



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
COORDENADORIA ESPECIAL EM OCEANOGRAFIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

Vitor Hugo Kuhnen de Melo

Classificação morfométrica das praias de enseada de Santa
Catarina – Brasil

Florianópolis
2021

Vitor Hugo Kuhnen de Melo

Classificação morfométrica das praias de enseada de Santa
Catarina – Brasil

Trabalho de Conclusão do Curso de
Oceanografia do Centro de Física e
Matemática da Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em
Oceanografia
Orientador: Prof. Pedro de Souza Pereira, Dr.

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Kuhnen de Melo, Vitor Hugo
Classificação Morfométrica das praias de enseada do estado de Santa Catarina, Brasil / Vitor Hugo Kuhnen de Melo ; orientador, Pedro de Souza Pereira, 2021.
64 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Oceanografia, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Praias de enseada. 3. Morfologia. 4. Promontórios. I. de Souza Pereira, Pedro. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Oceanografia. III. Título.

Vitor Hugo Kuhnen de Melo

**Classificação morfométrica das praias de enseada do estado de Santa
Catarina - Brasil**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de bacharel em oceanografia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Oceanografia

Florianópolis, 27 de abril de 2021.

Prof. Dr. Felipe Mendonça Pimenta
Coordenador do Curso de Oceanografia

Banca Examinadora:

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

Prof. Dr. Antônio Henrique da Fontoura Klein
Avaliador
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

MSc. Charline Dalinghaus
Avaliadora
Instituição: University of Auckland

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família, meus pais Fábio e Katia e meus irmãos Isabela e Miguel que sempre me apoiaram e me deram base para que eu pudesse concluir o curso de Oceanografia.

À minha namorada Manoela, que esteve comigo desde o início do curso e foi fundamental, me ajudando durante o caminho.

Ao meu orientador Pedro, pela paciência em ensinar e disponibilidade, seja em feriados ou finais de semana, sempre pronto para responder.

Aos meus colegas de turma que se tornaram meus amigos e que pretendo manter para o resto da vida.

Aos meus professores, que ensinaram e inspiraram durante os anos de faculdade.

RESUMO

As praias são feições encontradas globalmente nas áreas costeiras sedimentares expostas a ondas. São chamadas de praias de enseada aquelas que apresentam promontórios rochosos em suas extremidades, sendo estes os principais responsáveis pela proteção da linha de costa em relação à energia das ondas. O presente trabalho teve como objetivo apresentar uma classificação das praias de enseada do estado de Santa Catarina a partir de parâmetros morfométricos medidos utilizando imagens de satélite de acesso aberto. Noventa praias foram analisadas entre os limites sul, no município de Laguna, com a Praia do Cardoso, até o limite norte, no município de São Francisco do Sul, com a Praia da Enseada. A área de estudo foi dividida em cinco setores para facilitar a comparação dos resultados e a distribuição das classificações ao longo do estado de Santa Catarina. Os parâmetros analisados foram: a distância entre os promontórios (R_0), o recuo do embaçamento (a), a área total do embaçamento (A_e), o comprimento da faixa de areia (X_d), o comprimento total do embaçamento (S_i) e a orientação do promontório (θ_0), além de um parâmetro de embaçamento (γ_e), obtido através da relação entre o recuo do embaçamento (a) e a área do embaçamento (A_e). A partir dessas medidas, foi gerado um dendrograma que permitiu agrupar as praias em três classes com diferentes características morfométricas utilizando a ferramenta de agrupamento *k-means*. Para aprofundar o entendimento das relações entre cada parâmetro, foram gerados gráficos de correlação linear e de regressão múltipla, selecionando uma variável dependente que apresentasse alta relação com os outros parâmetros. As praias apresentaram grande variação de parâmetros entre cada setor e classe analisadas. A partir das análises de correlação, foi observado o grau de relação entre cada variável, que levou a análise de regressão, onde foi possível obter uma equação capaz de estimar com 95% de precisão o tamanho da faixa de areia do embaçamento a partir de seus parâmetros R_0 , a e A_e .

