Embora nenhuma ondulação tenha ultrapassado os 2m, este período se mostrou composto em 54% do tempo por ondas superiores a 1m, com ventos ora de norte (23%) ora de sul (23%) com velocidades inferiores a 16km/h em 51% dos dias.

Ao se observar as características do sentido da deriva litorânea no dia da coleta de dados, nota-se que o P2 se apresentou de maneira contrária aos perfis do setor Norte, com transporte S-N. Esta característica pontual da célula do P2 pode ser responsável pelo acúmulo sedimentar encontrado, de maneira que o total de sedimento transportado para norte, não sobreponha o total recebido do setor Norte do arco praiado Joaquina - Morro das Pedras, cujo transporte era N-S, gerando, deste modo, uma célula de deposição. Para a mesma campanha, com exceção do P4, predominou no setor Sul correntes de deriva no sentido N-S, sendo que o P6, local de maior acúmulo sedimentar, contou com a menor velocidade observada ( $0,04\text{m/s}$ ).

A menor mobilidade sedimentar observada está associada ao P5 ( $28,1\text{m}^3/\text{m}$ ) e ao P1 ( $68,6\text{m}^3/\text{m}$ ). Ambos os perfis resultaram em seus valores máximos erosivos de variação líquida do volume durante a campanha 2 ( $-8,4\text{m}^3/\text{m}$  e  $-5,8\text{m}^3/\text{m}$ , respectivamente), função predominantemente associada às ondulações superiores a 2m ocorridas no final de agosto e início de setembro de 2018, enquanto o máximo deposicional do P1 ocorreu durante a campanha 12 ( $15,9\text{m}^3/\text{m}$ ), fortemente influenciado pelo amplo domínio das ondulações de leste. O P5 apresentou seu valor máximo durante a campanha 3 ( $6,5\text{m}^3/\text{m}$ ), com ondulação predominantemente de leste sob forte influência de sudeste. Este acúmulo do P5 pode estar associado ao desmoronamento da duna, visto que as classes de areia do setor se mostraram mais finas durante as campanhas 3 e 5 como ilustrado na Tabela 22, estando este sedimento mais fino relacionado ao incremento sedimentar a partir da descaracterização da parte frontal da duna.

De maneira geral não foi possível observar um padrão no comportamento morfológico dos perfis. A partir do balanço sedimentar das campanhas, é possível aferir algumas características responsáveis por acreção e erosão dos setores geográficos Norte e Sul,

associando principalmente à hidrodinâmica e ventos. Os períodos entre campanhas 1 e 2, 3 e 4, 5 e 6, 8 e 9 e 9 e 10, resultaram em um balanço sedimentar total negativo para o arco praial, entretanto, não são todos os perfis que apresentaram déficit sedimentar. Mesma coisa acontece para o período entre campanhas 2 e 3, 4 e 5, 6 e 7, 7 e 8, 10 e 11 e 11 e 12, responsáveis por um balanço total positivo, todavia não apresentaram unanimidade no comportamento dos perfis, tendo perfis acrescidos e perfis erodidos. Ao final do período, a campanha 9 se configurou como a de maior poder erosivo, função do balanço total negativo do sistema praial com déficit sedimentar de  $-55,7\text{m}^3/\text{m}$ , enquanto a campanha 8 representou a de maior acúmulo, adicionando à parte emersa do sistema praial  $76,3\text{m}^3/\text{m}$  de areia.

A partir do entendimento de que os setores Norte e Sul apresentam características distintas entre si, do tamanho médio de grão, orientação geral do setor dos perfis, ao modo de ocupação da linha de costa, antropização das dunas frontais, torna-se possível identificar alguns padrões hidrodinâmicos responsáveis por erodir e depositar sedimentos para o setor geográfico em questão.

Os padrões hidrodinâmicos responsáveis pela caracterização cada setor, tornam-se passíveis de identificação a partir da análise conjunta das tabelas 12 e 20. O predomínio das ondulações no período entre as 12 campanhas foi leste, com alturas de até 1m, e vento norte. Estas informações por si só não explicam os diferentes balanços encontrados para cada setor, de modo que foi necessário a interpretação dos dados secundários para identificação de padrões morfológicos.

O setor Norte da área de estudo, representado pelos perfis P1, P2 e P3, teve um balanço total de  $293,8\text{m}^3/\text{m}$ , resultando em um balanço final positivo de  $43,8\text{m}^3/\text{m}$ , indicando um acúmulo sedimentar no setor, portanto com tendências de progradação da linha de costa. Este setor se mostrou com tendências de acreção quando se encontrou sob influência de ondulações de predominância significativa de orientação leste, ondulações de sudeste também levaram ao acúmulo sedimentar na porção emersa do sistema praial. Independente dos tamanhos associados a estas ondulações, os perfis apresentaram em sua grande maioria tendências acrecionais. Também pode ser observado que para o setor Norte, os ventos de orientação norte favorecem o processo de incremento sedimentar na zona emersa do prisma praial.

As características erosivas do setor Norte puderam ser observadas a partir da correspondência direta junto às ondulações provenientes de sul. O P1 se mostrou como o mais passível de perda sedimentar a partir do tamanho destas ondulações, independente da frequência. Quando a relação entre a incidência de leste e sul são próximas, ou seja, sem o domínio absoluto de leste e forte presença de ondulações do sul, a tendência do setor Norte é apresentar características erosivas. Os perfis P2 e P3 se mostraram pouco influenciáveis pela magnitude das ondulações de sul, mas sim, pela sua frequência. A constância do vento sul e sudeste com velocidades superiores a 11km/h favorecem a retirada de sedimentos e favorecem os processos erosivos do setor.

O tipo de resposta da costa arenosa do setor Norte aos eventos de elevada magnitude de altura de onda, de acordo com a escala de impactos de tempestade (*Storm Power Index*) proposta por Morton & Sallanger (2003), foram de um regime predominado pelo espraiamento (*swash regime*), no qual a erosão é percebida especialmente na região do pós-praia, função do transporte *cross-shore*, sendo que em condições favoráveis, este sedimento é transportado novamente para a região emersa.

A influência do vento neste setor pode ser explicada a partir da percepção de que os ventos do setor Norte transportam sedimentos do campo de dunas para a região emersa do ambiente praiial, depositando-os na célula costeira, enquanto que os ventos de sul com velocidades superiores a 11km/h, retiram os sedimentos da célula, inserindo-os junto ao campo de dunas, deste modo, transportam sedimentos da região emersa do prisma praiial até a região das dunas.

O setor Sul, representado pelos perfis P4, P5 e P6, apresentou um total mobilizado de 248m<sup>3</sup>/m de sedimento, resultando em um balanço final negativo ao setor, indicando perda de -40,1m<sup>3</sup>/m e eventual retrogradação da linha de costa. O trecho Sul do arco praiial respondeu de maneira erosiva à presença de ondulações de sul com tamanho superior a 1m. O P6 se mostrou extremamente vulnerável à presença de ondulações deste setor, independentemente da frequência e do tamanho. Toda vez que se observou uma ondulação secundária de orientação sul, o P6 se comportou de maneira erosiva, exceção à presença majoritária do vento sul. Quando observado uma predominância de vento sul, este perfil apresentou tendências acreacionais, fato que pode ser explicado por ser o único perfil a apresentar dunas. Com o vento sul, sedimentos que saem da célula praiial acabam por acumular-se nesta região, que em função da ausência de

um campo de dunas mais desenvolvido, acabam ficando retidos na região praial, especificamente no P6, visto que barreiras antrópicas (casas), não permitem a continuidade do transporte sedimentar de maneira eólica. Quando os sedimentos são barrados, influem diretamente na morfologia praial (SHORT & HESP, 1982), de modo que quando a intensidade do vento sul diminui e a direção do vento muda, este sedimento retido é reintegrado à célula litorânea, resultando em um acréscimo sedimentar para o perfil.

As ondulações secundárias de sudeste também aparentam favorecer os processos erosivos, desde que os ventos não sejam majoritários de norte, com velocidades médias ultrapassando os 11km/h, neste caso, as ondulações de sudeste não asseguram ao setor características erosivas, e sim deposicionais.

De acordo com a escala de impactos de tempestade (MORTON & SALLAGER, 2003), este setor apresentou dois principais tipos de resposta à elevada energia de onda, regime de espraiamento (*swash regime*) especialmente nos perfis P4 e P6, e regime de colisão (*colission regime*) no P5, no qual a ação das ondas alcança a base das dunas removendo estes sedimentos e acarretando uma erosão líquida na região, enquanto o pós-praia se comporta da mesma maneira que no regime de espraiamento.

Se a média de altura de ondas for inferior a 1m, o predomínio de ondulações de leste e sul são responsáveis por depositar sedimentos nos perfis P4 e P5, de modo que o vento, é uma importante variável para identificar os padrões deposicionais ao setor Sul. Vento de norte com velocidades superiores a 11km/h aparentam inserir sedimentos no setor, independentemente da orientação das vagas, fato que pode estar associado à retirada de sedimentos das dunas do setor Norte, que ao serem remobilizados para a célula praial, são transportados por saltação e pela corrente de deriva, predominantemente N-S, resultando em sua acumulação na região da saliência do Campeche, para que assim sejam transportados por meio das correntes ou pelos ventos para o restante do setor Sul. Broggio (2015) em seu estudo sobre a saliência do Campeche, confirmou que o setor central da saliência apresentou seu maior acúmulo sedimentar quando associado à predominância de ventos do norte, função do transporte que insere sedimentos a partir do setor Norte do arco praial.

Pode-se então entender o acúmulo sedimentar do setor Norte a partir de ondulações de leste e sudeste, o vento norte também favorece o acúmulo na parte subaérea deste setor. A alta

frequência de ondulações de sul resulta em características erosivas para o setor, que são acentuadas junto à presença de ventos sul e sudeste a velocidades superiores a 11km/h.

O setor Sul, por sua vez, se mostrou vulnerável às ondulações de sul quando estas ultrapassam 1m de altura, e às ondulações de sudeste no geral, enquanto ondulações de leste parecem favorecer o acúmulo sedimentar. A velocidade predominante do vento e sua direção exercem um papel muito importante no balanço sedimentar deste setor, sendo a orientação de vento norte responsável por assegurar características deposicionais principalmente nos setores dos perfis P4 e P5 e o vento sul junto ao perfil P6.

O vento de orientação maral, no caso da área de estudo, provenientes do setor leste, também parece auxiliar nos processos deposicionais da parte subaérea dos setores geográficos Norte e Sul, visto que favorecem o transporte dos sedimentos mais secos da região da face praial para o pós-praia. Sedimentos estes que chegam à face praial a partir da ação das ondas, que movimentam os bancos de areia em direção à costa, para que então sejam transportados pela ação do vento (SHORT & HESP, 1982; DEAN & DALRYMPLE, 2002; AAGAARD *et al.*, 2004; BIRD, 2008).

A maior incidência observada de ondulações de sul no inverno, resultantes de uma maior frequência de passagem de frentes frias (HOMSI, 1978), como identificados por Oliveira (1986), Truccolo (1998), Torronteguy (2002), Faraco (2003), Simó e Horn Filho (2004), são responsáveis por caracterizar o inverno como uma estação erosiva, visto que este período está associado às ondulações de maior energia (ABREU DE CASTILHOS,1995; TOZZI & CALLIARI 2000; ARAÚJO *et al.*, 2003), função dos centros geradores próximo à costa.

As ondulações de sul influenciadas por condicionantes atmosféricos favoráveis, como as tempestades costeiras, resultam em um incremento energético para a altura de onda, sendo capaz de gerar um evento extremo, no qual a sobre-elevação do nível do mar condiciona ao ambiente costeiro, processos erosivos e eventual retração da linha de costa (CALLIARI *et al.* 1998 e TOZZI, 1999).

Os resultados encontrados para o balanço sedimentar do arco praial Joaquina - Morro das Pedras, que indicam o inverno como a estação mais erosiva, é, portanto, função da maior presença de ondulações de sul com tamanhos superiores a 1,5m, ondulações estas responsáveis

por retirar sedimentos da área de estudo, em ambos os setores, visto que ambas as áreas monitoradas apresentaram balanço final negativo, quando observado estas características hidrodinâmicas no período entre campanhas.

O verão, estação descrita como a de menor energia de onda na ilha de Santa Catarina (TORRONTEGUY, 2002; FARACO, 2003; KRUEGER, 2011; BROGGIO, 2015), apresentou predomínio de ondulações de sudeste e leste, sendo caracterizada como uma estação de caráter deposicional (ABREU DE CASTILHOS, 1995), função da menor passagem de frentes frias, resultando em altura de ondas com menor elevação se comparadas ao inverno (HOMSI, 1978). Para este período, ambos os setores, Norte e Sul, apresentaram um balanço final positivo, fortemente explicado pela deposição de material da plataforma continental, sedimentos reliquias, bem retrabalhados e de granulometria média a fina (TORRONTEGUY, 2002) transportados até a região da face-praial.

Sendo assim, os períodos de acreção e erosão dos setores geográficos estudados, se mostraram fortemente relacionados às características hidrodinâmicas associadas ao verão e o inverno, função da diferente magnitude das ondulações, especialmente as de orientação sul e sudeste. O vento também se mostrou importante no favorecimento do aporte ou da retirada de sedimentos da célula litorânea, especialmente no que diz respeito ao aporte sedimentar do setor Sul, contudo a magnitude e orientação das ondulações foram as principais responsáveis pelo comportamento morfológico dos setores.

## **9.2 Granulometria dos perfis praias, dos setores geográficos e sua distribuição**

As análises granulométricas realizadas indicaram que tanto os perfis, quanto os setores geográficos em si apresentam diferenças de granulometria em sua constituição e distribuição, entretanto todos os perfis tiveram como classe principal, areia média e distribuição mesocúrtica.

O P1 localizado mais ao norte da área de estudo se mostrou predominantemente formado de areia média, com grau de selecionamento moderado, sem diferenciação significativa em seus subambientes. O setor morfológico do pós-praia apresentou classes de areia média com maior diâmetro de grão, enquanto a população de característica mais fina foi observada na face praial, conjuntamente com a única amostra de areia grossa observada. A assimetria do perfil é aproximadamente simétrica, com algumas populações negativas e

algumas positivas. Martins & Martins (1974) estudando as propriedades texturais dos sedimentos entre Laguna e Araranguá - SC, identificaram que areias praias e de ambientes eólicos (dunas) adjacentes, se assemelham muito (tamanho e selecionamento), tornando a assimetria um excelente *proxy* para diferenciação da mecânica deposicional, sendo assim, identificaram que areias de assimetria negativa possuem mecânica de praia e as de assimetria positiva de duna. Friedman (1961) por meio da relação do diâmetro médio e assimetria, já havia proposto esta mesma distinção para praias dos Estados Unidos.

O P2 localizado no setor central do setor Norte é predominantemente constituído de areias de classe média, com algumas populações de areia fina e ausência completa de areia grossa. O setor morfológico do limite superior do pós-praia apresentou média menor de *phi*, resultando em um maior diâmetro de grão, enquanto a face praial apresentou os maiores valores de média *phi*, assegurando a presença de sedimento arenoso mais fino na composição do setor. O P2 contou também com uma maior quantidade de amostras de areia fina, portanto, a proporção de areia fina do P2 aumenta em direção à face praial. O grau de selecionamento bem selecionado de 15 amostras indica uma presença significativa de sedimentos relíquias da plataforma continental junto à parte emersa do perfil.

O P3 localizado mais ao sul do setor Norte, também é predominantemente formado de areia média, sem população de areia grossa. A menor média de diâmetro e maior presença de areia fina está no setor do pós-praia, enquanto o limite superior do pós-praia apresentou os maiores diâmetros de areia média.

O setor Norte da área de estudo, é, portanto, fortemente predominado pelas areias de classe média, uma pequena presença de classe fina e uma insignificante presença de população arenosa grossa. A distribuição granulométrica dos três perfis ao longo de seus setores morfológicos é distinta, sendo predominantemente composta por sedimento arenoso mais fino na face praial e de sedimentos arenoso mais grosso no limite superior do pós-praia, embora a diferença de média granulométrica entre os setores não seja muito significativa. Este fato talvez possa ser explicado pela grande presença de amostras oriundas da plataforma continental interna, função da presença significativa de amostras bem selecionadas nos três setores morfológicos. Pela maior energia de onda observada neste setor e pela menor declividade da face praial, existe o favorecimento do transporte sedimentar em direção ao limite superior do pós-praia de sedimento mais grosso pela ação do *swash*, fato também observado por Calliari



(1994) e Torronteguy (2002), visto que a ação das ondas é capaz de remover areias de até 0,17mm da face praial, transportando-as por *run-up* e deste modo, depositando este material mais grosso na região da base da duna frontal, especialmente em praias com menor declividade (BASCUM, 1951).

O P4, primeiro perfil do setor Sul da área de estudo, apesar do predomínio de areias médias, mostrou uma melhor distribuição granulométrica em seus setores morfológicos, indicando tendências de sedimentos mais grossos conforme a proximidade do setor da face praial, com baixa presença de sedimentos oriundos da plataforma continental interna e um predomínio de sedimentos praias, função da assimetria predominante negativa nos três setores morfológicos.

O P5 indicou que apesar de ausência de populações arenosas finas no setor do limite superior do pós-praia, este comportou-se como de menor diâmetro de grão. Este perfil também se mostrou mais grosseiro conforme a proximidade da face praial. As amostras em todos os setores indicam o predomínio de um ambiente deposicional praial, função da significativa presença de amostras com assimetria negativa.

Por fim, o P6 mantém as características observadas nos perfis P4 e P5, entretanto conta com o maior número de população de areia grossa observada no setor da face praial e ausência completa de sedimentos de classe arenosa fina. A assimetria do P6 é fortemente predominada pela classe negativa, indicando pouca influência de sedimentos do ambiente eólico.

Areias finas no setor Sul foram encontradas principalmente no P4, podendo estar associada ao aterro realizado na região de acesso ao balneário do Campeche, visto que uma parcela significativa desta areia não aparenta característica de ambiente de deposição eólico nem provenientes da plataforma continental interna, função da assimetria negativa e o grau de selecionamento moderado.

O decréscimo de sedimento grosso em direção às dunas pode ser explicado pela maior declividade da face praial, o que dificulta a ação do *swash*, visto que boa parte de sua velocidade é perdida por fricção (KOMAR, 1976). A maior declividade é responsável também por favorecer a velocidade do *backwash*, visto que esta é regida pela ação da gravidade, deste modo, a velocidade máxima observada se associa ao setor da face praial, resultando em um acúmulo

de sedimentos menos grossos na base da duna frontal e no acúmulo de sedimento mais grosso na região de maior velocidade (face praial), local onde a turbulência e energia da onda é maior (TORRONTÉGUY, 2002).

O setor Sul apresentou uma maior diferenciação granulométrica tanto de classes como diâmetros em seus subambientes, indicando as populações mais grossas conforme a proximidade da face praial. A assimetria do setor é predominante negativa, o que assegura ao setor areias com mecânica deposicional de ambiente praial.

Abreu de Castilhos (1995), Santos (1995), Torronteguy (2002), Cechinel (2014) e Broggio (2015) também encontraram em suas respectivas áreas de estudo, amostras com misturas de sedimentos bem retrabalhados e/ou pouco retrabalhados, caracterizando o ambiente costeiro sudeste da ilha de Santa Catarina, como formado por populações mistas de areia.

Santos (1995) em seu estudo no trecho Joaquina - Rio Tavares realizou o levantamento de oito perfis, sendo seu perfil 6, condizente com o P2 da presente pesquisa, que corresponde ao perfil do pico da Cruz. Os dados encontrados em 1995 indicam ausência de sedimento arenoso grosso e predomínio de areia média com populações de areias finas e grau de selecionamento moderado, resultados muito semelhantes ao do presente estudo.