Palavras-chave: Parâmetros morfométricos. Morfologia. Promontórios.

ABSTRACT

The beaches are systems found globally in sedimentary coastal areas exposed to waves. The embayed beaches present rocky headlands at their ends, which are responsible for protecting the coastline in relation to wave energy. The present study aimed to classify the embayed beaches in the state of Santa Catarina based on morphological parameters measured using open access satellite images. Ninety beaches were analyzed between the southern limits, in the municipality of Laguna, with Praia do Cardoso, up to the northern limit, in the municipality of São Francisco do Sul, with Praia da Enseada. The study area was divided into five sectors to allow a comparison of results and the distribution of classifications throughout the state of Santa Catarina. The parameters were: the distance between headlands (R_0), the embayment indentation (a), the embayment area (A_e), the alongshore beach length (X_d), the total beach length (S_i) and the promontory orientation (θ_0), in addition to a parameter γ_e , appear in the relation of a and A_e . From these measurements, a dendrogram was generated that groups the beaches into three classes with different morphometric characteristics using the *k-means* clustering tool. To deepen the understanding of the relationships between each parameter, graphs of linear correlation and multiple regression were generated, using a dependent variable that had a high relationship with the other parameters. The beaches vary widely in parameters between each sector and class analyzed. From the correlation analyzes, the relationship between each variable was observed, leading to the regression analysis, where it was possible to obtain an equation capable of estimate with 95% precision the size of the alongshore beach length from its R_0 , a and A_e parameters.

Keywords: Embayed beaches. Morphology. Headlands.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de estudo com identificação dos setores Sul (SUL), Ilha (ISC), Central (CEN), Norte (NOR) e Baía Norte (BAN)	21
Figura 2 - Variáveis morfométricas: Distância entre promontórios (R_o), recuo de embaçamento (a), área de embaçamento (A_e), Comprimento da faixa de areia (X_d), Comprimento do embaçamento (S_i) e orientação do promontório(θ_0).....	23
Figura 3 - Fluxograma com a metodologia utilizada.....	25
Figura 4 - Diagramas de caixa para os valores de área de embaçamento (A_e) por setor	27
Figura 5 - Diagramas de caixa para os valores de recuo do embaçamento(a) por setor	28
Figura 6 - Diagramas de caixa para os valores de distância entre promontórios (R_o) por setor.....	29
Figura 7 - Diagramas de caixa para os valores do comprimento da faixa de areia (X_d) por setor.....	30
Figura 8 - Diagramas de caixa para os valores do comprimento total do embaçamento (S_i) por setor.....	30
Figura 9 - Esquema das combinações de orientação de promontório.....	31
Figura 10 - Exemplos das orientações encontradas: H1: Pinheira (A). H2:Pântano do Sul/Açores(B); H3, Barra da Ferrugem(C); H4:Barra das Cordas(D); H5: Praia Brava(E); H6:Praia do Estaleiro(F).....	33
Figura 11 - Diagramas de caixa para os valores do parâmetro morfométrico de embaçamento (γ_e) por setor	34
Figura 12 - Dendrograma de agrupamento por similaridade das praias de enseada.....	35
Figura 13 - Gráfico de dispersão do agrupamento das classes de embaçamento.	36
Figura 14 - Exemplo do aumento de classe e da mudança do grau de embaçamento. Praia do Sol (A); Praia do Mariscal (B); Retiro dos Padres (C).....	37
Figura 15 - Diagramas de caixa para os valores de área de embaçamento (A_e) por classe	38
Figura 16 - Diagramas de caixa para os valores de recuo de embaçamento (a) por classe	39
Figura 17 - Diagramas de caixa para os valores de distância entre promontórios (R_o) por classe	39