Torronteguy (2002) em estudos no arco praial Joaquina - Morro das Pedras, a fim de identificar a distribuição granulométrica ao longo das praias da costa Leste da ilha de Santa Catarina, coletou 15 amostras além de seus perfis de controle. A amostra 12 de sua coleta coincide com o setor Norte do presente estudo, e foi caracterizada como predominantemente formada por areia média. Na mesma pesquisa, o perfil de controle 2, ao sul do término do setor Norte do atual estudo, ficou caracterizado como uma região de sedimentos predominantemente compostas pela classe areia fina. O perfil 5 do mesmo autor, localizado ao sul da área de interesse Sul deste estudo, apresentou-se de maneira semelhante, com predomínio de areia média e significativa presença da classe mais grossa.

O predomínio de areia média na extensão estudada do arco praial Joaquina - Morro das Pedras é também observado em Horn Filho (2006), entretanto este mesmo estudo indica que a região do setor Sul é predominada por sedimentos de classe areia grossa, fato que não foi

observado neste estudo, embora tenha sido encontrada uma grande significância dos sedimentos mais grossos.

Cechinel (2014) adotou o local da Cruz como marco de seu perfil 2, coincidindo com o P2 dessa pesquisa, entretanto, o autor caracterizou seu perfil como fortemente predominado por areias finas, características diferentes da observada em Santos (1995) e no atual estudo.

De maneira geral, ao se observar os trabalhos de Santos (1995), Torronteguy (2002), Horn Filho (2006) e Cechinel (2014), há o indicativo de uma população de areias finas no setor Norte, especialmente mais próximos da praia da Joaquina, e uma maior população de areias mais grossas no setor Sul. Esses dados, comparados às médias granulométricas de cada perfil, indicam uma diminuição gradativa do tamanho de grão médio entre os setores geográficos, estando o setor Sul associado a um maior tamanho de grão e o setor Norte a um menor tamanho de grão. Tal fato pode ser também identificado pela maior presença de grãos bem selecionados no setor Norte, visto que a medida que estes se tornam mais finos, melhoram seu grau de selecionamento, como identificado em Torronteguy (2002). Esta diferenciação do tamanho de grão de sul para norte indica a presença de uma gradação lateral de sedimentos.

A história geológica que representa a área fonte de sedimentos praias (BIRD, 2008) e a ação dos agentes hidrodinâmicos (marés, ondas e correntes) e até mesmo o vento (MARTINS & MARTINS, 1974; KOMAR, 1976; VILLWOCK, 1978; DEAN & DALRYMPLE, 2002), são determinantes na distribuição granulométrica longitudinal, visto serem importantes na movimentação do sedimento em ambientes costeiros. O transporte longitudinal, muitas vezes é seletivo em praias arenosas compostas de mais de um tamanho de grão, resultando geralmente em uma maior distância da origem associada aos grãos arenosos mais finos, função da maior facilidade de seu transporte (DEAN & DALRYMPLE, 2002), enquanto os grãos mais grossos se acumulam em regiões mais próximas de sua área fonte, em função da menor capacidade de transporte por parte dos agentes hidrodinâmicos e aerodinâmicos.

As principais fontes de sedimentos da área de estudo estão associadas à dissecação das rochas graníticas do embasamento principalmente do costão do Morro das Pedras, na qual insere na célula litorânea sedimentos de textura mais grossa; sedimentos relíquias bem retrabalhados, finos e com bom grau de selecionamento provenientes da plataforma continental

interna; além da erosão de afloramentos de depósitos marinho praias pleistocênicas praia da Armação, ao sul da área de estudo, de textura mais grossa (ABREU DE CASTILHOS, 1995).

Sob a perspectiva da seleção do transporte sedimentar, conjuntamente com a orientação predominante da deriva litorânea na região, esta teoria pode explicar a gradação lateral do arco praias Joaquina - Morro das Pedras de sedimentos arenosos mais grossos ao sul (próximo à área fonte) e sedimentos arenosos mais finos no setor Norte (mais distantes da área fonte), entretanto, a corrente de deriva litorânea predominante observada para o período foi no sentido norte-sul. Bird (2008) explicou que mesmo contrária à orientação principal das correntes de deriva, ondulações opostas, com frequência e altura significativa, podem selecionar e transportar os sedimentos na direção oposta. Sendo assim, as ondulações de sul e sudeste da região, associadas às maiores alturas observadas, conjuntamente com a frequência predominante de orientação leste, sob influenciada de sul e sudeste, podem ser as responsáveis pelo transporte de sedimentos no sentido norte. A gradação lateral pode, portanto, ser influenciada pela variação longitudinal da energia das ondas, seleção do transporte, remoção dos sedimentos pela ação dos ventos e variações da orientação e energia das ondulações, ou até mesmo uma combinação estes fatores (KOMAR, 1976).

Do total das 108 amostras do setor Norte, apenas três se comportaram de maneira bimodal, enquanto para o setor Sul, os histogramas de frequência indicaram 14 amostras bimodais, ou seja, 466% a mais do que no setor Norte. Martins *et al.* (1970) em estudo nas praias da ilha de Santa Catarina notaram uma relação direta entre os níveis da energia praias e o ajuste das populações, e concluíram que praias com menor energia de onda tendem a apresentar populações com distribuição bimodal e forte presença de populações arenosas mais grossa (menos retrabalhadas), enquanto com o aumento do nível de energia, maior a unimodalidade da distribuição. A partir da análise dos dados hidrodinâmicos obtidos *in situ* (Tabela 8) e simulados no SMC-Brasil (Figura 23), é possível concluir que as ondulações atingem o setor Norte em geral com um tamanho maior que o setor Sul, conjuntamente com um período de ondas maior, coincidindo com a relação encontrada por Martins *et al.* (1970) para a região.

### 9.3 Classificação morfodinâmica e parâmetros morfométricos dos setores geográficos

#### 9.3.1 Setor Norte

Todos os perfis do setor Norte foram enquadrados como praias de caráter intermediário de acordo com a classificação proposta por Wright & Short (1984) para praias arenosas dominadas por ondas. Pelos valores observados de  $\omega$  superiores a 1,5 e inferiores a 2,4, o setor Norte apresentou estado modal caracterizado por terraços de baixa-mar.

Os perfis do setor Norte apresentaram médias próximas de declividade, altura de onda e período de onda. O setor no geral mostrou um elevado índice de mobilidade do pós-praia, com valores entre 7,14m e 18,71m, além de um elevado coeficiente de variação da linha de costa, superior a 25% em todos os perfis, chegando a 57% no P2, valores que conjuntamente ao predomínio da classe areia média, asseguram ao setor características de praia intermediária. De acordo com Wright & Short (1984), a alta mobilidade sedimentar do ambiente praial é uma característica comum de praias intermediárias.

Torrenteguy (2002), descreveu as proximidades do P1 também como de características intermediárias, todavia com maior influência dos bancos transversais e maior presença de correntes de retorno. Já Cechinel (2014) identificou para o P2 o predomínio do estágio dissipativo.

De uma maneira geral, a partir das observações visuais de campo da declividade, do tipo de quebra de onda (predominantemente mergulhante) e quantidades de onda na zona de surfe (entre 2 e 3), conjuntamente com os parâmetros morfométricos obtidos, o setor Norte, durante o período monitorado se comportou do ponto de vista da morfodinâmica como intermediário, entretanto, não apenas como terraço de baixa - mar, caracterizado pela semelhança ao estágio de praia refletivas durante a preamar (SHORT, 1993). Muitas vezes foi observada a presença de cúspides praias, de três ondas na zona de surfe e de bancos esporádicos de areia, assemelhando-se ora ao caráter refletivo, ora ao caráter dissipativo, por isso, a classificação de intermediária é pertinente ao observado em campo conjuntamente com os dados morfométricos obtidos.

A unanimidade de classificação intermediária com terraço de baixa-mar a partir do valor de  $\omega$  pode ser explicada pela altura significativa de onda registrada nos dias das coletas, que foram relativamente baixas, ultrapassando 1m em apenas dois dias. Em praias de caráter intermediário, é comum períodos sob influência de diferentes alturas de onda, o que asseguram ao sistema características intermediárias que oscilam entre os extremos refletivo, quando associada a ondas de menor energia e dissipativo, quando relacionadas a ondas de maior energia (SHORT & HESP, 1982), visto que a energia gerada pelas ondas, são as principais responsáveis pela transformação dos ambientes costeiros arenosos (WRIGHT & SHORT, 1984).

O estado modal de uma praia é caracterizado pelas condições mais frequentes de resposta ao tipo de arrebentação. Praias intermediárias, podem, portanto, apresentar variações de seu estágio morfodinâmico, apesar de seu estado modal mais frequente, sendo influenciadas a partir da variabilidade do clima de ondas, maré, vento e sedimentos (CALLIARI *et al.*, 2003).

A presença do campo de dunas ainda preservado na região e valores de  $\omega$  superiores a 5 ao norte do setor Norte da área de estudo (TORRONTÉGUY, 2002; CECHINEL, 2014), mostra que este setor oscila em suas características morfodinâmicas entre os estágios dissipativos e refletivos, sendo a classificação de intermediária coerente ao observado tanto para o setor, quanto para cada um dos perfis (P1, P2, P3). Estes apresentaram alturas de onda, declividade, tamanho médio do grão e velocidade de decantação das partículas muito próximas, além de uma significativa capacidade de mobilidade da largura do pós-praia e da linha de costa.

### 9.3.2 Setor Sul

O setor Sul apresentou para seus três perfis P4, P5 e P6, características de praias refletivas, com valores de  $\omega$  inferiores a 1,5, variando entre 1,16 (P5) e 1,26 (P4). As declividades médias dos perfis foram todas superiores a 6°, com quebra de onda oscilando principalmente entre ascendente e frontal, além de uma presença significativa de população de areia grossa, especialmente na região da face praial, característica comum de praias refletivas em função da declividade acentuada que dificulta o transporte dos grãos mais grossos para a região do pós-praia e limite superior do pós-praia (BASCUM, 1951; WRIGHT & SHORT, 1984).

Quando comparado ao setor Norte, o setor Sul apresentou maiores declividades da face praial, granulometria mais grossa, menor mobilidade do pós-praia, variando entre 3,25m e (P5) 8,31m (P6), um menor coeficiente de variação da linha de costa, exceção do P6 que mostrou porcentagem de variação de 32% e uma menor média geral de largura dos perfis, características estas descritas por Short & Hesp (1982) como comuns em praias de estágio morfodinâmico refletivo.

Os dados visuais obtidos em campo da declividade da face praial, da localização da zona de surfe próxima à linha de costa, da quantidade de ondas na zona de surfe, da textura arenosa mais grossa dos sedimentos e da frequente presença de cúspides, infere que o setor Sul se comporte de maneira refletiva quanto à morfodinâmica.

Torrenteguy (2002), caracterizou seu perfil 5 como de caráter refletivo, perfil este localizado a sul do setor Sul da atual pesquisa, indicando que a região apresenta tendências refletivas ao longo dos anos.

Apesar de Guza & Inman (1975), terem associado praias refletivas a uma menor energia de onda, Wright *et al.* (1979) afirmaram que praias refletivas podem estar tanto associadas à baixa quanto à alta energia de ondas, desde que seja observada uma presença significativa de material mais grosso para formação do estoque subaéreo, visto que este tipo de praia, refletiva, apresenta a maior parte de seu estoque sedimentar na parte subaérea em detrimento da parte submersa (WRIGHT *et al.*, 1979, 1984, 1985).

A diferença de estágio morfodinâmico dos setores Norte e Sul podem ser explicadas principalmente pelas granulometrias observadas, como mostrado por Abreu de Castilhos (1995), Leal (1999) e Torrenteguy (2002), que estudaram outros arcos praias na costa Leste da ilha de Santa Catarina, definindo que a granulometria é um fator determinante do comportamento morfodinâmico de praias arenosas dominadas por ondas.

#### **9.4 Variação da linha de costa**

A análise histórica da posição da linha de costa por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) é muito importante para caracterização das tendências de erosão e acreção do ambiente praial (TEMITOPE & OYEDOTUN, 2014), visto que permite resultados confiáveis

das flutuações pretéritas e atuais e tendências futuras da posição da linha de costa (CHANDRASEKAR *et al.*, 2000).

Sendo assim, a análise multi-temporal da posição da linha de costa nos setores Norte e Sul da área de estudo, associadas ao período entre 1938 - 2016, se mostrou uma ferramenta de extrema importância para caracterizar tendências de estabilidade, erosão e acreção dos setores praias, conjuntamente com os impactos gerados para o balanço sedimentar a partir da urbanização da extensão sul do arco praias Joaquina - Morro das Pedras.

A partir da utilização do *proxy* de linha da vegetação, a série temporal pretérita referente ao período entre 1938 e 1978, indicou que tanto o setor Sul como o Norte, não apresentavam nenhuma tendência de erosão da linha de costa, ou seja, não se observava déficit do balanço sedimentar, visto que em praias com déficit sedimentar, predominam os processos erosivos e praias com saldo positivo tendem à progradação de sua linha de costa, função do acúmulo sedimentar (SOUZA, 2009).

Os dados pertinentes ao período em questão associados ao setor Norte indicam que o setor se comportava com tendências à acumulação sedimentar, sob taxas de progradação da linha de costa entre 0,25 e 1,00m/ano, especialmente nas regiões do P2 e P3, sendo que o P1, apresentava taxas de acreção ainda superiores, variando entre 1,00 e 2,00m/ano. Mais a sul da área dos perfis, era possível identificar um trecho, região do atual Novo Campeche, com taxas de progradação da linha de costa superiores a 2,00m/ano. Portanto, pode-se afirmar por meio da análise das imagens, que o setor Norte apresentava tendências de acúmulo sedimentar por toda sua extensão.

O setor Sul para o mesmo período não chegou a apresentar taxas de progradação superiores a 2,00m/ano, entretanto, era possível identificar taxas de aumento da linha de costa entre 0,25 e 1,00m/ano para a região dos perfis P4, P5 e P6. A porção mais a sul da área dos perfis indicava que para o período, a principal característica era a estabilidade sedimentar, com taxas variando entre -0,25 e 0,25m/ano, enquanto próxima à saliência do Campeche, a norte do setor, foram identificadas as maiores taxas de progradação, entre 1,00 e 1,89m/ano. Pode-se então assegurar por meio das variações pretéritas da linha de costa, que este setor para o período entre 1938 e 1978 não apresentava taxas significativas de retração da linha de costa, ou seja, os



processos erosivos não eram observados, visto que predominava a progradação e a estabilidade da posição da linha de costa.

Avançando a série temporal para o período entre 1994 e 2016, também sob a perspectiva da linha visível de vegetação, já se torna possível perceber grandes mudanças no comportamento da linha e costa para ambos os setores.

O balanço sedimentar do setor Norte após a ocupação da região das dunas na praia do Campeche foi diretamente afetado, uma vez que as taxas máximas de progradação para o setor variam atualmente entre 0,25 e 1,00m/ano, com um aumento significativo de áreas de estabilidade sedimentar (-0,25 e 0,25m/ano) além do surgimento de focos de áreas com retração da linha de costa, a taxas de -0,80 e -0,25m/ano. Os perfis P1, P2 e P3 que apresentavam tendências à progradação, hoje se comportam com estabilidade sedimentar.

Quando se observa o comportamento atual do setor Sul, foco da urbanização, o balanço sedimentar se mostra completamente influenciado pela ocupação do campo de dunas.

Atualmente, o setor Sul encontra-se sob predomínio absoluto dos processos de retração da linha de costa, com taxas de recuo variando entre -0,25 e -1,60m/ano, especialmente nas regiões dos perfis P4, P5 e P6, fato evidenciado durante as campanhas de campo, especialmente durante os eventos com elevada altura de onda, responsáveis pelo favorecimento dos processos erosivos. Estes resultados corroboram com os problemas perceptíveis de erosão identificados por Clark (1993) e Souza (2005), no qual associam taxas de erosão alta, média e baixa e faixa de areia estreita às áreas densamente povoadas.

Esta transformação das características naturais do comportamento da linha de costa nas extensões Norte e Sul do arco praiial Joaquina - Morro das Pedras, se mostra diretamente associada à elevada ocupação urbana da extensão sul da área de estudo ocorrida após 1978.

São inúmeros os autores que associam à acentuação dos processos erosivos em praias do Brasil, como resultado da maior antropização de áreas costeiras (ABREU DE CASTILHOS, 1995; SOUZA & SUGUIO, 1996; DIEHL, 1997; HORN FILHO *et al.*, 2001; SOUZA & SUGUIO, 2003; SIMÓ & HORN FILHO, 2004; DILLENBURG *et al.*, 2004; KLEIN *et al.*,

2006; MUEHE, 2005; SOUZA, 2009; SOUZA & LUNA, 2010), especialmente em função da ocupação das dunas frontais, parte ativa e integrante do prisma praial.

Dos 11 indicadores de erosão costeira propostos por Souza (1997), pelo menos oito estão presentes no setor Sul, sendo eles: pós-praia estreito, retrogradação da linha de costa, erosão progressiva dos depósitos marinho praias, destruição da faixas frontais de vegetação de restinga, exumação/erosão de depósitos turfáceos, frequente exposição de “terraços ou falésias artificiais”, destruição de estruturas rígidas implantadas sobre os depósitos erodidos e presença de concentrações significativas de minerais pesados em determinados trechos da praia.

O estudo das variações da linha de costa realizado indica que o agravamento dos processos erosivos no setor Sul está, portanto, associado diretamente a urbanização da orla e à implementação de estruturas rígidas e semirrígidas artificiais para retenção de sedimentos na praia do Campeche. Estes fatores antrópicos são extremamente importantes para o agravamento dos processos erosivos costeiros (SOUZA, 1997), visto que induzem ao balanço sedimentar negativo da região, além de indicarem que existe o processo ativo de erosão, quando as estruturas são responsáveis por alterar a dinâmica natural e conseqüentemente causar erosão (PILKEY & WRIGHT, 1988).

Diferentemente do setor Sul, o setor Norte não conta com esta urbanização da orla e linha de costa. Por este motivo talvez, os resultados do balanço sedimentar do setor não sejam negativos. Apesar da linha de costa atualmente se mostrar menos propensa à progradação se comparadas ao período pré urbanização do Campeche, os resultados ainda indicam tendências à estabilidade no setor Norte da área de estudo.

A descaracterização observada para o setor Norte que antes tendia a progradação, agora começa a dar indícios de um início de processos erosivos, associada a falta de disponibilidade sedimentar junto a célula costeira, indicando que, a urbanização do setor Sul gerou conseqüências indiretas para o setor Norte no quesito aporte sedimentar. O aprisionamento sedimentar causado pelas construções costeiras é responsável por modificar o balanço sedimentar de praias adjacentes (McLACHLAN *et al.*, 1994), e na área de estudo, aparenta estar sendo responsável por diminuir o aporte sedimentar junto ao setor Norte, onde as características originais de progradação do setor não estão mais sendo observadas.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

---

Os setores praias Norte e Sul tiveram comportamentos distintos no que diz respeito ao seu balanço sedimentar, estando a praia do Rio Tavares associada à perfis estáveis e com pequena acreção, enquanto os perfis da praia do Campeche apresentaram perda sedimentar.

A partir dos principais agentes hidrodinâmicos modeladores das feições praias, pôde ser observado duas distintas respostas dos sistemas praias analisados às estações do ano, estando o inverno relacionado à erosão dos perfis, decorrente do predomínio de ondulações superiores a 1m (64,9%) e à alta frequência de ondulações do sul (39,9 %), enquanto para o verão, a característica observada para ambos os setores foi de acreção sedimentar, função do predomínio de ondulações baixas, inferiores a 1m (72%) e a baixa influência do sul (7,8%) na origem das ondas.

O vento mostrou ter um papel muito importante na distribuição de sedimentos ao longo dos trechos monitorados do arco praias Joaquina - Morro das Pedras, estando os de origem norte e leste associados à inserção de sedimentos no sistema praias, enquanto os de sul e sudeste favoreceram os processos erosivos perceptíveis do sistema praias emerso.

A maior mobilidade sedimentar encontrada de 298,3m<sup>3</sup>/m foi para os perfis P1, P2 e P3 do setor Norte, culminou ao final do período de 16 meses, em uma acreção volumétrica de 43,8m<sup>3</sup>/m. Para o mesmo período, o setor Sul mobilizou um total de 248,5m<sup>3</sup>/m de sedimento, resultando ao final em uma perda sedimentar de -40,1m<sup>3</sup>/m.

Esta distinção não pode ser explicada apenas pela diferente intensidade dos eventos hidrodinâmicos, pois ondulações de leste e sul-sudeste, de acordo com o SMC-Brasil, atingem o setor Norte de maneira mais intensa, o que favoreceria os processos erosivos de maneira mais significativa em detrimento da extensão sul. Portanto, este balanço negativo do setor Sul, pode estar associado à interferência humana na disponibilidade natural de sedimentos.

A partir da classificação de praias arenosas proposta pela Escola Australiana de Geomorfologia Costeira foi possível identificar que os dois setores se comportaram de maneira distinta, especialmente em função das diferentes classes de areia encontradas ao longo do arco praias Joaquina - Morro das Pedras.

O setor Norte composto predominantemente de areia média com uma significativa presença de areias finas, apresentou média  $Mz$  de 1,63  $\Phi$ , acarretando uma classificação de praias intermediárias com terraços de baixa-mar, em função do valor de  $\Omega$  encontrado, sendo superior a 1,5 e inferior a 2,4. Para o setor Sul também predominaram sedimentos arenosos de textura média, entretanto, uma quantidade significativa de sedimento arenoso mais grosso também se mostrou presente, de modo que o valor médio de  $Mz$  para o setor foi de 1,45  $\Phi$ , o que acarretou em valores de  $\Omega$  inferiores a 1,5, classificando todo o setor como uma praia refletiva.

A partir dos dados encontrados para o balanço sedimentar foi possível notar que o setor Sul está sofrendo com os processos erosivos, mas a afirmação de que a erosão é consequência da urbanização sobre os depósitos eólicos, só poderia ser confirmada a partir de uma análise do comportamento natural do sistema, pretérito ao período de ocupação.

A variação da linha de costa entre os períodos de 1938 e 1978 indica que ambos os setores apresentavam características de estabilidade e progradação da linha de costa, sendo possível identificar taxas de avanço no setor Norte de até 3,46m/ano, e para o setor Sul, taxas de até 1,89m/ano.

Com a ocupação da região das dunas no setor Sul na praia do Campeche iniciada nos anos 80, foi possível por meio da análise das imagens aéreas referentes ao período entre 1994 e 2016, perceber uma nova configuração da distribuição sedimentar, no qual tanto o setor Norte quanto o setor Sul, modificaram suas características naturais de progradação e estabilidade, indicando que o aprisionamento dos sedimentos no setor Sul, está afetando diretamente o aporte sedimentar do setor Norte, em função das taxas de progradação atuais não ultrapassarem os 2,00m/ano, do aumento significativo das áreas de estabilidade e surgimento de focos erosivos por toda a praia do Rio Tavares.

Para o setor Sul as consequências foram ainda maiores, visto que hoje, apenas um pequeno trecho a sul da área de interesse apresenta taxas de progradação de 1,07m/ano, e praticamente toda a extensão desse setor apresenta focos de recuo da linha de costa sob taxas de até -1,60m/ano.

É evidente que a urbanização sobre os ambientes de sedimentação eólica no setor Sul do arco praial Joaquina - Morro das Pedras está afetando a distribuição sedimentar ao longo de toda a extensão praial, especialmente em função da falta de sedimentos disponíveis, visto que a direção predominante de transporte litorâneo é de sul para norte, identificada a partir da distribuição granulométrica dos sedimentos.

Neste momento, torna-se crucial o monitoramento praial contínuo da região, especialmente no que diz respeito ao seu balanço sedimentar, pois provavelmente a praia do Rio Tavares e por consequência a praia da Joaquina, irão apresentar os processos erosivos acentuados dentro de alguns anos.

É de suma significância que o poder público promova medidas de mitigação desta erosão ativa, associada à construção de residências em ambientes impróprios, mas que acima de tudo, respeitem as necessidades e características do ambiente costeiro, uma região que necessita de sedimentos livres para sua migração, e não seu aprisionamento.

Diversos locais do mundo e até mesmo do Brasil sofrem com os processos erosivos costeiros, e é entendido no âmbito global, que estruturas de aprisionamento sedimentar não resolvem os processos erosivos, elas simplesmente mascaram este problema localmente por um período, e transferem o problema para a praia vizinha, acentuando, e muito, os processos de erosão perceptíveis. Sendo assim sugere-se a realização de um projeto pautado no conhecimento científico com estratégias que realmente favoreçam a preservação da praia.

Atualmente, uma abordagem muito utilizada para remediar e mitigar os processos erosivos é através da técnica de construção com a natureza (*Building with nature*), no qual a partir do entendimento e da manutenção natural do sistema, sedimentos são inseridos no sistema sem a descaracterização natural dos ecossistemas ali existentes. Sendo assim, projetos que visem à mitigação dos processos erosivos não podem ser realizados de maneira emergencial, pois é necessário um embasamento científico real e sistemático do funcionamento e das características naturais do sistema praial em questão, para que então, sejam sugeridas ações realmente significativas para este problema, e que não apenas maquie e transfira o problema para a praia adjacente.

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

---

- AAGAARD, T.; DAVIDSON-ARNOTT, R.; GREENWOOD, B.; NIELSEN, J. 2004. Sediment supply from shoreface to dunes: linking sediment transport measurements and long-term morphological evolution. **Geomorphology**, **60**:205-224.
- ABREU DE CASTILHOS, J. 1995. **Estudo evolutivo, sedimentológico e morfodinâmico da planície costeira e praia da Armação - ilha de Santa Catarina, SC**. Florianópolis. 138p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- ABREU DE CASTILHOS, J. & CORREA, C.H.T. 1991. Avaliação preliminar dos processos erosivos na praia da Armação - ilha de Santa Catarina. Florianópolis - SC. **In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. IV, Anais...** Porto Alegre.
- ABREU DE CASTILHOS, J. & GRÉ, J.C.R. 1997. Praias da ilha de Santa Catarina: caracterização morfológica e problemas de erosão costeira. **In: CONGRESSO DA ABEQUA, 6º, Resumos Expandidos...** Curitiba, 388-392.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J.L. de MORAES.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, **22(6)**:711-728.
- AMARANTE, C. 2015. O bairro Campeche: "Qualidade de vida junto ao mar". **Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas**, **8(1)**:81-94.
- AMARANTE, C. 2016. A Cidade Nova do Campeche: uma perspectiva histórica dos projetos de futuro para Florianópolis a partir das memórias dos moradores do bairro. **In: ENCONTRO NACIONAL DE HISTÓRIA ORAL, XIII**. 12p.
- APENDINNI, C. & FISCHER, D. 1998. Hazard management planning for severe storm erosion. **Shore and Beach**. 5-8.
- ARAÚJO, C. E.S.; FRANCO, D.; MELO FILHO, E.; PIMENTA, F. 2003. Wave regime characteristics of Southern Brazilian coast. **In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COASTAL AND PORT ENGINEERING IN DEVELOPING COUNTRIES, VI. Paper n° 97**, 15p.
- BABA, J. & KOMAR, P. D. 1981. Measurements and analysis of settling velocities of natural quartz sand grains. **Journal of Sedimentary Petrology**, **51(2)**:631-640.
- BARNETT, M. R; ASCE, A. M & WANG, H. 1989. Effects of a vertical seawall on profile response. **Coastal Engineering**, **111**:1493-1507.
- BASCOM, W. N. 1951. The relationship between sand size and beach-face slope: **American Geophysical Union Transactions**, **32**:866-874.
- BENAVENTE, J., DEL RÍO, L., ANFUSO, G., GRACIA, F.J., & REYES, J.L. 2002. Utility of morphodynamic characterization in the prediction of beach damage by storms. **Journal of Coastal Research**, **36**: 56-64.

- BERTIN, X., OLIVEIRA, A., & FORTUNATO, A. B. 2009. Simulating morphodynamics with unstructured grids: description and validation of a modeling system for coastal applications. **Ocean Modelling**, **28**:75-87.
- BIRD, E.C.F. 2008. **Coastal Geomorphology**. An Introduction. 2<sup>nd</sup> Edition, New York: John Wiley & Sons. 411p.
- BIRKEMEIER, W. 1981. Fast, Accurate Two-person Beach Surveys. **Coastal Engineering Technical aid**, **81**:1-17.
- BOAK, E. H. & TURNER, I. L. 2005. Shoreline definition and detection: a review. **Journal of Coastal Research**, **21(4)**:688-703.
- BRASIL. Constituição (1988). Lei nº 7661, de 16 de janeiro de 1988. Lei Nº 7.661, de 16 de maio de 1988: **Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro**, Brasília-DF
- BORGES, M. M. 2017. **Caracterização morfossedimentar em escala sazonal da praia Mole - ilha de Santa Catarina/SC - Brasil**. Florianópolis. 88p. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Oceanografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- BRITTO, F. P.; BARLETTA. R.; MENDOÇA. M. 2006. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluviométrica máxima no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, **2**:35-51.
- BROGGIO, M. F. 2015. **Caracterização morfossedimentar da saliência da praia do Campeche, ilha de Santa Catarina/SC, Brasil**. Florianópolis. 115p. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Oceanografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- CALLIARI, L.J. 1994. Cross-shore and longshore sediment size distribution on Southern Currituck spit, North Carolina: implications for beach differentiation. **Journal of Coastal Research**, **10(2)**:360-373.
- CALLIARI, L.J., SPEREANSKI, N., BOUKAREVA, I. 1998. Stable focus of wave rays as a reason of local erosion at the Southern Brazilian coast. **Journal of Coastal Research**, **26**:19-23.
- CALLIARI, L.J., MUEHE, D., HOEFEL, F.G., TODO JR, E. 2003. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, **51**:63-78
- CAMUS, P. 2001 A hybrid method to downscale wave climate to coastal areas. **Coastal Engineering**. doi: 10.1016/j.coataleng.2011.05.007.
- CARTER, R.W.G. 1998. **Coastal environments: An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastline**. London: Academic Press, 6<sup>a</sup> ed. 609p.
- CARTER, R.W.G., ORFORD, J.D., FORBES, D.L. & TAYLOR, R.B., 1990. Morphosedimentary development of drumlin-flank barriers with rapidly rising sea level, Story Head, Nova Scotia. **Sediment. Geology**, **69**:117-138.

CARUSO JR., F. 1993. Mapa geológico da ilha de Santa Catarina - Escala 1: 100.000. Texto explicativo e mapa. **Notas Técnicas**, 6:1-28

CENTRO DE ESTUDOS DA CULTURA E CIDADANIA - CECCA. 1997. **Uma cidade numa ilha: Relatório sobre os problemas socioambientais da ilha de Santa Catarina**. Florianópolis, UFSC. 248p.

CECHINEL, E. J. 2014. **Caracterização morfossedimentar do arco praial Joaquina - Campeche: uma atualização de dados**. Florianópolis. 82p. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.

CHANDRASEKAR, N., CHERIAN, A., RAJAMANICKAM, M & RAJAMANICKAM, G. V. 2000. Coastal landform mapping between Tuticorin and Vaippar using IRS-1C data. **Indian Journal of Geomorphology**, 5 (1&2):114-120.

CLARK, R.R. 1993. Beach conditions in Florida: a statewide inventory and identification of the beach erosion problem areas in Florida. *In: Beaches and Shores Technical and Design Memorandum*. Florida: Department of Environmental Protection. 202p.

CRACKNELL, A.P. 1999. Remote sensing techniques in estuaries and coastal zone - an update. **International Journal of Remote Sensing**, 19(3):485-496.

CROWELL, M., LEATHERMAN, S.P. & BUCKLEY, M.K.; 1991. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. **Journal of Coastal Research**, 7(3):839-852.

CROWELL, M.; DOUGLAS, B.C., LEATHERMAN, S.P. 1997. On forecasting future U.S. shoreline positions: a test of algorithms. **Journal of Coastal Research**, 13(4), 1245–1255.

CRUZ, O. 1993. Estudo geomorfológico em áreas costeiras da ilha de Santa Catarina e do continente circunvizinho (Município de Florianópolis. São José. Palhoça. Biguaçu e Governador Celso Ramos). **Relatório Técnico Final de Pesquisa para o CNPq**, 182p.

CRUZ, O. 1998. **A ilha de Santa Catarina e o continente próximo: um estudo de geomorfologia costeira**. Florianópolis: Editora do Instituto Federal de Santa Catarina, 276p.

DALINGHAUS, C. 2016. **Análise da estabilidade da forma em planta e perfil nas praias da Barra da Lagoa, Moçambique e Ingleses, Florianópolis - SC: aplicações de perigos costeiros**. Florianópolis. 200p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.

DAVIES, J. L. 1980. **Geographical variability in coastal development**. 2<sup>nd</sup> Ed. London: Longman. 221p.

DAVIS, R.E., FOOTE, F.S & KELLY, J.M. 1966. **Surveying Theory and Practice**, McGraw Hill, Inc., New York, 1096p.

DEAN, R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. *In: CONFERENCE OF ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE*, Sydney, **Proceedings...**298-314.



DEAN, R. G. 1977. Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf coasts, Department of Civil Engineering, **Ocean Engineering Report, 12**.

DEAN, R.G. & DALRYMPLE, R.A. 2002. **Coastal processes with Engineering applications**. 1<sup>ed</sup>, Cambridge University Press, 475p.

DIEHL, F.L. 1997. **Aspectos geoevolutivos, morfodinâmicos e ambientais do pontal da Daniela, ilha de Santa Catarina, Brasil**. Florianópolis. 128p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.

DILLENBURG, S. R., ESTEVES, L.S., TOMAZELLI, L.J. 2004. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências, 76(3)**.

DOLAN, R. & DAVIS R.E. 1992. An intensity scale for Atlantic coast northeast storms. **Journal of Coastal Research, 8(4):840-853**.

DOLAN, R.; HAYDEN, B.P.; MAY, P., MAY, S.K. 1980. The reliability of shoreline changes measurements from aerial photographs. **Shore and Beach, 48(4):22-29**.

DOLAN, R.; FENSTER, M.S., HOLME, S.J. 1991. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. **Journal of Coastal Research, 7(3):723-744**.

DOODSON, A. T. 1921. The harmonic development of the tide-generating potential. **Proc. Roy. Soc. London, A, 100**.

ELLER, J. R. G. 2016. **Geoprocessamento e a urbanização na planície do Campeche – anos de 1986 a 2015**. Florianópolis. 142p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.

EMERY, K.O. 1961. A simple method of measuring beach profiles. **Limnology Oceanography, 6:90-93**.

FARACO, K. R. 2003. **Comportamento morfodinâmico e sedimentológico da praia dos Ingleses - ilha de Santa Catarina - SC, durante o período de 1996 - 2001**. Florianópolis. 119p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.

FARIAS, A. M. L. & LAURENCEL, L. C. 2000. **Fundamentos de Estatística Aplicada: Módulo I: Estatística Descritiva**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 76p.

FLATHER, R. A. 2001. Storm Surges. **Encyclopedia of Ocean Sciences, 5:2882–2892**.

FOLK, R. L. & WARD, W. C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology, 27(1):3-26**

FRIEDMAN, G.H. 1961. Distinction between dune, beach, and rivers sands from their textural characteristics. **Journal of Sedimentary Petrology, 31(4):514-529**

GALVIN, C.J. 1968. Breaker type classification on three laboratory beaches. **Journal of Geophysical Research**, **73**:3651-3659.

GIBBS, R. J.; MATTHEWS, M. D.; LINK, D. A. 1971. The relationship between sphere size and settling velocity. **Journal of Sedimentary Petrology**, **41**(1):7-18.

GOMES DA SILVA, P., KLEIN, A.H.F., GONZALES, M., GUTIERREZ, O., SPEJO, A. 2015. Performance assessment of the database downscaled ocean waves (DOW) on Santa Catarina Coast, South Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, **87**:623-634.

GONZÁLEZ, M., MEDINA, R., GONZALEZ-ONDINA, J., OSIRIO, A., MÉNDEZ, F.J., GARCÍA, E. 2007. An integrated coastal modeling system for analyzing beach processes and beach restoration projects, SMC. **Computers & Geosciences**, **33**:916-931.

GRÉ, J.C. 1993. **Aspectos sedimentares da plataforma continental de Santa Catarina**. Porto Alegre. 91p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GRÉ, J.C., ABREU DE CASTILHOS, J.A., HORN FILHO, N.O. 1994. Morphodynamic and sedimentological study of the "Mole" beach, Santa Catarina island, SC, Brazil. *In*: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGY CONGRESSE, 14°, Recife, **Abstracts...**p.23.

GURALNIK, D.B. 1972. (ed.) **Webster's New World Dictionary of the American Language** (second college edition). New York: World Publishing, Times Mirror.

HARLEY, D.M., TURNER, L.I., KINSELA, A.M, MIDDLETON, J.H., MUMFORD, P.J., SPLINTER, K.D., PHILLIPS, M.S., SIMMONS, J.A., HANSLOW, D.J & SHORT, A.D. 2017. Extreme coastal erosion enhanced by anomalous extratropical storm wave direction. **Sci. Rep.** **2017**, **7**:6033.

HERBICH, J.B. 1999. **Handbook of Coastal Engineering**. [S.L]: McGraw -Hill. 1152p.

HERRMANN, M.L.P. & ROSA, R.D. 1991. Relevo da ilha de Santa Catarina. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ESTADOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3°. **Anais...** UEL/NEMA. v.2, 1-15.

HERRMANN, M. L. P.; ROSA, R. O. 1991. **Mapeamento temático do município de Florianópolis: geomorfologia: síntese temática**. Florianópolis: IBGE/IPUF. 26p.

HESP, P.A. 1984. Foredune formation in Southeast Australia. *In*: B.G. Thom (Ed.) **Coastal Geomorphology in Australia**: Academic Press. 69-97.

HESP, P. 1988. Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in Southeast Australia. **Sedimentary Geology**, **55**(1-2):17-41.

HESP, P.A., 1989. A review of biological and geomorphological processes involved in the initiation and development of incipient foredunes. *In*: GIMMINGHAM, C.H., RITCHIE, W., WILLETTS, B.B., WILLIS, A.J. (Eds.), Coastal Sand Dunes. **Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Roy**, **96**:181-202.

HESP, P.A. 2002. Foredune and blow-outs: initiation and dynamics. **Geomorphology**, **48**: 245-268.

HIMMELSTOSS, E.A. 2009. "DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide". *In*: THIELER, E.R., HIMMELSTOSS, E.A., ZICHICHI, J.L., AND ERGUL, A. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change**: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008. 1278p.

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

HOEKE, R.K.; ZARILLO, G.A.; SYNDER, M., 2001. A GIS based tool for extracting shoreline positions from aerial imagery (BEACHTOOLS). *In*: **Coastal Engineering Technical Note IV**. 12p.

HOMSI, A. 1978. Wave climate in some zones of the Brazilian coast. *In*: INTERNATIONAL COASTAL ENGINEERING CONFERENCE, 16°, Hamburg, **Proceedings...** 117-133pp.

HORN FILHO, N.O. 2003. Setorização da província costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos. **Geosul**, **18(35)**:71-98

HORN FILHO, N. O. 2006. Granulometria das praias arenosas da ilha de Santa Catarina, SC. **Gravel**, **4**:1-21.