Figura 18 - Diagramas de caixa para os valores de comprimento da faixa de areia (X_d) por classe.....	40
Figura 19 - Diagramas de caixa para os valores de comprimento total do embaiamento (S_i) por classe.....	41
Figura 20 - Diagramas de caixa para os valores do parâmetro morfométrico de embaiamento (γ_e) por classe	41
Figura 21 - Esquema de praias observadas com valor de γ_e e sua respectiva classe. Praia Grande (A); Praia da Armação (B); Barra da Lagoa/Moçambique (C); Praia de Taquaras (D); Praia do Santinho (E); Praia de Bombinhas (F), Praia de Calheiros (G); Praia da Galheta (H); Praia Vermelha (I).....	43
Figura 22 - Gráfico de pontos da regressão linear entre a distância entre promontórios (R_o) e o recuo do embaiamento (a).....	45
Figura 23 - Gráfico de pontos da regressão linear entre a distância entre promontórios (R_o) e a área de embaiamento (A_e)	45
Figura 24 - Gráfico de pontos da regressão linear entre a distância entre promontórios (R_o) e o comprimento da faixa de areia (X_d)	46
Figura 25 - Gráfico de pontos da regressão linear entre a distância entre promontórios (R_o) e o comprimento total do embaiamento (S_i).....	47
Figura 26 - Gráfico de pontos da regressão linear entre o recuo do embaiamento (a) e a área de embaiamento (A_e)	48
Figura 27 - Gráfico de pontos da regressão linear entre o recuo do embaiamento (a) e o comprimento da faixa de areia (X_d)	48
Figura 28 - Gráfico de pontos da regressão linear entre o recuo do embaiamento (a) e o comprimento total do embaiamento (S_i).....	49
Figura 29 Gráfico de pontos da regressão linear entre a área de embaiamento (A_e) e o comprimento da faixa de areia (X_d).....	50
Figura 30 - Matriz de correlação linear entre todos os parâmetros analisados: distância entre promontórios (R_o), recuo do embaiamento (a), área do embaiamento (A_e), Comprimento da faixa de areia (X_d) e comprimento total do embaiamento (S_i). 51	

LISTA DE TABELAS E ANEXOS

Tabela 1 - Comparação das médias das classes de embaiamento.....	37
--	----

Anexos

Anexo A - Tabela de praias analisadas

SUMÁRIO

1.	Introdução	14
2.	Objetivos	18
	OBJETIVO GERAL.....	18
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3.	Metodologia	19
	ÁREA DE ESTUDO.....	19
	<i>Geologia</i>	19
	<i>Regime de ondas</i>	20
	<i>Clima</i>	20
	<i>Marés</i>	21
	PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS.....	12
	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	23
	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO.....	26
4.	Resultados	27
	CARACTERÍSTICAS DOS EMBAIAMENTOS.....	27
	<i>Análise dos parâmetros morfométricos</i>	27
	<i>Análise dos promontórios</i>	31
	PARÂMETRO MORFOMÉTRICO DE EMBAIAMENTO (γ_e).....	34
	<i>Classes das praias de enseada</i>	34
5.	Discussão	42
	MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DE PRAIAS.....	42
	PARÂMETRO MORFOMÉTRICO DE EMBAIAMENTO.....	42
	ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CORRELAÇÕES.....	44
	MÉTODOS CLÁSSICOS.....	50
6.	Conclusão	55
	REFERÊNCIAS.....	57

1 Introdução

As praias são ambientes que ocorrem em todas as áreas costeiras sedimentares expostas as ondas e são consideradas como sistemas transicionais altamente dinâmicos e sensíveis, se ajustando as flutuações dos níveis de energia locais, além de serem retrabalhados constantemente por processos eólicos, biológicos e hidráulicos que ocorrem em escalas espaciais e temporais variadas (SHORT, 1999). Em todo o globo, cerca de 31% dos ambientes costeiros livres de gelo são compostos por costa arenosa (LUIJENDIJK *et al.*, 2018). Estas são amplamente estudadas por oferecerem diversos recursos para os seres humanos, como por exemplo: serviços de proteção contratempestades, fonte de alimentos, local de recreação e lazer, além de serem o habitat de uma grande variedade de animais e plantas.