HORN FILHO, N.O. & LIVI, N.S. 2013. **Mapa geoevolutivo da planície costeira da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. Departamento de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. ISBN 978-85-60501-10-6.

HORN FILHO, N. O., LEAL, C. P., OLIVEIRA, J. S. 2000. Ilha de Santa Catarina, SC - Brasil: 88km de praias arenosas. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRAIAS ARENOSAS, 1°, Itajaí. **Anais...** 164-165p.

HORN FILHO, N. O.; LEAL, P. C.; OLIVEIRA, J. S. de. 2014. **Geologia das 117 praias arenosas da Ilha de Santa Catarina**: as praias de Florianópolis na ilha da Magia. Novas Edições Acadêmicas, 220p.

HORN FILHO, N.O., OLIVEIRA, J.S., LEAL, P. C. 1999. Mapping the Santa Catarina island's coast, Santa Catarina, Southeastern Brazil. *In*: COASTAL ZONE 99. San Diego, 1999. **Proceedings...** 401-403.

HOUSER, C. & ELLIS, J. 2013. Beach and dune interaction. *In*: John F. SHRODER (ed.) **Treatise on Geomorphology, Volume 10**. San Diego: Academic Press. 267-288.

HSU, T.-W., LIN, T.-Y., and TSENG, I.-F., 2007. Human impact on coastal erosion in Taiwan. **Journal of Coastal Research**, **23(4)**,961-973.

IBGE. 2010. **Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil**.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2012. **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaption - Summary for Policymakers**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (ISDR). 2011. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction - Revealing risk, redefining development**. United Nations, Geneva, Switzerland.

JACKSON, L, A. & TOMLINSON, R. 2017. 50 Years of seawall and nourishment strategy evolution on the Gold coast. **Coasts & Ports 2017 Conference**.

KING, L.C.A. 1956. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, **18**:147-266.

KLEIN, A. H.F., PRADO, M. F. V., DALINGHAUS, C., CAMARGO, J, M. 2016. **Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral Norte da ilha de Santa Catarina e entorno**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 251p.

KLEIN, A. H.F., MENEZES, J.T., DIEHL, F. L., ABREU, J.G.N., POLETTE, M., SPERB, R.M., SPERB, R.C. SANTA CATARINA. 2006. *In*: MUEHE, D (Org). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 476p.

KOMAR, P.D. 1976. **Beach processes and sedimentation**. New Jersey: Prentice-Hall. Inc., 429p.

KOMAR, P. D., & R. A. HOLMAN. 1986. Coastal processes and the development of shoreline erosion, **Annu. Rev. Earth Planet. Sci.**, **14**:237-265,

KRAUS, N.C & PILKEY, O. H. 1988. The effects of seawalls on the beach. **Journal of Coastal Research**, **4**.

KRAUS, N.C. & McDOUGAL, W.G. 1996. The effects of seawalls on the beach: part I, an updated literature review. **Journal of Coastal Research**, **12(3)**:691-701.

KRUEGER, J. 2011. **Análise dos parâmetros meteorológicos e oceanográficos dos eventos de ressaca ocorridos entre janeiro de 2001 a dezembro de 2010 no estado de Santa Catarina**. Monografia. Graduação em Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí.

LARSON, M., ERIKSON, L., HANSON, H. 2004. An analytical model to predict dune erosion due to wave impact. **Coastal Engineering**, **51**:675-696.

LEAL, P. C.1999. **Sistema praial Moçambique - Barra da Lagoa, ilha de Santa Catarina, SC, Brasil: aspectos morfológicos, morfodinâmicos, sedimentológicos e ambientais**. Florianópolis. 125p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.

LEATHERMAN, S. P. 1979. Beach and dune interactions during storm condition. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology**, **12(4)**:281-290.

LEATHERMAN, S. P. 2003. Shoreline change mapping and management along the U.S. East Coast. **Journal of Coastal Research**, (38):5-13.

LI, F., VAN GELDER, P.H.A.J.M., CALLAGHAN, D.P., JONGEJAN, R.B., DEN HIJER, C. AND RANASINGHE, R. 2014. Probabilistic modelling of wave climate and predicting dune erosion considering sea level rise. **Journal of Coastal Research, Special Issue 65**:760-765.

LUIJENDIJK, A., HAGENAARS, G., RANASINGHE, R., BAART, F., DONCHYTS, G., & AARNINKHOF, S. 2018. The state of the world's beaches. **Scientific Reports**, 8:6641.

MARTINS, L. R, GAMERMANN, N, SCHEIBE, L. F., TEIXEIRA, V. H. 1970. Sedimentologia da ilha de Santa Catarina I - areias praias. **Publicação Especial**. Escola de Geologia. Porto Alegre, UFRGS, v. 18: 1-55.

MARTINS, L.R. & MARTINS, I.R. 1974. Propriedades texturais dos sedimentos litorâneos de Santa Catarina III - Trecho Laguna - Araranguá. **Pesquisas**, 3(1):17-34.

MAZZER, A. M. & DILLENBURG, S. 2009. Variações temporais na linha de costa de praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, 36(1):117-135.

MCGRANAHAN, G., BALK, D.; ANDERSON, B. 2007. The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *In*: **Environment Urbanization**, 19:17-37.

MCLACHLAN, A. 1983. Sandy beach ecology - a review. *In*: MCLACHLAN A., ERASMUS T. (eds). **Sandy beaches as ecosystems**. Developments in Hydrobiology, vol. 19.

MCLACHLAN, A., ILLENBERGER, W.K., BURKINSHAW, J.R., BURNS, M.E.R. 1994. Management implications of tampering with littoral sand sources. **Journal of Coastal Research**, 12:51-59.

MELO Fº, E. 1993. The sea Sentinels project: watching waves in Brazil. *In*: SYMPOSIUM ON COASTAL AND OCEAN MANAGEMENT, COASTAL ZONE '93. 8<sup>th</sup>. **Proceedings...**505-517.

MELO Fº, E. 2017. **Maré meteorológica na costa brasileira**. Rio Grande. 328p. Tese Professor Titular. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Rio Grande.

MENDES, J. C. 1992. **Elementos de Estratigrafia**. São Paulo: T.A. Queiroz.

MIOT DA SILVA, G. 2006. **Orientação da linha de costa e dinâmica dos sistemas praia e duna: praia de Moçambique, Florianópolis, SC**. Porto Alegre. 280p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal Rio Grande do Sul.

MONTEIRO, M. A. 2001. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, 16(31):69-78

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. de ARRUDA. 1995. O clima do trecho Florianópolis - Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **Geosul**, **19(20)**:118-133.

MOREIRA, A. S. 2009. **O processo participativo no plano diretor: estudo de caso: Campeche/Florianópolis, SC - Brasil**. Florianópolis. 246p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Sócio-Ambiental. Universidade do Estado de Santa Catarina.

MORENO, D.A. 2000. Aspectos morfodinâmicos da praia da Galheta, Florianópolis, SC. *In*: SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 13°, Itajaí. **Resumos expandidos...** 132-133p.

MORTON, R.A. & SALLENGER, A.H. 2003. Morphological impacts of extreme storms on sandy beaches and barriers. **Journal of Coastal Research**, **19(3)**:560-573.

MUEHE, D. 1995. **Geomorfologia costeira**. *In*: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertram Brasil S.A. 2ª edição. 253-308.

MUEHE, D. 2005. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. **Mercator**, **4(7)**:97-110.

MUEHE, D., & KLUMB-OLIVEIRA, L. 2014. Deslocamento da linha de costa *versus* mobilidade praial. **Quaternary and Environmental Geosciences**, **5(2)**:121-124.

MURTY, T.S. 1988. List of major natural disasters, 1960-1987. **Natural Hazards**, **1**:303-304.

NAGAI, R. H.; SOUSA, S.H.M.; MAHIQUES, M. M. 2014. The Southern Brazilian shelf. *In*: CHIOCCI, F.L & CHIVAS, A. R. (eds). **Continental shelves of the world: their evolution during the last glacio-eustatic cycle**. London: Ed. Geological Society, 47-54.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1990. **Managing coastal erosion**. Washington: National Academy Press, 182p.

NIEDORODA, A.W., SWIFT, D.J.P., HOPKINS, T.S., MA, C., 1984. Shoreface morphodynamics on wave-dominated coasts. **Marine Geology**, **60**:331-354.

NILSEN, P. 2009. **Coastal and estuarine process**. Singapore: World Scientific, 344p.

NIMER, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE. 422p.

NUNES, M. G. 2002. **Estudo morfo-sedimentar do sistema praial-lagunar de Ponta das Canas, ilha de Santa Catarina, SC. 2002**. Florianópolis. 137p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.

OLIVEIRA, A. S. 1986. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia**. São José dos Campos. 246p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

- OLIVEIRA, U. R.; BARLETTA, R. C.; HORN FILHO, N. O. 2014. Distribuição espacial das características morfodinâmicas das praias arenosas da costa oceânica da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, **41(2)**:89-103.
- OMETTO, J.C. 1981. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 440p.
- PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR., V. P. da; MASSIGNAM, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. 2002. **Atlas climatológico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 13p.
- PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F.; SIEGLE, E. 2010. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography**, **58(1)**:53-70.
- PILKEY, O.H. & WRIGHT, H.L. 1988. Seawalls versus beaches. **Journal of Coastal Research**, **4**.
- PLOMARITIS, T. A; FERREIRA, O; COSTAS, S. 2018. Regional assessment of storm related over wash and breaching hazards on coastal barriers. **Coastal Engineering**, **134**:124-133.
- POLLETE, M.; SOUSA, J. G.; MAZZER, A. M. 1995. Geologia da paisagem costeira do estado de Santa Catarina. **Regional Conference of Latin and Caribbean Countries**.
- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; THOMAS, J. H. 2006. **Para Entender a Terra**. 4<sup>ed</sup>. São Paulo: Bookman. 656p.
- PUGH, D. T. 1987. **Tides, surges and mean sea level**. Chichester: John Wiley & Sons. 472p.
- RIZZO, P. M. B. 2005. A natimorta Tecnopólis do Campeche em Florianópolis - delírio de tecnocratas, pesadelo de moradores. *In*: PIMENTA, M. de C. A. **Florianópolis do outro lado do espelho**. Florianópolis: Editora da UFSC.
- ROSATI, J.D. 2005. Concepts in sediment budgets. **Journal of Coastal Research**, **21(2)**: 307-322.
- RUSA, R.T. 2018. **Caracterização morfossedimentar da praia da Galheta, ilha de Santa Catarina/SC, Brasil**. Florianópolis.144p. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Oceanografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- SANTOS, C. R 1995. **Interrelação entre a dinâmica da vegetação “pioneira” e os padrões morfosedimentológicos sazonais na praia da Joaquina, ilha de Santa Catarina, Brasil**. Florianópolis. 207p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- SCHMIDT, A. D. 2010. **Caracterização morfossedimentar da praia da Enseada, ilha do Campeche, Santa Catarina, Brasil**. Florianópolis. 101p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- SCHWIDERSKI, E. W. 1980. On charting global ocean tides. **Reviews of Geophysics and Space Physics**, **18**:243-268

SHORT, A. D. 1993. **Beaches of the New South Wales Coast: a guide of their nature, characteristics, surf and safety**. Sidney: The University Printing Service, University of Sidney. 358p.

SHORT, A. D. 1999. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Sydney: Wiley e Sons Ed. 293-304.

SHORT, A. D. & HESP, P. A. 1982. Wave beach and dune interaction in southeastern Australia. **Marine Geology**, 48:259-284.

SHORT, A.D. & JACKSON, D.W.T. 2013. Beach morphodynamics. *In*: SHRODER, J. (Editor in Chief), SHERMAN, D.J. (Ed.), **Treatise on Geomorphology**. Coastal Geomorphology, vol. 10. 106-29.

SHORT, A. D. & WRIGHT, L. D. 1984. Physical variability of sandy beaches. *In*: MCLACHLAN, A. & ERASMUS, T. eds. **Sandy beaches as ecosystems**. The Hague, W. Junk Publishers. 133-144.

SIMÓ, D. H & HORN FILHO, N. O. 2004 Caracterização e distribuição espacial das “ressacas” e áreas de risco na ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Gravel**, 93-103.

SOUSA, J, T, P., BARBOSA, T, C, P., BURGOS, R. 2003. Uma experiência de planejamento urbano comunitário. O caso da planície do Campeche - Florianópolis - SC. Brasil. ENCONTRO SOBRE CONSERVAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA E CULTURAL EM ZONAS COSTEIRAS, **Anais...385-402**.

SOUZA, C.R.G. 1997. **As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do estado de São Paulo**. São Paulo. 174p. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade de São Paulo.

SOUZA, C. R. de G. 2005. Praias arenosas e erosão costeira. *In*: SOUZA, C. R. de G; SUGUIO, K; OLIVEIRA. A, M; OLIVEIRA, P. E. (eds.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Ed. Holos, 378p.

SOUZA, C. R. de G. 2009a. A erosão nas praias do estado São Paulo: causas, consequências, indicadores de monitoramento e risco. *In*: BONONI, V.L.R., SANTOS JUNIOR, N.A. (orgs.). **Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Acumulado**. São Paulo: Ed. Instituto de Botânica, 163p.

SOUZA, C.R de G. 2009b. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 9(1):17-37.

SOUZA, C. R. de G. & LUNA, G. da C. 2010. Variação da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (litoral Norte de São Paulo, Brasil). **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 10(2):179-199.

SOUZA, C. R. de G. & SUGUIO, K. 1996. Coastal erosion and beach morphodynamics along the state of São Paulo (SE Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 68(3):405-424.



- SOUZA, C. R. de G. & SUGUIO, K. 2003. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo state plan for coastal management. **Journal of Coastal Research**, **SI35**:530-547.
- STECH, J. L. & LORENZZETTI, J. A. 1992. The response of the South Brazil bight to the passage of wintertime cold fronts. **Journal of Geophysical Research**, **97(C6)**:9507-9520.
- STEFFENS, E. A. 2008. Plano diretor participativo: possibilidade de consensos? O caso da planície Campeche em Florianópolis, Santa Catarina, Brasil *In*: COLOQUIO INTERNACIONAL DE *GEOCRÍTICA*, X. **Actas...**
- STIVE, M.J.F. & VRIEND DE, H.J. 1995. Modelling shoreface profile evolution. **Marine Geology**, **126**:235-248.
- STORCH, H., JIANG, W., FURMANCZYK, K. K. 2015. Storm Surge Case Studies. **Coastal and Marine Hazards, Risks, and Disasters**, 181-196.
- SUGUIO, K. 1973. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Edgard Bluchler Ltda. 317p.
- SUGUIO, K. 1992. **Dicionário de geologia marinha: com termos correspondentes em inglês, francês e espanhol**. São Paulo: T. A. Queiroz. 171p.
- SUGUIO, K. 2003. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Blucher. 400p
- TAIT, J.F & GRIGGS, G.B. 1990. Beach response to the presence of a seawall: a comparison of field observations. **Shore and Beach**, **58**:11-28
- TEMITOPE, D. & OYEDOTUN, T. 2014. Shoreline geometry: DSAS as a tool for historical trend analysis. **Geomorphology Techniques**, **3**.
- THIELER, E.R.; HIMMELSTOSS, E.A.; ZICHICHI, J.L.; MILLER, T.L. 2005. **Digital shoreline analysis system (DSAS) version 3.0: an ArcGIS extension for calculating shoreline change**. U.S. Geological Survey Open-file Report: 1304
- TOMAZ, C.C. 2016. **Estudo morfossedimentar da praia do Morro das Pedras, ilha de Santa Catarina/SC, Brasil**. Florianópolis.93p. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Oceanografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- TOMAZZOLI, E. R. & PELLERIN, J. R. G. M. 2014. **Mapeamento geológico da ilha de Santa Catarina**. Escala 1:50000. Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina.
- TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. G. M.; HORN FILHO. N, O. 2018. Geologia da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Geociências**, **37(4)**:715-731.
- TORRONTÉGUY, M. C. 2002. **Sistema Joaquina - Morro das Pedras e praias adjacentes da costa leste da ilha de Santa Catarina: aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e fatores condicionantes**. Florianópolis. 158p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.

- TOZZI, H.A.M. 1999. **Influência das tempestades extratropicais sobre o estoque subaéreo das praias entre Rio Grande e Chuí, RS: campanha do outono e inverno de 1996**. Porto Alegre. 115p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal de Santa Catarina.
- TOZZI, H.A.M. & CALLIARI, L.J. 2000. Morfodinâmica da praia do Cassino. **Pesquisas**, 27 (1):29-42.
- TRUCCOLO, E. C. 1998. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul - SC**. Florianópolis. 100p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina.
- VAN DE MEENE, J.W.H. & VAN RIJN, L.C. 2000. The shoreface-connected ridges along the central Dutch coast - part 1: field observations. **Continental Shelf Research**, 20:2295-2323.
- VAN RIJN, L. C. 2008. Beach and dune erosion due to storms. *In*: ICCE, 31<sup>st</sup>. **Proceedings...Hamburg**.
- VAN RIJN, L. C. 2011. Coastal erosion and control. **Ocean & Coastal Management**, 54: 867-887.
- VAN RIJN, L. C. 2013. Coastal erosion control based on the concept of sediment cells. EU-Project CONSCIENCE, Deltares, Delft, The Netherlands.
- VELLINGA, P. 1982. Beach and dune erosion during storm surges. **Coastal Engineering**, 6: 361-387.
- VELLINGA, P. 1986. **Beach and dune erosion during storm surges**. Delft. 169p. Tese de Doutorado. University of Technology.
- VILLWOCK, J.A. 1972. **Contribuição à geologia do Holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul, Brasil**. Porto Alegre. 133p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- VILLWOCK, J.A. 1978. Aspectos da sedimentação na região nordeste da lagoa dos Patos: Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto-RS-Brasil. **Pesquisas**, 11:193-223.
- WEGGEL, J.R. 1988. Seawalls: the need for research, dimensional considerations and a suggested classification. **Journal of Coastal Research**, 4:29-39.
- WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology**, 30(5):377-392
- WIEGEL, R. L. 1964. **Oceanographical Engineering**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 532p.
- WRIGTH, L.D. & SHORT, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, 56:93-118.

WRIGHT, L.D., CHAPPELL, J., THOM, B.G., BRADSWHAW, M.P., COWELL, P. 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems: Southeastern Australia. **Marine Geology**, **32**:105-140.

WRIGHT, L.D., SHORT, A. D., GREEN, M.O. 1985. Short-term changes in the morphodynamic states of beaches and surf zones: an empirical predictive model. **Marine Geology**, **62**,339-364.

ZEMBRUSCKI, S.G. 1979. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias adjacentes. *In*: CHAVES, H.A.F. (eds.). **Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas adjacentes (Relatório Final)**. (Série Projeto REMAC). Rio de Janeiro: PETROBRÁS. CENPES. DINTEP. V.7. p.129-177.

## APÊNDICE A

GOMES, G. de O. & HORN FILHO, N. O. 2020. Evidências deposicionais e/ou erosivas em duas praias distintas no arco praial Joaquina - Morro da Pedras, ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (em submissão, no prelo).