No que diz respeito a exposição frente as ondas, as praias podem ser categorizadas em abrigadas, semi-abrigadas ou expostas. Essa distinção depende de quanto a energia das ondas chega na praia e quanto dela é bloqueada ou dissipada devido à declividade da praia em relação à frente de ondas incidente ou à presença de promontórios laterais e seu tamanho (ARAÚJO *et al.*, 2003), ou pela presença de lajes ou de recifes em sua antepraia. Essa proteção da linha resulta em processos que alteram a sua forma, gerando praias mais retilíneas em orlas expostas, praias parabólicas ou em formato de meio coração em praias semi-abrigadas e abrigadas (ARAÚJO *et al.*, 2003; SHORT, 2016; KLEIN, 2004). As praias arenosas que apresentam sua linha de costa de alguma forma curvada, sendo delimitadas por afloramentos rochosos ou promontórios, naturais ou artificiais, são denominadas praias de enseada (KLEIN, 2003). Ao longo dos anos, as praias de enseada têm sido chamadas de: baías curvadas em Zeta (HALLIGAN, 1906), baías em forma de meio coração (SILVESTER, 1960), praias em espiral logarítmica (YASSO, 1965), praias com curvas em gancho (REA E KOMAR, 1975), praias de bolso (SILVESTER *et al.*, 1980), praias de promontórios (LEBLOND, 1979; PHILLIPS, 1985; YASSO, 1965) e praias de enseada (SHORT E MASSELINK, 1999).

Ao longo da costa de Santa Catarina, o sistema de praias é a principal formação costeira, ocupando cerca de 60% do litoral, seguido pelo sistema de costões rochosos e promontórios, o que induz a formação de diversas praias

embaiadas (SHORT *et al.* 2016). Sendo composto em grande parte por rochas, o litoral catarinense é exposto a ventos de leste moderados persistentes, e a ondas e sistemas de micro-marés ao sul, resultando em uma costa que é, predominantemente, dominada por ondas, com várias praias embaiadas expostas na costa aberta (SHORT *et al.*, 2016).

Os promontórios rochosos são uma porção saliente e alta de qualquer área continental de natureza cristalina ou sedimentar que avança para dentro de um corpo aquoso (lago, mar ou oceano) (SUGUIO, 1998), e são eles os principais responsáveis pelo grau de proteção da linha de costa em relação à hidrodinâmica e ondas que vêm do mar aberto (CAMARGO, 2020), sendo assim, o grau de embaiamento é o regulador geológico primário para controlar os processos hidrodinâmicos e morfológicos em praias de enseada (CASTELLE e COCO, 2012; JACKSON e COOPER, 2009; MASSELINK *et al.*, 2016). São os promontórios os responsáveis por induzir interações hidrodinâmicas complexas em praias de enseada por meio da refração de ondas (LOUREIRO *et al.*, 2012), dissipação e sombreamento (BRYAN *et al.*, 2013; CASTELLE e COCO, 2012). Os promontórios em cada extremidade da praia são diversos e podem ser simétricos ou assimétricos em termos de comprimento, largura e orientação (MCCARROLL *et al.*, 2016; MORTLOCK *et al.*, 2017; RENIERS *et al.*, 2004). O grau de embaiamento da praia vem a ser o parâmetro que permite ou não que haja transporte de sedimento na enseada, onde o recuo é significativamente maior do que a distância entre as cabeceiras dos promontórios (BRYAN *et al.*, 2013). Por outro lado, praias mais expostas, com pouco recuo têm promontórios mais curtos em relação à distância entre estes promontórios (BOWMAN *et al.*, 2009) e tende a sofrer mais com o transporte litorâneo em condições de ondas obliquas e/ou tempestades (GEORGE *et al.*, 2015; SILVESTER, 1985).

Diversas abordagens foram adotadas ao longo dos anos com o intuito de descrever uma classificação qualitativa e/ou quantitativa para as praias de enseada. Entre os estudos mais significativos do entendimento da dinâmica das praias de enseada, estão os trabalhos de Hsu *et al.* (1989), que apresentaram um parâmetro de previsão do estado de equilíbrio da praia a partir da razão entre o recuo do embaiamento e da distância entre os promontórios, e o ângulo da incidência de ondas. Para o desenvolvimento dessa relação, diversas variáveis

foram analisadas e submetidas a análises de correlação, chegando à conclusão de que o estado de equilíbrio da praia dependia da relação entre a razão do recuo do embaçamento e da distância entre promontórios, e da direção das ondas incidentes (HSU *et al.*, 1989).

Outro trabalho clássico para o estudo das praias de enseada foi apresentado por Hsu e Evans (1989), onde os autores desenvolveram uma equação polinomial de segunda ordem capaz de descrever a forma parabólica da faixa de areia de praias em equilíbrio estático. Nesse caso, os autores traçam uma relação para a dependência da forma da linha de costa em relação aos ângulos de incidência das ondas, e descrevem que o formato da praia tem relação direta com a morfodinâmica do sistema

Enquanto a maioria das pesquisas relacionadas as praias limitadas por promontórios rochosos são focadas na estabilidade e rotação praial, uma vez que algumas destas praias são consideradas sistemas fechados (CAMARGO, 2020), este trabalho seguiu a metodologia criada por Fellowes (2019) em que é apresentado um parâmetro morfométrico generalizado, utilizado para classificar a configuração geomorfológica das praias de enseada, combinando características morfométricas da praia. A análise, assim como diversos outros trabalhos sobre praias de enseada anteriores, propõe entender a relação entre a morfologia da praia e a interação de seus parâmetros morfométricos (RIBEIRO, 2014; KLEIN, 2004; FELLOWES, 2019).

Para o presente trabalho foram analisadas todas as praias de enseada oceânicas expostas do estado de Santa Catarina e selecionadas as que se encaixam na descrição de praias de enseada, apresentando um arco praial arenoso cercado por promontórios. Esta nova abordagem fornece uma relação empírica simples para examinar as influências que a geometria de embaçamento inerente tem na morfodinâmica da praia, apenas utilizando seus parâmetros morfométricos.

Inicialmente, a presente pesquisa buscou a caracterização e compreensão dos parâmetros morfométricos das praias de enseada. Posteriormente, para aprofundar o entendimento das relações entre os parâmetros morfométricos das praias de enseada, estudou-se as regressões lineares e correlações entre cada uma das variáveis encontradas, definindo uma

variável dependente, que tem alto nível de relação com os demais parâmetros, sendo possível a formulação de uma equação para prever essa variável dependente.

Através do entendimento das relações entre as variáveis analisadas, é possível fazer uma conexão entre essas relações e os estudos anteriores sobre praias de enseada, que definiram equações para prever o comportamento dos embaiamentos a partir de relações matemáticas.

2 Objetivos

2.1. OBJETIVO GERAL

Classificar morfométricamente as praias de enseada de Santa Catarina.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Detalhar as variações morfométricas das praias de enseadas ao longo da costa de Santa Catarina.

Compreender as diferenças e semelhanças entre as praias de enseadas de Santa Catarina.

Avaliar como as classes encontradas por Fellowes (2019), se aplicam as praias oceânicas do litoral de Santa Catarina.

Identificar semelhanças e diferenças na distribuição das classes ao longo da costa.

Analisar a importância das variáveis morfométricas no formato das praias de enseada de Santa Catarina.

3 Metodologia

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O estado de Santa Catarina está situado na região Sul do Brasil, limitado entre as latitudes SUL 25°57'41" e 29°23'55" [FIGURA 1]. O estado é limitado ao Sul pelo rio Mampituba, no estado do Rio Grande do Sul, e a Norte pelo rio Saí-guaçu, no estado do Paraná, contendo 922 km de costa aberta e áreas de baía (KLEIN et al. 2016). Essa linha de costa possui diversas feições, na qual as mais abundantes são: Praias arenosas representando 57,8%, Costões rochosos e promontórios com 27,6% do litoral, Manguezais com 7,7%, regiões com interferência antrópica, que representam 5,2%, e desembocaduras de rios, com 1,7% da costa (KLEIN et al. 2016)