## RESUMO

A compreensão detalhada das consequências da urbanização costeira relacionada à dinâmica sedimentar em áreas de depósitos recentes marinho praias e eólicos circunjacentes, na forma de praias e dunas, tem como requisito primordial o entendimento das características morfológicas, hidrodinâmicas e sedimentológicas do comportamento de sua linha de costa ao longo das décadas. O arco praias Joaquina - Morro das Pedras, localizado na margem Leste da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil, apresenta ao longo de sua extensão, distintos modos de uso e ocupação dos ambientes de deposição marinho praias e principalmente eólica. Neste estudo, ao longo de 16 meses, coletaram-se dados sobre a hidrodinâmica, morfologia, granulometria, padrões de ventos e correntes litorâneas em seis perfis praias, sendo três em cada setor, no intuito de estimar os efeitos da ocupação humana. No setor Sul do arco praias (praia do Campeche) onde ocorre elevado adensamento populacional, é possível notar severos problemas associados à erosão costeira, confirmados pela perda sedimentar observada entre agosto de 2018 e dezembro de 2019 de  $-40,1 \text{ m}^3/\text{m}$ . Para o mesmo período, no setor Norte do arco praias (praia do Rio Tavares), onde as dunas estão preservadas e mantidas, foi possível notar, diferentemente, um acréscimo sedimentar de  $43,8 \text{ m}^3/\text{m}$ . Estes dados, associados às taxas de variação da linha de costa calculados, mostram que a urbanização dos depósitos eólicos poderá resultar na modificação das características naturais do arco praias, gerando retração da linha de costa a taxas que podem alcançar  $1,60 \text{ m/ano}$ , sendo esta, responsável por influenciar o balanço sedimentar e acentuar os processos erosivos costeiros ao longo de toda a extensão praias.

**Palavras chave:** morfologia, granulometria, antropização

## **Depositional and/or erosive evidence on two different beaches in the Joaquina - Morro da Pedras beach arch, Santa Catarina island, SC, Brazil**

### ABSTRACT

A detailed understanding of the consequences of coastal urbanization related to sedimentary dynamics in areas of recent marine beach and surrounding eolic deposits, in the form of beaches and dunes, has a fundamental requirement of understanding the morphological, hydrodynamic and sedimentological characteristics of the behavior of its coastline over the decades. The Joaquina - Morro das Pedras beach arch, located on the East sector of the Island of Santa Catarina, SC, Brazil, presents, along its length, different types of use and occupation of the marine and mainly eolic deposition environments. In this study, over 16 months, data on hydrodynamics, morphology, granulometry, eolic patterns and coastal currents were collected in six beach profiles, three in each sector, to estimate the effects of human occupation. In the Southern sector of the arch (Campeche beach) where there is a high population density, it is possible to notice severe problems associated with coastal erosion, confirmed by the sedimentary loss observed between August 2018 and December 2019 of  $-40.1 \text{ m}^3/\text{m}$ . For the same period, in the Northern sector of the arch (Rio Tavares beach), where the dunes are preserved and maintained, it was possible to notice a sedimentary increase instead, of  $43.8 \text{ m}^3/\text{m}$ . These data associated with the calculated rates of variation of the coastline show that the urbanization of eolic deposits will probably result in a modification of the natural characteristics of the beach, generating retraction of the coastline at rates that can reach  $1.60 \text{ m/year}$ , being the latter, responsible for influencing the sedimentary balance and accentuate coastal erosive processes along the entire beach extension.

**Keywords:** morphology, granulometry, anthropization.

## 1. Introdução

Estima-se, que ao longo do planeta, cerca de 31% das zonas livres de gelo sejam formadas por praias arenosas (LUIJENDIJK *et al.*, 2018), que representam depósitos litorâneos de areia inconsolidada (BASCUM, 1951). Extremamente dinâmico, este ambiente é diretamente influenciado pelas interações existentes entre a hidrodinâmica, disponibilidade sedimentar e a morfologia praial (SHORT & HESP, 1982; SHORT & JACKSON, 2013).

De acordo com o Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil (IBGE, 2010), cerca de 50,7 milhões de brasileiros vivem em municípios costeiros, regiões transicionais entre o ambiente marinho e o ambiente terrestre. No estado de Santa Catarina - Brasil, aproximadamente 68% de sua população reside na zona costeira (POLLETE *et al.*, 1995), muitas vezes, ocupando zonas primordiais do balanço sedimentar praial, especialmente quando associadas à compactação sedimentar das dunas frontais.

Dunas frontais funcionam como uma zona tampão (*buffer-zone*), garantindo a proteção de feições naturais e antrópicas existentes à sua retaguarda, pois asseguram a manutenção sedimentar do sistema praial durante eventos erosivos (LEATHERMAN, 1979). Quando eventos de tempestade associados às ondulações de elevada magnitude e grandes períodos atingem a costa, a duna supre a região submersa com sedimentos, favorecendo os processos erosivos na região subaérea. Por sua vez, durante eventos de calmaria, períodos curtos e menor altura de onda, este sedimento é novamente transportado para a região emersa, depositando-se na região do pós-praia e na base da duna litorânea (MARTINS *et al.*, 1970; SHORT & HESP, 1982).

A possibilidade de migração sedimentar entre os domínios emerso e submerso é fundamental para o equilíbrio da célula costeira (VAN RIJN, 2008), assegurando à costa proteção junto aos impactos gerados por eventos hidrodinâmicos extremos, e, por conseguinte, erosivos.

O aprisionamento sedimentar causado pela compactação da região das dunas no Brasil, é identificado por diversos autores (ABREU DE CASTILHOS, 1995; SOUZA & SUGUIO, 1996; DIEHL, 1997; SOUZA & SUGUIO, 2003; SIMÓ & HORN FILHO, 2004; DILLENBURG *et al.*, 2004; MUEHE, 2005; KLEIN *et al.*, 2006; SOUZA, 2009; SOUZA & LUNA, 2010) como fator estimulador dos processos erosivos costeiros, visto que ao se reter sedimentos da zona passível de migração sedimentar por meio de sua ocupação, o equilíbrio previamente existente entre a região emersa e submersa do ambiente praial se torna deficitário.

A compreensão do comportamento da linha de costa, indicador físico entre água e terra (DOLAN *et al.*, 1980), conjuntamente com o entendimento dos processos dinâmicos modeladores das feições costeiras (APENDINI & FISCHER, 1998) e seu balanço sedimentar (DEAN & DALRYMPLE, 2002), são de fundamental importância para a elaboração de políticas públicas, planejamento de ações para remediação do risco, identificação dos padrões pretéritos e estimativas futuras do comportamento do ambiente costeiro (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1990; CROWELL *et al.*, 1997; CRACKNELL, 1999).

O arco praial Joaquina - Morro das Pedras na ilha de Santa Catarina se mostra como um sistema extremamente pertinente de avaliação sobre esta temática, pois apresenta ao longo de sua extensão praial, dois setores distintos quanto à utilização das dunas frontais, permitindo assim, a comparação do comportamento morfológico sazonal entre eles. O setor Norte onde as dunas se encontram preservadas e inseridas junto ao Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Decreto Municipal Nº 213/1979, se mostra totalmente distinto do elevado adensamento populacional observado no setor Sul da extensão praial, no qual o processo de urbanização por sobre a região frontal das dunas encontra-se estabelecido.

O alto adensamento populacional da região limítrofe entre praia e duna no setor Sul, acarretou em preocupantes problemas erosivos para as residências particulares à retaguarda e para a praia, de modo que a solução encontrada para remediar estes episódios, se deu a partir da construção de paliçadas (*seawalls*), que representam estruturas verticais de contenção costeira. Quando construídas de maneira inadequada, geralmente vertical, estas estruturas sólidas acabam por acentuar os processos erosivos (KRAUS, 1988; BARNETT *et al.*, 1989; TAIT & GRIGGS, 1990; HSU *et al.*, 2007; BIRD, 2008), causando uma erosão ativa do ambiente praiial, favorecida pela presença das estruturas rígidas antrópicas (BARNETT *et al.*, 1989).

Este trabalho, busca identificar a partir de campanhas de campo e análise de imagens aéreas, o comportamento sedimentar e a variação da linha de costa dos dois setores geográficos, Norte e Sul, a fim de caracterizar as consequências da urbanização do ambiente das dunas para com o balanço sedimentar da região de interesse.

## 2. Área de estudo

O arco praiial Joaquina - Morro das Pedras, localizado na margem Leste da ilha de Santa Catarina e formado pelas praias da Joaquina, Rio Tavares, Campeche e Morro das Pedras, é caracterizado por Abreu de Castilhos & Gré (1997) como um sistema praiial alongado, de orientação NNE-SSW com extensão aproximada de 11.000 m (HORN FILHO *et al.*, 2014) e composto por populações mistas de areia fina, areia média e areia grossa (ABREU DE CASTILHOS, 1995; SANTOS, 1995). O arco praiial apresenta-se delimitado pela presença de dois promontórios rochosos constituídos de granitos do Granito Ilha (TOMAZZOLI & PELLERIN, 2014), e diques básicos de diabásio da unidade Enxame de Diques Florianópolis (TOMAZZOLI *et al.*, 2018) tanto em seu extremo norte, na praia da Joaquina quanto em seu extremo sul, na praia do Morro das Pedras.

Ao longo da extensão do arco praiial é possível observar na região central, uma zona de sombra causada pela ilha do Campeche (remanescente emerso do Granito Ilha), responsável por criar uma zona de deposição sedimentar, um pseudo-tômbolo (SCHMIDT, 2010) entre a ilha do Campeche e a praia homônima do arco, assegurando à extensão praiial um perfil convexo na região, anômalo ao padrão côncavo observado para o restante da extensão praiial.

À norte da saliência, situam-se as praias da Joaquina e Rio Tavares, formadas por depósitos marinho praiiais atuais na forma de cordões litorâneos com texturas arenosas variadas, bem como depósitos eólicos em forma de dunas transversais ativas. À sul, adjacente às praias do Campeche e Morro das Pedras, afloram depósitos marinho praiiais atuais e depósitos eólicos na forma de dunas longitudinais fixas (HORN FILHO & LIVI, 2013).

O presente trabalho adotou como área de interesse para estudo, a praia do Rio Tavares (setor Norte) e Campeche Sul (setor Sul), visto a desigual forma de ocupação no que diz respeito à região dos depósitos eólicos (**Figura 1**). A praia do Rio Tavares apresenta uma granulometria que varia de areia média à fina, com características morfodinâmicas de praia intermediária. Por sua vez, a praia do Campeche Sul se insere em um setor composto de granulometria arenosa mais grossa, com praia modal de caráter morfodinâmico refletivo (TORRONTÉGUY, 2002).

### Figura 1

O regime de marés da ilha de Santa Catarina é semi-diurna, sendo classificada por Davies (1980) como uma costa de micro marés, com amplitude média de 0,8 m passível de alcançar valores próximos a 1,4 m.

Ondulações mais comumente identificadas na margem Leste da ilha de Santa Catarina são provenientes do leste, sul e quadrante sudeste (TORRONTÉGUY, 2002; ARAUJO *et al.*,

2003; FARACO, 2003; MIOT DA SILVA, 2006), estando as provenientes de sul, mais frequentes no inverno, relacionadas a um maior poder erosivo na linha de costa da ilha, especialmente em sua margem oceânica (Leste), função de sua maior energia associada (ABREU DE CASTILHOS, 1995; TOZZI & CALLIARI, 2000; ARAÚJO *et al.*, 2003).

O setor geográfico Norte, que faz parte do Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, encontra-se dentro de uma APP (Área de Preservação Permanente), responsável por manter a integridade do ambiente costeiro, exceção do extremo Norte da praia da Joaquina. Por sua vez, o setor geográfico Sul passou por uma intensa urbanização após os anos 70, sendo percebido a partir da década de 90, um grande aumento populacional no bairro do Campeche, função das melhorias de infraestruturas e a disponibilidade de terrenos mais acessíveis próximos ao mar (MOREIRA, 2009).

### 3. Materiais e métodos

No intuito de gerar dados comparativos para compreensão do efeito da urbanização das dunas frontais como fator estimulante dos processos erosivos no arco praial Joaquina - Morro das Pedras, adotou-se para a avaliação métodos associados à hidrodinâmica, morfologia, estágio morfodinâmico e variação histórica da linha de costa. Os dados hidrodinâmicos referem-se à altura significativa da ondulação ( $H_s$ ), altura observada ( $H_b$ ) direção e período (s), enquanto os morfológicos provêm do monitoramento de perfis transversais à linha de costa atual, permitindo assim, o estudo do comportamento morfossedimentar da região, somado à caracterização sedimentar do ambiente praial. A partir dos dados hidrodinâmicos de altura de onda ( $H_b$ ) e tamanho médio dos grãos ( $\Phi$ ), tornou-se possível identificar o parâmetro ômega ( $\Omega$ ) (DEAN, 1973) e, por conseguinte, aferir o estágio morfodinâmico dos setores, de acordo com a classificação de praias arenosas proposta por Wright & Short (1984).

#### 3.1. Hidrodinâmica

Os dados hidrodinâmicos de altura de onda ( $H_b$ ) para a classificação morfodinâmica (WRIGHT & SHORT, 1984) dos perfis praias, foram coletados *in situ* seguindo a metodologia visual proposta por Melo Filho (1993), enquanto que os dados associados aos períodos entre campanhas de campo para altura de onda, período, direção de ondulação, força do vento e direção do vento foram adquiridos diariamente ( $N = 482$ ), por meio de previsões numéricas disponibilizadas no *website* [www.windguru.cz](http://www.windguru.cz).

O modelo de previsão adotado para identificação das classes e força do vento foi o GFS (*Global Forecast System*), enquanto para os dados de ondulação,  $H_s$ , direção e período, optou-se pelo NWW3 (*NOAA Wavewatch<sup>3</sup>*), visto a confiável representatividade do clima de ondas gerado pelo modelo para a região (PIANCA *et al.*, 2010).

#### 3.2. Morfologia praial

Para o estudo da morfologia praial ao longo das quatro estações, utilizou-se da metodologia aperfeiçoada por Birkemeier (1981), *Two Person Beach Survey*, no qual possibilita de maneira simples, barata e precisa (MUEHE *et al.*, 2020), elaborar perfis transversais à linha de costa, de modo a identificar a variação em  $m^3/m$  do pacote sedimentar subaéreo.

Para isso, foram selecionados seis perfis de estudo nas coordenadas UTM: P1 - 750138/6939289; P2 - 759895/6938909; P3 - 749677/6938908; P4 - 747581/6933493; P5 - 747262/6933493 e P6 - 748989/6933493, sendo três no setor Norte (P1, P2 e P3) e três no setor Sul (P4, P5 e P6), monitorados ao longo das quatro estações por meio de 12 campanhas de campo, entre o período de agosto de 2018 e dezembro de 2019 (**Quadro 1**). Cada setor



geográfico contou com uma área monitorada de aproximadamente 1000 m, estando os perfis à uma distância aproximada de 500 m entre si.

#### Quadro 1

Para a caracterização granulométrica dos setores praias, com exceção do P5 durante a campanha de campo 4, amostras superficiais de sedimentos foram coletadas para cada um dos seis perfis durante todas as 12 campanhas, nos setores morfológicos do limite superior do pós-praia, pós-praia e face praial, totalizando 108 amostras de sedimento para o setor Norte e 105 amostras para o setor Sul (N = 213).

Cada amostra de sedimento foi lavada individualmente, secada, quarteada, peneirada e pesada. A análise granulométrica dos sedimentos foi realizada no Laboratório de Sedimentologia, do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina, seguindo o processo descrito por Suguio (1973) e respeitando a escala de peneiramento proposta por Wentworth (1922), com malhas variando de  $\frac{1}{2} \Phi$  ( $\phi$ ) entre 1 e 0,062 mm. Por fim, os resultados foram estatisticamente classificados de acordo com os parâmetros estatísticos formulados por Folk & Ward (1957) através do *software* SYSGRAN 3.0.

### 3.3. Morfodinâmica praial

A partir da velocidade de decantação das partículas ( $W_s$ ) proposta por Gibbs *et al.* (1971), Dean (1973) propôs o parâmetro adimensional ômega ( $\Omega$ ) a partir da equação:  $\Omega = H_b/W_s.T$ , sendo  $H_b$ , a altura da onda na zona de arrebentação,  $W_s$ , a velocidade de decantação da partícula e  $T$ , o período associado entre duas cavas ou cristas. Por não considerar a assimetria das partículas no cálculo da  $W_s$ , Baba & Komar (1981) propuseram uma correção para a velocidade de sedimentação de Gibbs *et al.* (1971), adotando para o cálculo de  $\Omega$  o valor de  $W_m = 0,761 W_s$ , portanto:  $\Omega = H_b/W_m.T$ .

A partir do parâmetro ômega, Wright & Short (1984) desenvolveram um modelo classificatório para praias arenosas dominadas por ondas, ao qual identificam seis estágios para o ambiente praial, dois extremos (refletivo e dissipativo) e quatro intermediários (**Quadro 2**).

#### Quadro 2

### 3.4. Variação da linha de costa

A fim de identificar os impactos na dinâmica atual da condição da linha de costa, foi necessário entender o comportamento natural deste ambiente pretérito ao período de urbanização. Para isso, utilizou-se da análise de aerofotografias em duas séries temporais distintas, de modo a contemplar as distintas áreas de interesse, praia do Rio Tavares e praia do Campeche Sul.

O período tido como pré-urbanizado, associa-se à análise de imagens verticais e posteriormente digitalizadas em formato JPG, referentes aos anos de 1938 (300 *dpi*), 1957 (600 *dpi*) e 1978 (600 *dpi*), cedidas pela União (1938 e 1957) e pelo Governo de Santa Catarina (1978). Para a série temporal pós-urbanização, utilizou-se das imagens de 1994 (mosaico fotogramétrico) e 2016 (mosaico fotogramétrico), sendo a de 1994 disponibilizada pelo IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis) e a de 2016 pela SDS (Secretaria de Estado do Desenvolvimento Social).

O material fotogramétrico foi todo transformado para a extensão TIFF, e posteriormente, georreferenciado a partir do mosaico de 2016 no *datum* SIRGAS 2000, UTM Zona 22S, com tamanho do pixel variando entre 2,11 e 0,42 m. O processo de georreferenciamento foi realizado por meio do *software* livre Q-GIS 3.6.3 NOSSA, e contou com 24 pontos de controle por imagem para correção geométrica, próximos a área de interesse, de modo que os valores de erro quadrático médio (EQM) oscilaram entre 0,97 e 1,97 m.

Uma vez georreferenciadas, as imagens foram mosaicadas a fim de permitirem a visualização contínua dos setores geográficos de interesse para cada um dos anos em questão, e assim, auxiliar na escolha do *proxy* de melhor representatividade para a posição da linha de costa. O indicador escolhido se refere a linha de vegetação, pois além de indicar a posição estimada da base da duna e ter fácil distinção por contraste, possibilita uma melhor identificação de tendências da linha de costa à longo prazo, função de ser menos instável se comparado a alta mobilidade da linha de seco e molhado (HOEKE *et al.*, 2001).

A posição da linha de costa a partir da linha de vegetação foi traçada manualmente para cada um dos anos e para cada um dos setores geográficos, Norte e Sul, em formato *shapefile*, extrapolando os limites dos perfis, para posterior sobreposição e identificação das taxas de variação do setor (**Figura 2**).

Figura 2

Para o cálculo das taxas de variação da linha de costa, utilizou-se a extensão computacional para o *software* ArcGis®, *DSAS (Digital Shoreline Analysis System)* desenvolvida por Thieler *et al.* (2009), no qual por meio de transectos ortogonais à linha de costa, 741 no setor Norte e 480 no setor Sul, distantes 5 m entre si, permite a partir de uma linha de base *onshore*, quantificar as taxas associadas à mobilidade da linha de costa. No presente trabalho o método estatístico adotado foi o LMS (*Least Median of Squares*), um método robusto que minimiza a influência de *outliers* no cálculo da taxa de variação (HIMMELSTOSS, 2009; KLEIN *et al.*, 2016) indicando os valores em m/ano.

## 4. Resultados e discussões

### 4.1. Hidrodinâmica

Os dados hidrodinâmicos coletados *in situ* durante as campanhas de campo, de acordo com a metodologia descrita em Melo Filho (1993), altura de onda, velocidade da deriva litorânea e sentido (**Quadro 3**), indicam o predomínio de ondulações de sentido leste-sudeste (E-SE) e ilustram que ambos os setores geográficos se comportaram de maneira semelhante durante as campanhas de campo.

Quadro 3

O sentido do transporte de maior representatividade observado a partir da deriva litorânea foi de norte a sul, com velocidade média maior no setor Norte. A amplitude de onda na zona de arrebentação se mostrou aproximada em ambos os setores, indicando que de maneira geral, as ondulações atingem os setores de interesse do arco praial Joaquina - Morro das Pedras com períodos e altura de onda aproximada.

Quanto aos dados hidrodinâmicos sazonais, a análise dos dados obtidos através do modelo NWW3 para o período monitorado indicam um amplo predomínio de ondulações provenientes de leste (59%), seguido das ondulações de sudeste (22%) e as provenientes do sul (19%). Quando identificado a distribuição sazonal das ondulações (**Figura 3**), observa-se que o inverno apresentou as maiores amplitudes de onda, superando 1,1 m em 65% das ocasiões, função da maior influência observada do *swell* vindo do sul (33%). As ondulações na primavera tiveram grande predomínio do leste (62%), aumento da influência do sudeste (22%) e menor influência de sul, 14%, ultrapassando 1,1 m em 64% dos casos, deste modo, inverno e primavera se comportaram como o período de maiores ondulações observadas.

Figura 3

Apesar do predomínio das ondulações de leste no verão (62%), a estação contou com a maior influência de sudeste no período monitorado (30%), conjuntamente com as menores alturas de onda, não ultrapassando 1 m em 72% dos dias. A influência das ondulações do sul para o período foi a menor observada (8%). O outono se comportou a partir de ondulações majoritárias de leste (61%), seguido das ondulações de sudeste (23%) e de sul (16%), não ultrapassando 1 m em 61% do N amostral, configurando às estações do verão e outono como a de menor influência de ondulações de sul, e por consequência, menor altura de onda associada.

Para o mesmo período, os dados pertinentes ao comportamento sazonal do vento, indicam que os ventos de maior significância na ilha de Santa Catarina originaram-se do norte (23%) e do sul (20%), como já identificados por Cruz (1998) e Faraco (2003), variando suas rajadas entre 7 e 21 km/h (72%). Quando analisados a partir de sua sazonalidade, é possível identificar a maior atuação do vento sul especialmente no inverno e no outono, embora o predomínio seja do norte para ambas as estações, enquanto para a primavera e verão, a classe de vento predominante teve como origem o setor norte-nordeste.

O verão se comportou como a estação de maior velocidade de vento, com rajadas superiores à 17 km/h em 47% dos casos, seguido pelo inverno com 46%, primavera, 42% e outono com 38%.

#### 4.2. Morfologia praial

A capacidade de variação do pacote sedimentar pode ser entendida e observada por meio da taxa de migração sedimentar associada a cada perfil, e, por conseguinte, entendido o comportamento do setor geográfico (**Figura 4**).

Figura 4

Os perfis de controle 1, 2 e 3, do setor Norte, foram responsáveis por mobilizar ao longo do período, 293,8 m<sup>3</sup>/m de sedimento (**Figura 5**), associando ao inverno seu máximo erosivo (-50,6 m<sup>3</sup>/m) e ao verão seu máximo deposicional (+45,9 m<sup>3</sup>/m). A primavera e outono também se configuraram como estações de caráter deposicional (+14,9 m<sup>3</sup>/m e +33,5 m<sup>3</sup>/m, respectivamente). Todos os perfis indicaram acúmulo sedimentar ao final do monitoramento, +22,5 m<sup>3</sup>/m no P3, +17,2 m<sup>3</sup>/m no P1 e +4,1 m<sup>3</sup>/m no P2, de modo que balanço sedimentar do setor foi construtivo, com acréscimo de +43,8 m<sup>3</sup>/m.

Os perfis de controle 4, 5 e 6, do setor Sul, mobilizaram um total de 248 m<sup>3</sup>/m de sedimento (**Figura 5**), tendo no inverno seu balanço máximo negativo, -38,4 m<sup>3</sup>/m.

Diferentemente do setor Norte, a estação da primavera também resultou na retirada de sedimentos do sistema praial,  $-25,1 \text{ m}^3/\text{m}$ , de modo que o total acrescido durante o verão ( $+11,5 \text{ m}^3/\text{m}$ ) e outono ( $+11,9 \text{ m}^3/\text{m}$ ), não supriu o déficit sedimentar, assegurando para o setor ao final do estudo, uma perda sedimentar de  $-40,1 \text{ m}^3/\text{m}$ . Com exceção do P5 que apresentou um acréscimo de  $+0,9 \text{ m}^3/\text{m}$  (função do desmoronamento da duna frontal do perfil, deste modo os dados contabilizados são a partir da campanha 4, não configurando a situação real observada *in loco*), todos os outros perfis indicaram características erosivas, P6 com perda de  $-24,4 \text{ m}^3/\text{m}$  e P4 com perda de  $-16,6 \text{ m}^3/\text{m}$ .

#### Figura 5

Como já identificado por Abreu de Castilhos (1995); Tozzi & Calliari (2000); Torronteguy (2002); Faraco (2003) e Araújo *et al.* (2003), o inverno apresentou tendência erosiva, enquanto para o verão, predominou a deposição sedimentar.

A análise da distribuição granulométrica, indicou um setor Norte composto de 89% de areia média, 10% de areia fina e apenas 1% de areia grossa. Por sua vez, para o setor Sul também predominou a areia média (80%), entretanto a presença de material mais grosso foi bem significativa, com 14% de areia grossa e 1% de areia muito grossa, os 5% restantes foram completados por areia fina. Este resultado indicando material mais grosso e menos selecionado no setor Sul, quando comparado ao setor Norte, também foi identificado por Santos (1995); Torronteguy (2002); Horn Filho (2006) e Cechinel (2014).

A gradação lateral na distribuição dos sedimentos, mais grossos no Sul e mais finos no Norte, pode estar associada à proximidade do material de origem e facilidade do transporte, visto que a principal fonte de sedimentos grossos da região está relacionada à dissecação do promontório rochoso do morro das Pedras e aos depósitos marinhos pleistocênicos da praia da Armação, enquanto que os sedimentos mais finos possuem sua origem na plataforma continental interna (ABREU DE CASTILHOS, 1995; TORRONTÉGUY, 2002).

A seletividade do transporte em praias arenosas é resultado direto da proximidade da fonte de sedimentos (BIRD, 2008), da ação dos agentes hidrodinâmicos (marés, ondas e correntes litorâneas) e aerodinâmicos (MARTINS *et al.*, 1970; KOMAR, 1978; VILLWOCK, 1978; DEAN & DALRYMPLE, 2002), geralmente transportando o sedimento arenoso mais fino para longe da zona de origem, função da maior facilidade do transporte (DEAN & DALRYMPLE, 2002) (**Figura 6**).

#### Figura 6

Levando-se em conta esta perspectiva, a deriva litorânea predominante foi de norte para sul, o que não coincide com a gradação observada, entretanto, Bird (2008) afirmou que mesmo contrária à orientação majoritária da deriva litorânea, ondulações opostas com frequência e altura significativa, neste caso as de sul e sudeste, seriam capazes de transportar estes sedimentos na direção oposta.

O setor Norte apresentou uma média populacional mais grossa no limite superior do pós-praia ( $1,56 \Phi$ ), enquanto no setor Sul, a granulometria de maior diâmetro localiza-se no setor morfológico da face praial, com média de  $1,23 \Phi$ . Esta diferenciação na distribuição granulométrica dos setores morfológicos pode ser explicada pela diferença de declividade encontrada, pois em praias de menor declividade é comum encontrar os sedimentos mais

grossos na base da duna frontal (BASCUM, 1951), visto o favorecimento para a ação do *swash*, que neste caso alcança a base da duna frontal, enquanto para praias de maior declividade da face praial, como no setor Sul, grande parte da velocidade do *swash* é perdida por fricção, de modo que o material mais grosso não consegue ser transportado para a região do limite superior do pós-praia (KOMAR, 1978).

### 4.3. Estágio morfodinâmico

A classificação da tipologia praial para os setores geográficos Norte e Sul diferem entre si (**Quadro 4**), fato comum nos diferentes arcos praias da costa Leste da ilha de Santa Catarina, como identificado por Abreu de Castilhos (1995), Leal (1999) e Torronteguy (2002). Esta diferenciação dos ambientes praias, é explicada principalmente pelas distintas classes de população de areia encontradas ao longo dos sistemas praias.

#### Quadro 4

O setor Norte apresentou para seus três perfis, estado modal de praias intermediárias, formadas por terraços de baixa - mar, entretanto, estes dados condizem apenas com o dia das campanhas, visto os valores de altura de onda e período utilizados. Portanto, é comum que praias intermediárias oscilem sua moda entre os extremos dissipativos e refletivos (SHORT & HESP, 1982). Quando sob influência de ondulações maiores, o setor Norte apresenta características intermediárias, próximas ao extremo dissipativo (baixa declividade da face praial, estoque sedimentar na parte submersa em formas de banco e uma extensa zona de arrebentação), o setor Sul por sua vez, em função da elevada declividade da face praial, estoque sedimentar na parte emersa, zona de surfe estreita e próxima à linha de costa e presença de material mais grosso, indicou um valor de parâmetro ômega  $\Omega$  inferior a 1,5, sendo portanto caracterizado como um setor de estado modal refletivo.

### 4.4. Variação da linha de costa

#### 4.4.1. Variação pré-urbanização (1938 a 1978)

A variação da linha de costa a partir do método *LMS* para o período entre 1938 e 1978, indica que ambos os setores apresentaram um comportamento com tendência à progradação da linha de costa.

Para este período imperava para o setor Norte (**Figura 7**), a progradação da linha de costa, sob taxas oscilando entre 0,25 m/ano e 1 m/ano, especialmente nos perfis P2 e P3. Taxas ainda maiores foram observadas no P1, alcançando 2 m/ano. A sul da área de interesse, é possível encontrar uma região na qual os valores ultrapassavam 3 m/ano. Os dados da posição da linha de costa pretérita ao período de urbanização, ilustram que a região não sofria com a falta de sedimentos, pelo contrário, se comportava a partir de um aporte maior do que a perda, de modo a caracterizar para quase toda a extensão praial, características superavitárias de sedimento. Nenhum foco de erosão foi observado, todavia foi identificado pequenos trechos no qual predominavam características de estabilidade, com taxas variando entre -0,25 m/ano à 0,25 m/ano.

#### Figura 7

Para o mesmo período, o setor Sul (**Figura 8**) indicava tendências de acreção sob taxas de progradação menores que as identificadas no setor Norte, não ultrapassando 1,89 m/ano em nenhum segmento da extensão avaliada. Todos os perfis encontravam-se sob a influência direta de aporte sedimentar, culminando no avanço de sua linha de costa a taxas entre 0,25 m/ano e 1 m/ano. Quando comparados com o setor Norte, é possível observar que o comportamento de estabilidade era mais significativo ao sul, especialmente na região sul dos perfis de interesse.

Figura 8

A partir da linha de costa pretérita, é possível constatar que nenhum dos dois setores apresentava características erosivas, mas sim, tendência a uma progradação da linha de costa a partir da acreção sedimentar.

#### 4.4.2. Variação da linha de costa entre 1994 e 2016

A consequência da urbanização por sobre as dunas do setor Sul é responsável por uma nova dinâmica do aporte sedimentar do setor Norte. Por meio da análise da variação da linha de costa referente ao período entre 1994 e 2016, entendida aqui como o período pós-urbanização, torna-se possível perceber que o setor Norte sofreu mudanças em sua carga sedimentar (**Figura 9**).

Figura 9

O setor Norte formado pelos perfis P1, P2 e P3, no qual predominavam taxas de progradação de até 1 m/ano, atualmente se mostra com tendências à estabilidade, sob taxas que variam de -0,25 m/ano à 0,25 m/ano, apresentado alguns focos de recuo da linha de costa com taxas de até -0,8 m/ano. O extremo sul da área de interesse Norte, se comporta hoje a partir de características majoritárias de estabilidade, e não mais de aporte sedimentar sob taxas de até 3 m/ano. As extensas áreas de progradação da linha de costa com taxas superiores a 1 m/ano, hoje dão espaço para um aporte que não ultrapassa valores de 1 m/ano.

A partir de observações visuais do setor Sul, é possível diagnosticar sérios problemas no que tange ao balanço sedimentar da célula sul, que se refere à praia do Campeche Sul (**Figura 10**).

Figura 10

Quando analisada a variação da linha de costa referente ao período entre 1994 e 2016 (**Figura 11**), os indicativos erosivos tornam-se evidentes. Para o setor Sul formado pelos perfis P4, P5 e P6, é possível perceber uma significativa acentuação dos processos de retração da linha de costa, sob taxas com recuo de até -1,6 m/ano, característica que impera por sobre quase toda a extensão de interesse, diferente das tendências originais encontradas para este setor, no qual o predomínio era de progradação sob taxas de até 1 m/ano. É possível notar que nesse setor, bem no foco da urbanização costeira, os impactos de recuo da linha de costa são mais significativos. No extremo norte da área de interesse, observa-se focos de retração e estabilidade da linha de costa, enquanto para o extremo sul, pequenos trechos aparentam estar sob o regime de progradação a taxas de até 1,07 m/ano.

Figura 11

## 5. Considerações finais

A análise da morfologia para o período entre agosto de 2018 e dezembro de 2019 no arco praiial Joaquina-Morro das Pedras na costa Sudeste da ilha de Santa Catarina, indica uma tendência de acreção para o setor Norte e erosão para o setor Sul, todavia não indicam o papel da urbanização para este balanço.

Uma vez que foram avaliados os resultados da morfologia praiial conjuntamente aos dados da variação pretérita e atual da linha de costa de ambos os setores, fica evidente que a urbanização do setor Sul, referente à praia do Campeche Sul, teve impacto direto na dinâmica sedimentar do ambiente praiial do arco praiial Joaquina-Morro das Pedras.

Neste momento, é importante que se continue o monitoramento, sugerindo-se práticas para remediação destes impactos de maneira integrada para com o ambiente sedimentar.

A implementação de estruturas de contenção tradicional, paliçadas (*seawalls*), conjuntamente com qualquer estrutura rígida que não permita a migração sedimentar, não parece ser adequada, pois os dados indicam o favorecimento da erosão ativa no setor Sul.

A fim de assegurar a permanência da faixa de areia para o setor, é importante a reintegração do ambiente das dunas para com a dinâmica praiial, de modo que permita a manutenção do aporte sedimentar junto à região Sul da praia do Campeche, evitando o déficit sedimentar. A disponibilidade de migração sedimentar se mostra como o fator fundamental para que o sistema apresente como característica a progradação e a estabilidade, como vistos para o período entre 1938 e 1978, sendo assim, a urbanização da região das dunas frontais no Campeche não gera impactos apenas locais, mas também já perceptíveis no balanço sedimentar do setor Norte do arco praiial Joaquina-Morro das Pedras.

## Referências

ABREU DE CASTILHOS, J. **Estudo evolutivo, sedimentológico e morfodinâmico da planície costeira e praia da Armação - ilha de Santa Catarina, SC.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995. 138p.

ABREU DE CASTILHOS, J. & GRÉ, J. C. R. Praias da ilha de Santa Catarina: caracterização morfológica e problemas de erosão costeira. *In: CONGRESSO DA ABEQUA, VI, Curitiba, 1997. Resumos Expandidos.* Curitiba, p.388-392. 1997.

APENDINNI, C. & FISCHER, D. Hazard management planning for severe storm erosion. **Shore and Beach.** p.5-8, 1998.

ARAÚJO, C. E. S.; FRANCO, D.; MELO FILHO, E.; PIMENTA, F. Wave regime characteristics of southern Brazilian coast. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COASTAL AND PORT ENGINEERING IN DEVELOPING COUNTRIES, COPEDEC, VI.* Colombo, Sri Lanka, Paper n° 97, 2003. 15p.

BABA, J. & KOMAR, P. D. Measurements and analysis of settling velocities of natural quartz sand grains. **Journal of Sedimentary Petrology,** 51(2): p. 631-640, 1981.

BARNETT, M. R.; ASCE, A. M & WANG, H. Effects of a vertical seawall on profile response. **Coastal Engineering**, 111: p. 1493-1507, 1989.

BASCOM, W. N. The relationship between sand size and beach-face slope: **American Geophysical Union Transactions**, 32: p. 866-874, 1951.

BIRD, E. C. F. **Coastal geomorphology**. An introduction. 2<sup>nd</sup> Edition, New York. John Wiley & Sons, 2008. 411p.

BIRKEMEIER, W. Fast, accurate two-person beach surveys. **Coastal Engineering Technical aid**. 81-11: p.1-17, 1981.

CECHINEL, E. J. **Caracterização morfossedimentar do arco praiado Joaquina - Campeche: uma atualização de dados**. Trabalho de conclusão de curso de Geografia. departamento de Geociências. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014. 82p.

CRACKNELL, A. P. Remote sensing techniques in estuaries and coastal zone - an update. **International Journal of Remote Sensing**, 19(3): p.485-496, 1999.

CROWELL, M.; LEATHERMAN, S. P. & BUCKLEY, M. K. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. **Journal of Coastal Research**, 7(3): p.839-852, 1997.

CRUZ, O. **A ilha de Santa Catarina e o continente próximo: um estudo de geomorfologia costeira**. Florianópolis/SC: Editora do Instituto Federal de Santa Catarina, 1998. 276p.

DAVIES, J. L. **Geographical variation in coastal development**. London 2<sup>nd</sup> Ed. Longman, 1980. 221p.

DEAN, R. G. Heuristic models of sand transport in the surf zone. *In*: CONFERENCE OF ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE, **Proceedings...** Sydney, p.298-314, 1973.

DEAN, R. G.; DALRYMPLE, R. A. **Coastal processes with Engineering applications**. 1<sup>ed</sup>, Cambridge University Press, UK, 2002. 475p.

DIEHL, F. L. **Aspectos geoevolutivos, morfodinâmicos e ambientais do pontal da Daniela, ilha de Santa Catarina, Brasil**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1997. 128p

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**, 76(3): p. 611-623, 2004.



DOLAN, R.; HAYDEN, B. P.; MAY, P.; MAY, S. K. The reliability of shoreline changes measurements from aerial photographs. **Shore and Beach**, 48(4): p.22-29, 1980.

FARACO, K. R. **Comportamento morfodinâmico e sedimentológico da praia dos Ingleses - ilha de Santa Catarina - SC, durante o período de 1996 - 2001**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003. 119p.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27(1): p. 3-26, 1957.

GIBBS, R. J.; MATTHEWS, M. D.; LINK, D. A. The relationship between sphere size and settling velocity. **Journal of Sedimentary Petrology**, 41(1): p. 7-18, 1971.

HIMMELSTOSS, E. A. "DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide". *In*: THIELER, E. R., HIMMELSTOSS, E. A.; ZICHICHI, J. L.; AND ERGUL, A. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change**. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008. 2009. 1278p.

HOEKE, R. K.; ZARILLO, G. A.; SYNDER, M. A. GIS Based Tool for Extracting Shoreline Positions from Aerial Imagery (BEACHTOOLS). *In*: **Coastal Engineering Technical Note IV**. Washington, DC: US Army Corps of Engineers, 2001. 12p.

HORN FILHO, N. O. Granulometria das praias arenosas da ilha de Santa Catarina, SC. **Gravel**, 4: p.1-21, 2006.

HORN FILHO, N. O. & LIVI, N. S. **Mapa geoevolutivo da planície costeira da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. Departamento de Geociências. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. ISBN 978-85-60501-10-6, 2013.

HORN FILHO, N. O.; LEAL, P. C.; OLIVEIRA, J. S. de. **Geologia das 117 praias arenosas da ilha de Santa Catarina: as praias de Florianópolis na ilha da Magia**. [S.L.]: Novas Edições Acadêmicas, 2014. 220p.