3.1.1. *Geologia*

Quanto à geologia, o estado de Santa Catarina é composto por três zonas principais (SCHEIBE, 1986; CRPM, 2014). Desde a divisa com o estado do Paraná ao norte, até o município de Penha, predominam os sedimentos do Cenozoico, com promontórios ocasionais, resultando em sistemas de praia mais longos (KLEIN et al. 2016). Na região central do estado há um cinturão de granitoides Proterozoicos e migmatitos Arqueanos, que se estendem desde a costa do município de Itajaí, até o cabo de Santa Marta (SCHEIBE, 1986; CRPM, 2014). Esta seção da costa apresenta praias de tamanhos variados, com diferenças na orientação e morfodinâmica dos sistemas praias, tendo sistemas de praias embaçadas geralmente menores e com sedimentos que variam de finos a muito grossos (FITZGERALD *et al.*, 2007; HESP, 2009; KLEIN, 2004; KLEIN *et al.*, 2010; MCBRIDE *et al.*, 2013). A região do estado que vai do cabo de Santa Marta até a divisa sul com o estado do Rio Grande do Sul é formada principalmente por sedimentos quaternários uniformes e finos, com as granuloses Arqueanas no interior, e com afloramentos da Bacia do Paraná ocorrendo na costa e na plataforma interna (SCHEIBE, 1986). A planície costeira é formada em sua maioria por rochas sedimentares e basálticas na porção Sul, por granitos na porção Central e por granitos e rochas metamórficas ao Norte, como gnaisses, migmatitos, granulitos e xistos, sendo que a planície costeira é

mais larga nos setores Norte e Sul e mais estreita no setor Central (HORN FILHO, 2003).

3.1.2. *Regime de Ondas*

Como mostrado em estudos passados (ARAUJO *et al.*, 2003), o clima de ondas no estado de Santa Catarina é definido por 5 padrões de ondas incidentes, sendo esses: ondulação de sul ($\theta=162^\circ$), período de 11,4s, e Hs entre 1,25 e 2m; ondulação de sudeste ($\theta=146^\circ$), período de 14,2s, e Hs entre 1,50 w 2m; vagas de leste ($\theta=92^\circ$), período 8,5s e Hs entre 0,75 e 1,75m; vagas de nordeste ($\theta=27^\circ$), Hs > 0,75m; e vagas de sul ($\theta=188^\circ$) período de 7,7s e Hs > 1m. Em sistemas de tempestade, ondas de até 4 metros provenientes de Sul, podem ocorrer durante todo o ano. Nas estações de inverno e primavera, ondas com altura acima de 4 m podem ser observadas, podendo chegar a 7 metros no inverno (FRANCO e MELO, 2008). De maneira geral, as ondulaçõesprovenientes do leste e sul são predominantes na costa catarinense (ARAUJO *et al.*, 2003).

3.1.3. *Clima*

O clima no estado de Santa Catarina é caracterizado como subtropical úmido, dominado pelo sistema de alta pressão subtropical do Atlântico Sul centrado entre 18 e 35° S, que mantém um fluxo de ar úmido de leste em direção à costa (SHORT *et al.* 2016). A temperatura média varia de 23 ° C no verão a 14 ° C no inverno, enquanto a precipitação costeira varia de 1250 a 1400 mm (SHORT *et al.* 2016). No verão, chuvas ocasionais excedendo 100 mm d-1 resultam em enchentes costeiras com consequências catastróficas para as praias, especialmente em áreas urbanas com baixa capacidade de infiltração do solo. Durante o inverno, o fluxo tropical quente é pontuado por frentes frias associadas a baixas subpolares, que trazem clima mais frio, fortes ventos de sul e chuva frontal (NOBRE *et al.*, 1986; KLEIN, 1997), ocorrendo em ciclos de 6 e 11 dias (STECH e LORENZZETTI, 1992) com uma média de 8 dias (FERNANDES e RODRIGUES, 2018).

3.1.4. Marés

Ao longo da costa catarinense as marés são caracterizadas como micro-maré, variando de 1,05m ao norte a 0,46m ao sul (DHN, 2005). De acordo com Truccolo (1998), os efeitos meteorológicos da maré podem provocar uma elevação de até 1m acima da maré astronômica, principalmente entre as estações do ano.