HSU, T.-W.; LIN, T. Y.; TSENG, I. F. Human impact on coastal erosion in Taiwan. **Journal of Coastal Research**, 23(4): p. 961-973, 2007.

IBGE. 2010. **Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas do Brasil**.

KLEIN, A. H. F.; MENEZES, J. T.; DIEHL, F. L.; ABREU, J. G. N.; POLETTE, M.; SPERB, R. M.; SPERB, R. C. SANTA CATARINA. *In*: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e prograduação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 476p.

KLEIN, A. H. F.; PRADO, M. F. V.; DALINGHAUS, C.; CAMARGO, J. M. **Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras**

como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral Norte da ilha de Santa Catarina e entorno. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016. 251p.

KOMAR, P. D. **Beach processes and sedimentation**. Prentice - Hall. Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1978. 429p.

KRAUS, N. The effects of seawalls on the beach: An extended Literature Review. **Journal of Coastal Research**, 4: p.1-28, 1988.

LEAL, P. C. **Sistema praias Moçambique - Barra da Lagoa, ilha de Santa Catarina, SC, Brasil: Aspectos morfológicos, morfodinâmicos, sedimentológicos e ambientais**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1999. 125p.

LEATHERMAN, S. P. Beach and dune interactions during storm condition. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology**, 12(4): p. 281-290, 1979.

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The state of the world's beaches. **Scientific Reports**: 8: p. 1-11, 2018.

MARTINS, L. R.; GAMERMANN, N.; SCHEIBE, L. F.; TEIXEIRA, V. H. Sedimentologia da ilha de Santa Catarina I - areias praias. **Publicação Especial**, 18: p. 1-55, 1970.

MELO Fº, E. The Sea Sentinels Project: Watching Waves in Brazil. *In*: SYMPOSIUM ON COASTAL AND OCEAN MANAGEMENT, COASTAL ZONE '93, VIII. New Orleans/US, **Proceedings...** p.505-517, 1993.

MIOT DA SILVA, G. **Orientação da linha de costa e dinâmica dos sistemas praia e duna: praia de Moçambique, Florianópolis, SC**. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006. 280p

MOREIRA, A. S. **O processo participativo no plano diretor: estudo de caso: Campeche/ Florianópolis, SC - Brasil**. Dissertação de mestrado. Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Sócio-Ambiental. Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis. 2009. 246p.

MUEHE, D. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. **Mercator**, 7: p. 97-110, 2005.

MUEHE, D.; CASTRO, L. B.; ALBINO, J. PERFIS DE PRAIA: DEVE O MÉTODO DAS BALIZAS DE EMERY SER ABANDONADO? **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 21: p. 209-215, 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Managing Coastal Erosion**. Washington, DC: National Academy Press, 1990. 182p.

PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F.; SIEGLE, E. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. **Brazilian Journal of Oceanography**, v.58(1), p.53-70. 2010

POLLETE, M.; SOUSA, J. G.; MAZZER, A. M. Geologia da paisagem costeira do estado de Santa Catarina. **Regional Conference of Latin and Caribbean Countries**, 1995.

SANTOS, C. R. **Interrelação entre a dinâmica da vegetação “pioneira” e os padrões morfo-sedimentológicos sazonais na praia da Joaquina, ilha de Santa Catarina Brasil**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1995. 207p

SHIMIDT, A. D. **Caracterização morfo-sedimentar da praia da Enseada, ilha do Campeche, Santa Catarina, Brasil**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2010. 101p.

SHORT, A. D. & HESP, P. A. Wave beach and dune interaction in southeastern Australia. **Marine Geology**, 48: p.259-284, 1982.

SHORT, A. D.; JACKSON, D. W. T. Beach morphodynamics. *In*: SHRODER, J. (Editor in Chief), Sherman, D. J. (Ed.), **Treatise on Geomorphology**. San Diego, CA, Academic Press, vol. 10, Coastal Geomorphology, p.106-129, 2013.

SIMÓ, D. H & HORN FILHO, N. O. Caracterização e distribuição espacial das “ressacas” e áreas de risco na ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **Gravel**, p. 93-103, 2004.

SOUZA, C. R de G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 9(1): p. 17-37, 2009.

SOUZA, C. R. de G. & LUNA, G. da C. Variação da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (litoral Norte de São Paulo, Brasil). **Revista da Gestão Costeira Integrada**, 10(2): p. 179-199, 2010.

SOUZA, C. R. de G. & SUGUIO, K. Coastal erosion and beach morphodynamics along the state of São Paulo (SE Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 68(3): p. 405-424, 1996.

SOUZA, C. R. de G. & SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo state plan for coastal management. **Journal of Coastal Research**, SI 35: p. 530-547, 2003.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo/SP: Edgard Bluchler Ltda, 1973. 317p.

TAIT, J. F & GRIGGS, G. B. Beach response to the presence of a seawall: a comparison of field observations. **Shore and Beach**, 58: p.11-28, 1990.

THIELER, E. R.; HIMMELSTOSS, E. A.; ZICHICHI, J. L.; MILLER, T. L. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 3.0: An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change: **U.S. Geological Survey Open-file Report**, 2009. 1304p.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. G. M. **Mapeamento geológico da ilha de Santa Catarina**. In: Atlas Geológico-Geomorfológico da Ilha de Santa Catarina (Escala 1:50000). Departamento de Geociências, UFSC, 2014.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. G. M.; HORN FILHO, N, O. Geologia da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Geociências**, 37(4): p. 715-731, 2018.

TORRONTGUY, M. C. **Sistema Joaquina - Morro das Pedras e praias adjacentes da costa Leste da ilha de Santa Catarina: aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e fatores condicionantes**. Florianópolis. 158p. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

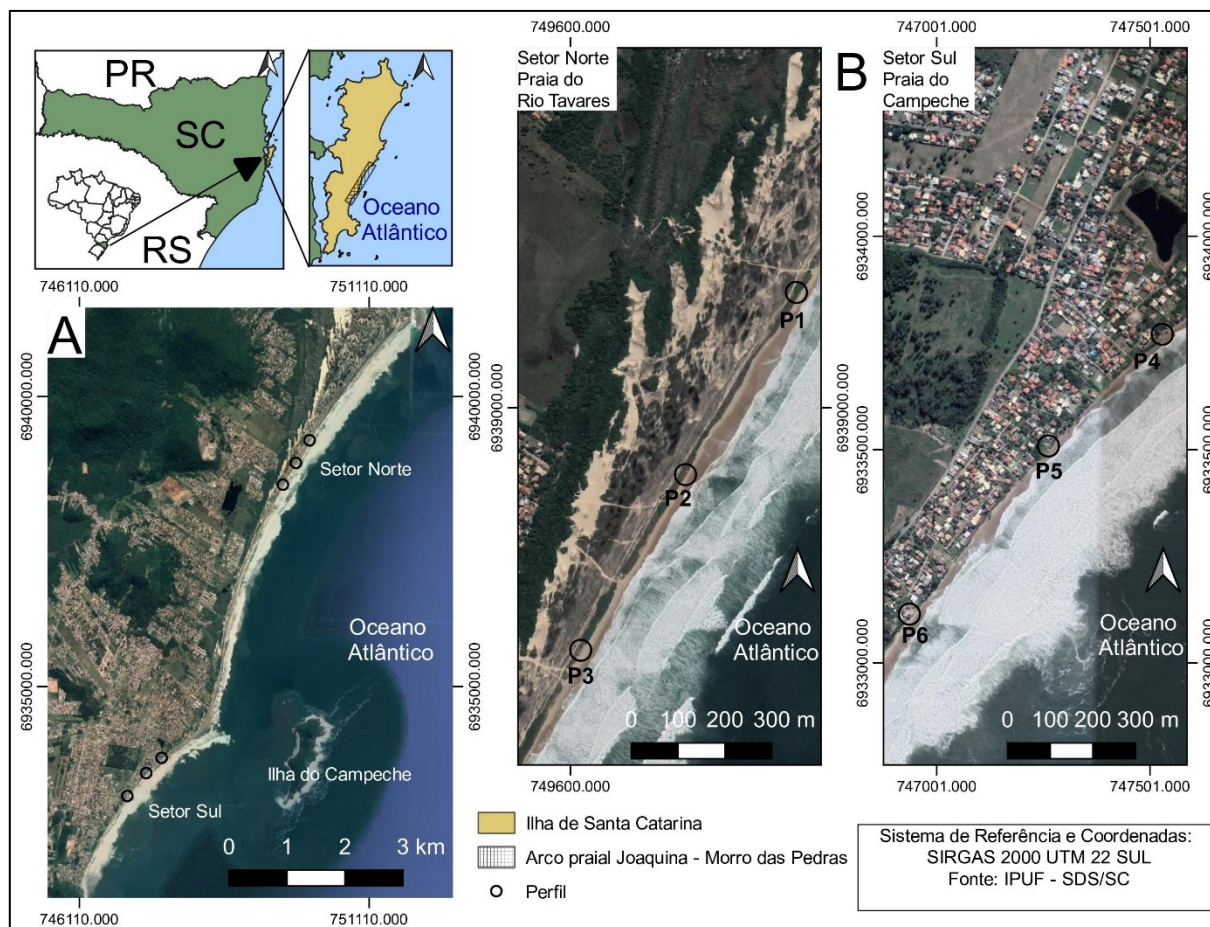
TOZZI, H. A. M. & CALLIARI, L. J. Morfodinâmica da praia do Cassino. **Pesquisas**, 27(1): p. 29-42, 2000.

VAN RIJN, L. C. Beach and dune erosion due to storms. **Proc. 31<sup>st</sup> ICCE**, Hamburg, Germany, 2008.

VILLWOCK, J. A. Aspectos da sedimentação na região nordeste da lagoa dos Patos, lagoa do Casamento e saco do Cocuruto-RS-Brasil. **Pesquisas**, 11: p.193-223, 1978.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology**, 30(5): p. 377-392, 1922.

WRIGTH, L. D. & SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**, 56: p. 93-118, 1984.



**Figura 1.** A - Localização geográfica da área de estudo na costa Leste da ilha de Santa Catarina (arco praias Joaquina - Morro das Pedras); B - setores geográficos Norte (praia do Rio Tavares) e Sul (praia do Campeche) e a distribuição espacial dos perfis de controle (**Legenda:** PR = estado do Paraná; SC = Estado de Santa Catarina; RS = estado do Rio Grande do Sul).

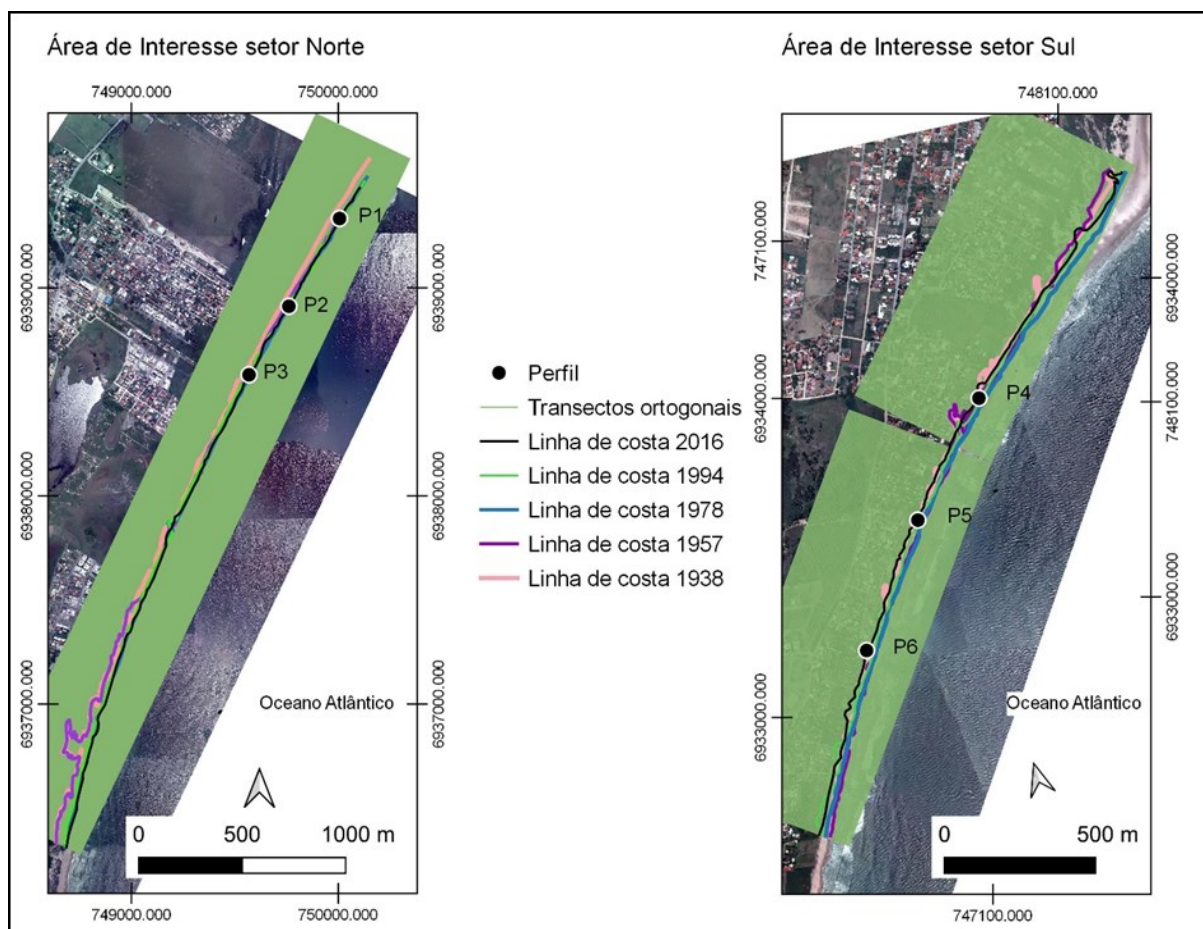
Campanha	Mês	Ano	Estação
C1	agosto	2018	Inverno
C2	outubro	2018	Primavera
C3	novembro	2018	Primavera
C4	dezembro	2018	Verão
C5	janeiro	2019	Verão
C6	março	2019	Outono
C7	maio	2019	Outono
C8	junho	2019	Outono
C9	julho	2019	Inverno
C10	agosto	2019	Inverno
C11	outubro	2019	Primavera
C12	dezembro	2019	Verão

**Quadro 2:** Mês, ano e estação da realização das 12 campanhas de campo realizados no presente estudo.

Estado	$\Omega$ médio	Desv. Pad
Refletivo	<1,5	-
Terraço de baixa-mar (TBM)	2,4	0,19
Bancos transversais (BT)	3,15	0,64
Banco e praia de cúspide (BPC)	3,5	0,76
Banco e calha longitudinal (BCL)	4,7	0,93
Dissipativo	>5,5	-

**Quadro 2:** Relação de equilíbrio entre estado da praia e seu valor médio de ômega, adaptado de Wrighth & Short (1984).

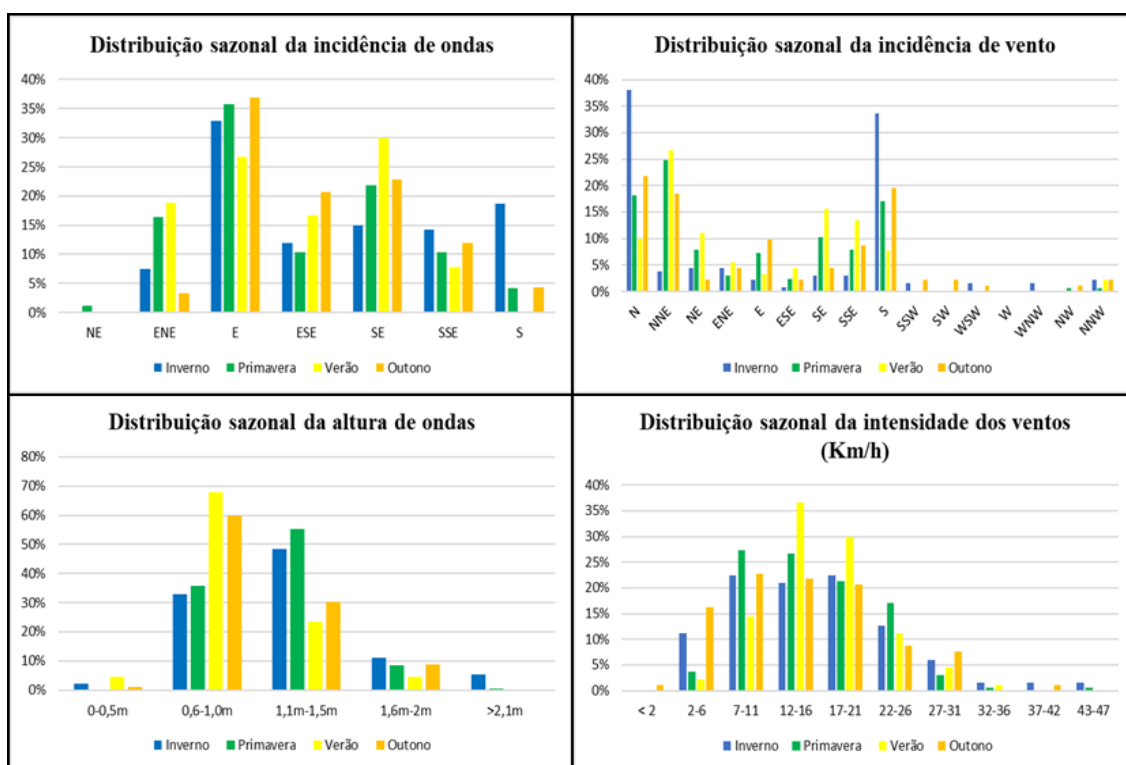
(**Legenda:**  $\Omega$  = parâmetro Ômega; Desv. Pad = desvio padrão; (TBM) = Terraço de baixa mar; (BT) = Banco transversal; (BPC) = Banco e praia de cúspides; (BCL) = Banco e cava longitudinal.



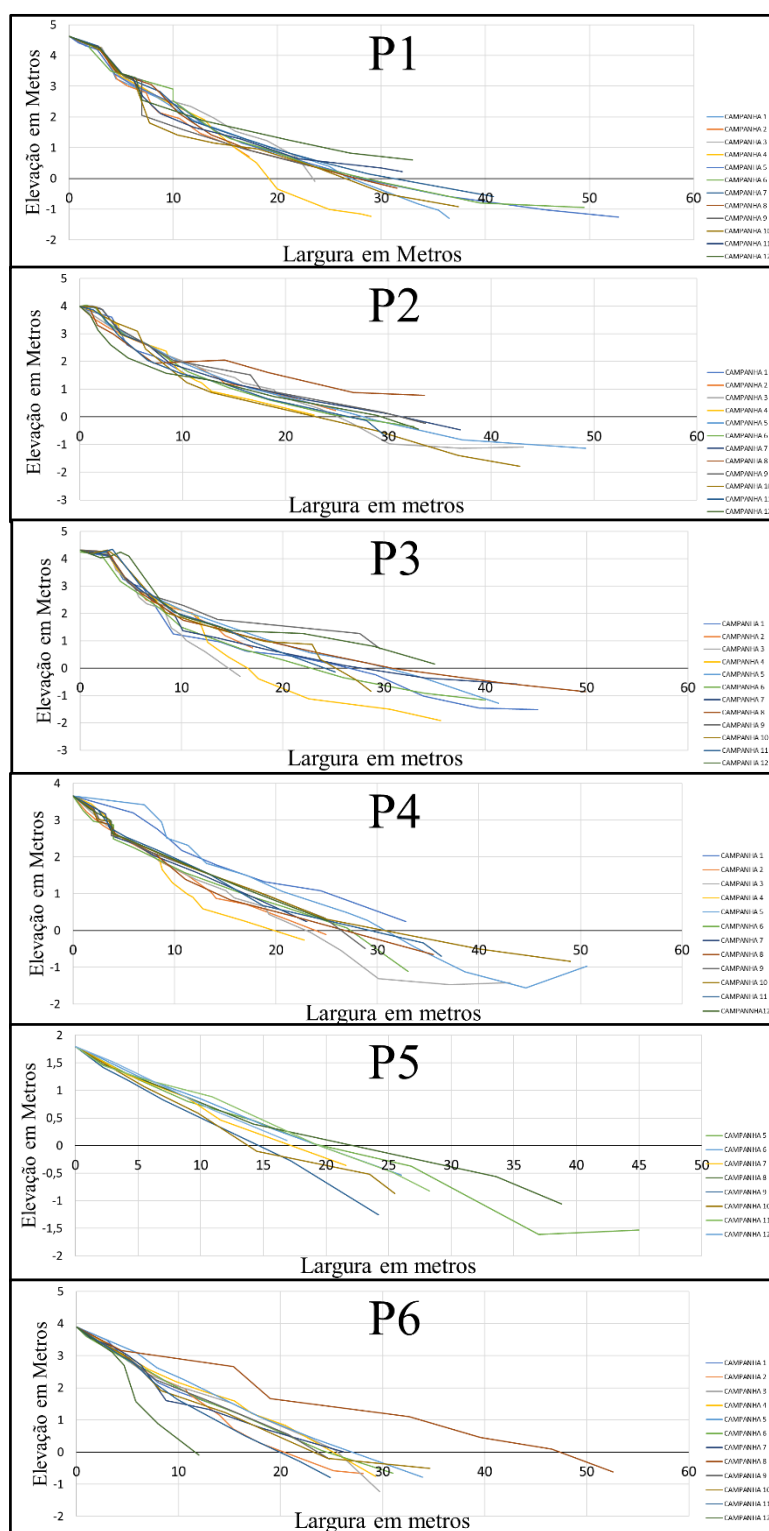
**Figura 2:** Representação esquemática das linhas de vegetação, conjuntamente com a distribuição dos transectos ortogonais (5 m entre si) visando quantificar a variação da linha de costa para o período entre 1938-1978 e 1994-2016.

Setor Norte	Sentido N/S	Velocidade (m/s)	Sentido S/N	Velocidade (m/s)	Hb (m)	T (s)	Ondulação (Direção)
P1	67%	0,31	33%	0,22	0,89	8,06	ESE
P2	67%	0,33	33%	0,14	0,87	8,25	ESE
P3	75%	0,40	25%	0,22	0,84	7,91	ESE
Média	69%	0,35	31%	0,19	0,87	8,07	58%
Setor Sul							
P4	55%	0,29	45%	0,25	0,77	7,78	ESE
P5	60%	0,21	40%	0,20	0,83	7,59	ESE
P6	75%	0,22	25%	0,21	0,84	6,93	ESE
Média	64%	0,24	36%	0,22	0,81	7,43	58%

**Quadro 3.** Dados hidrodinâmicos coletados in situ durante as campanhas, a partir da metodologia proposta por Melo Filho (1993). (**Legenda:** N/S = norte/sul; m/s = metros por segundo; S/N = sul/norte; ESE = leste-sudeste).

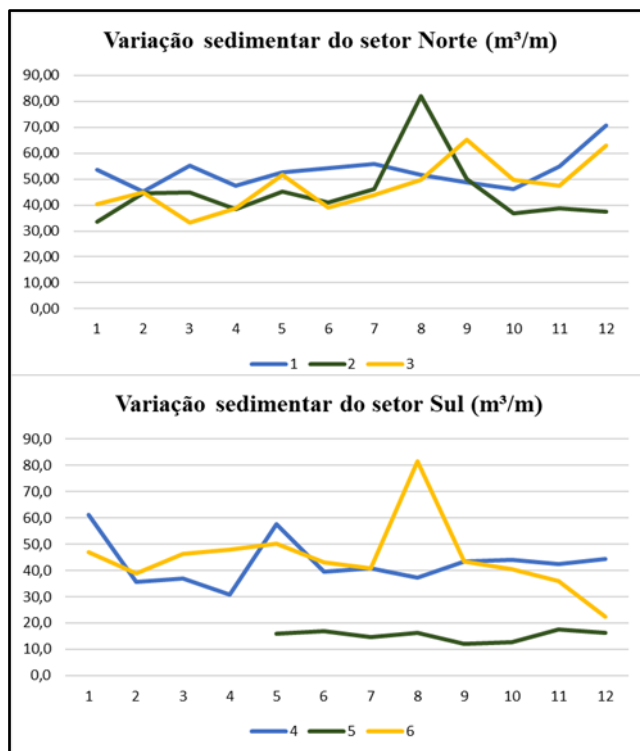


**Figura 3.** Distribuição sazonal das diferentes classes de ondulação e vento incidentes na ilha de Santa Catarina para o período monitorado (agosto 2018 a dezembro 2019) (**Legenda:** m = metros; km/h = quilômetro por hora; N = norte; S = sul; E = leste; W = oeste).

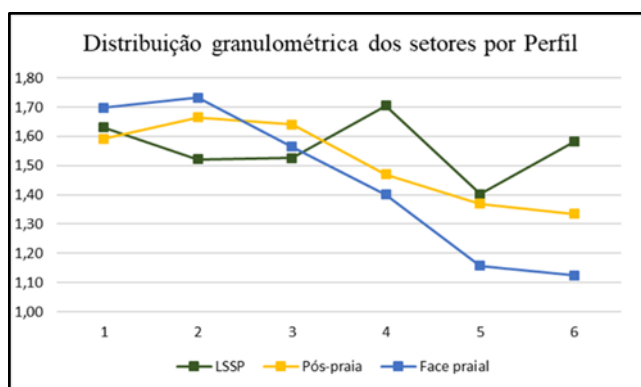


**Figura 4.** Comportamento sazonal da morfologia dos seis perfis realizados no arco praial considerado.





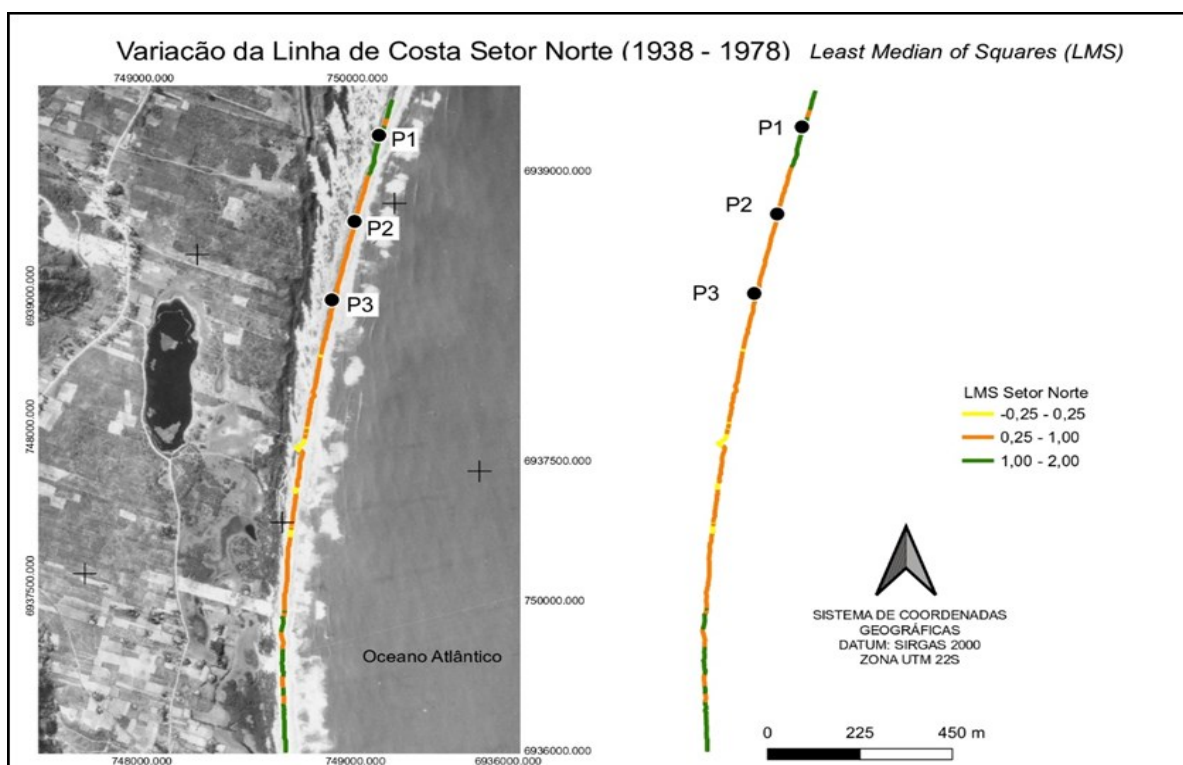
**Figura 5.** Variação do pacote sedimentar aéreo (m³/m) para cada um dos seis perfis ao longo das 12 campanhas de campo.



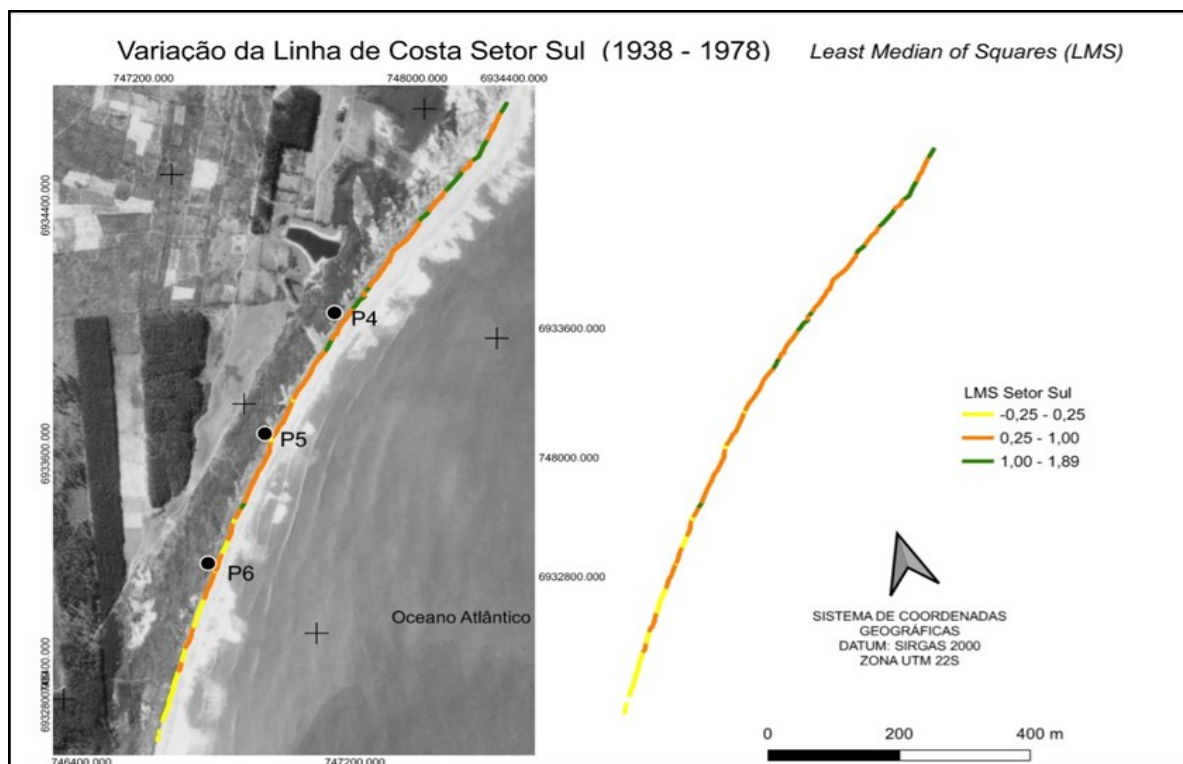
**Figura 6.** Distribuição da média granulométrica,  $Mz$  ( $\Phi$ ), dos seis perfis praias para a caracterização de cada setor morfológico (**Legenda:** LSSP = limite superior do pós-praia).

Tipo de praia	Refletiva	Intermediária	Dissipativa	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
$\Omega$	< 1,5	1,5 a 5,5	> 5,5	1,67	1,55	1,52	1,27	1,16	1,25	
Declividade [°]	> 4	2 a 6	< 2	5,17	5,96	6,65	6,30	7,75	7,75	
Areias	média a grossa	fina a média	fina	AM	AM	AM	AM	AM	AM	
$\sigma Yb$ [m]	< 10	> 10	< 10	9,04	18,71	7,14	5,95	3,25	8,31	
CV Yb%	< 0,1	0,1 a 0,5	> 0,5	0,30	0,57	0,27	0,21	0,17	0,32	
		Classific.			Int.	Int.	Int.	Ref.	Ref.	Ref.

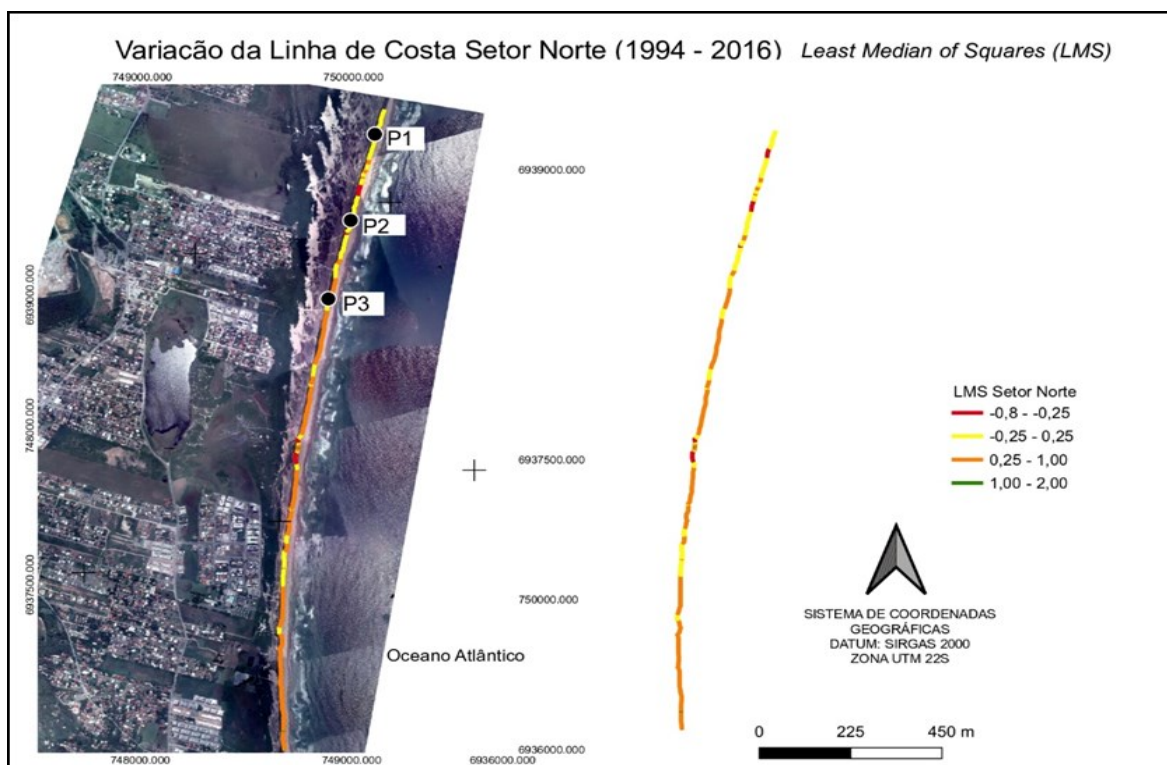
**Quadro 4.** Comparativo dos resultados de campo com os parâmetros propostos por Short & Hesp (1982) e Wright et al. (1984) (**Legenda:** ( $\Omega$  = parâmetro Ômega;  $\sigma Yb$  = desvio padrão de largura de praia; CVYb% = coeficiente de variação da linha de costa; Int. = intermediário; Ref. = refletivo; m = metro).



**Figura 7.** Variação pretérita da linha de costa para o setor Norte (1938 a 1978). Imagem de fundo: Aerofotografia de 1938.



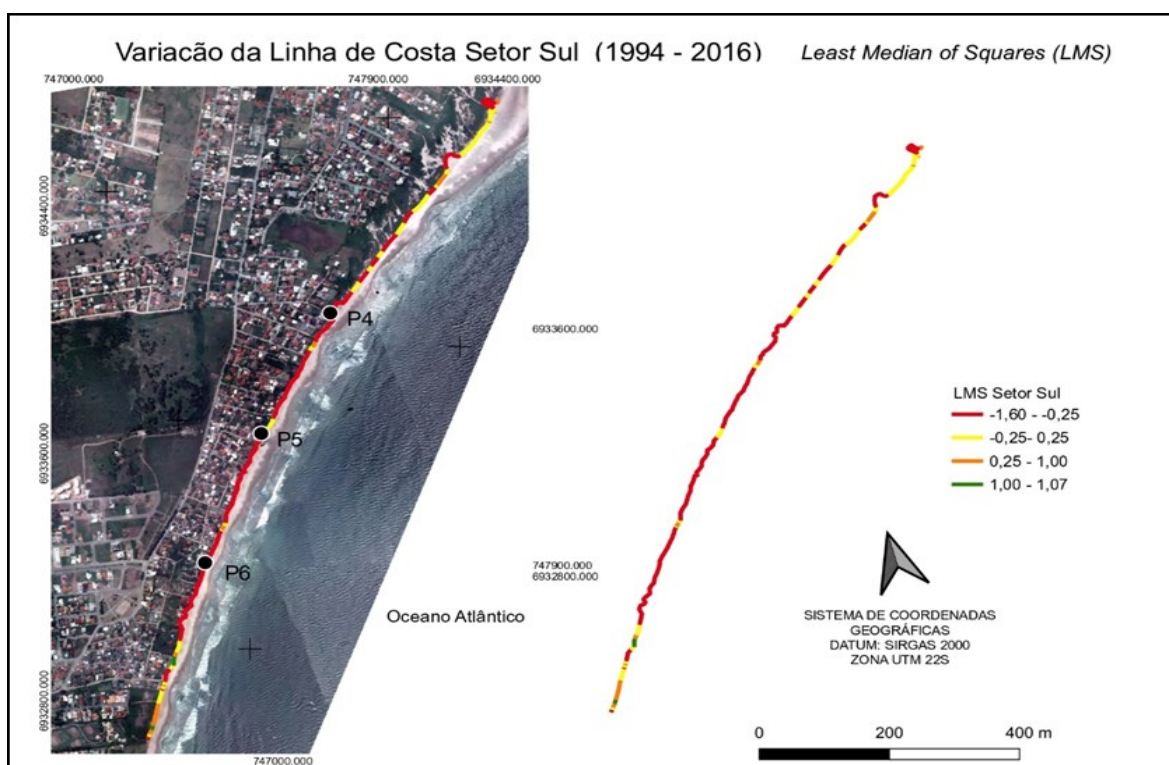
**Figura 8.** Variação pretérita da linha de costa para o setor Sul (1938 a 1978). Imagem de fundo: Aerofotografia de 1938.



**Figura 9.** Variação atual da linha de costa (pós-urbanização) para o setor Norte (1994 a 2016). Imagem de fundo: Mosaico fotogramétrico de 2016.



**Figura 1110.** Vista para noroeste de um trecho praial entre os perfis P5 e P6, com indicação visual de erosão costeira no setor Sul. Foto de Bruna Moresco (setembro de 2018).



**Figura 11.** Variação atual da linha de costa (pós-urbanização) para o setor Sul (1994 a 2016). Imagem de fundo: Mosaico fotogramétrico de 2016.