3.2. PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

Os dados foram coletados em 90 praias ao longo da costa do estado de Santa Catarina, Brasil. As praias analisadas apresentam promontórios como limites geográficos, criando uma área de embaimento dominada por ondas.

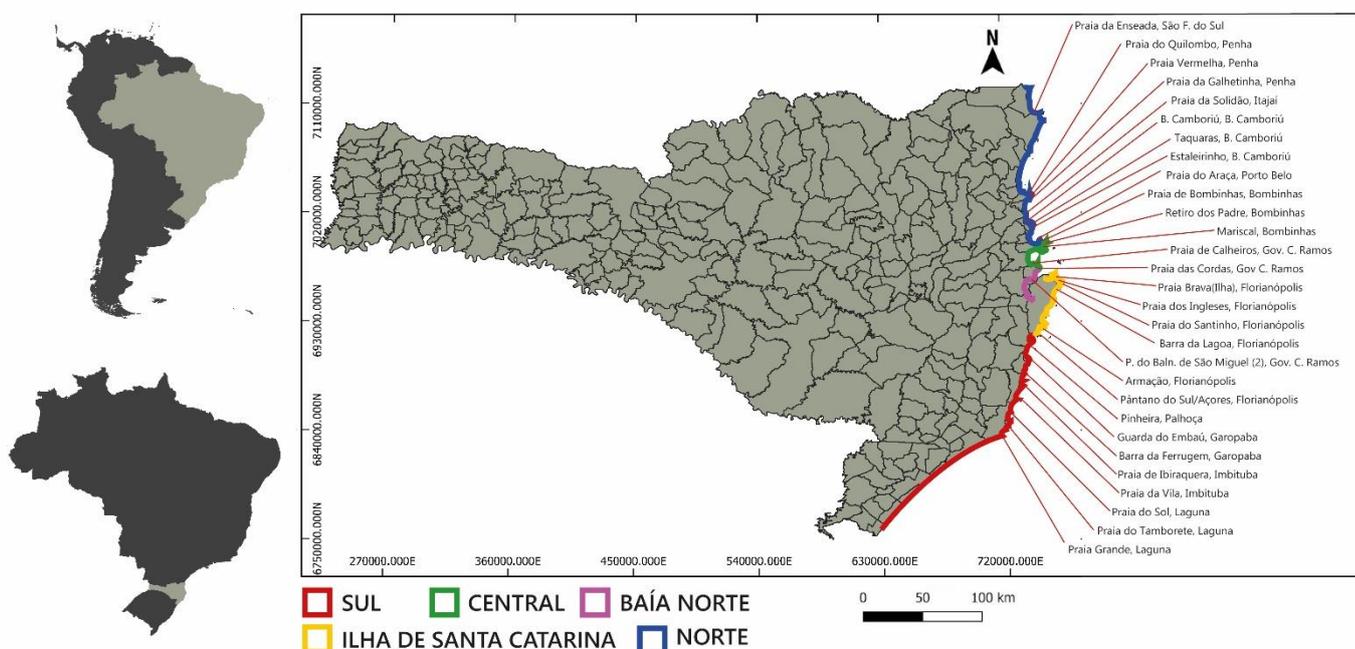


Figura 1 - Área de estudo com identificação dos setores Sul (SUL), Ilha de Santa Catarina (ISC), Central (CEN), Norte (NOR) e Baía Norte (BAN).

Para facilitar a análise, foi decidido por setorizar a área de estudo em sub-regiões para que possa ser feita a comparação dos resultados ao final do trabalho. A setorização adotada partiu da setorização adotada por Klein *et al.*, 2016, em que o litoral é dividido em 3 setores, sendo eles: Sul (S), indo do limite sul de Santa Catarina com o estado do Rio Grande do Sul até a praia da Pinheira, no município de Palhoça, setor Central (C), se limitando às praias da Ilha de Santa

Catarina, e Norte (N), indo da praia de Tijuquinhas, no município de Governador Celso Ramos, até o limite norte de Santa Catarina com o Paraná [FIGURA 1]. Para este trabalho, foram feitas algumas modificações na área de estudo proposta por Klein *et al.*, 2016, onde o Setor Sul se mantém o mesmo, o setor central (C) é substituído pelo setor Ilha de Santa Catarina (ISC), o setor Norte(N) é dividido em 2 setores, Central(CEN), que vai de Tijuquinhas, no município de Governador Celso Ramos, até a Praia de Bombas, no município de Bombinhas, e Norte (NOR), que vai da Praia do Estaleiro, no município de Porto Belo, até o limite norte de Santa Catarina com o estado do Paraná, essa divisão foi feita para queo n amostral seja mais próximo em todas as regiões. Também foi adicionado um quinto setor, com praias de dentro da Baía Norte da Ilha de Santa Catarina (BAN), para analisar as diferenças ao analisar praias abrigadas em baías.

Foram medidos 6 parâmetros morfométricos [Figura 2] usando as ferramentas de linhas e polígonos do software Google Earth Pro (Landsat/Copernicus, acessado entre 05/06 a 20/07/2020). Os parâmetros coletados foram: Distância entre promontórios (R_0), orientação dos promontórios em relação à linha de costa(θ_0), recuo de embaiamento (a), área de embaiamento (A_e), comprimento da faixa de areia (X_d) e comprimento total do embaiamento (S_i).

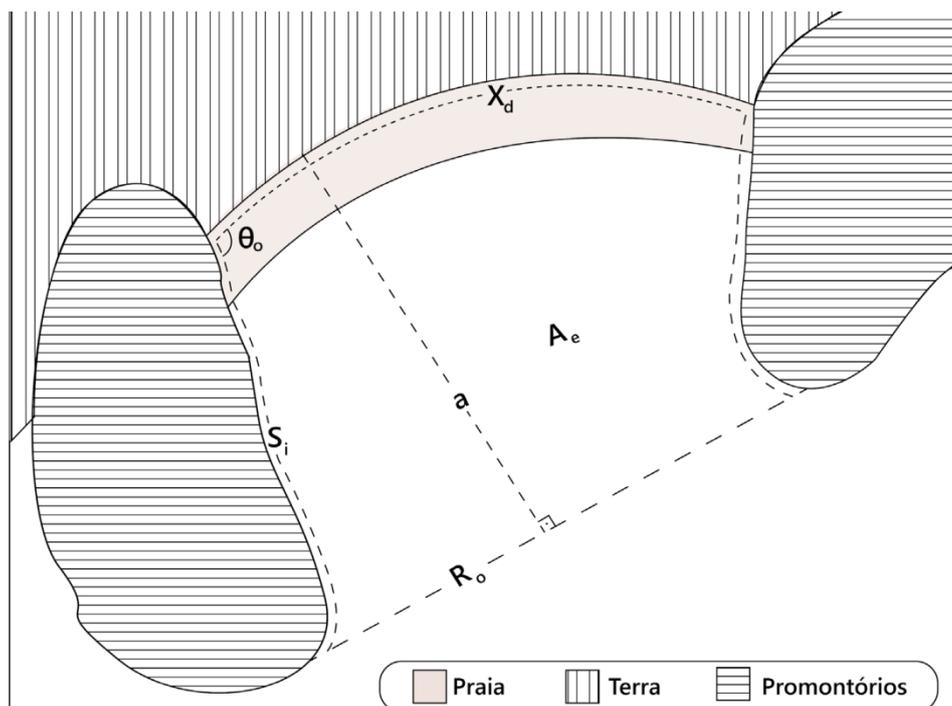


Figura 2 - Variáveis morfológicas: Distância entre promontórios (R_0), recuo de embaçamento (a), área de embaçamento (A_e), Comprimento da faixa de areia (X_d), Comprimento do embaçamento (S_i) e orientação do promontório (θ_0).

Devido a influência de A_e (que é responsável pela exposição às ondas), e a (que tem influência no sombreamento, dissipação e resposta da praia as ondas) (FELLOWES *et al.*, 2019), a seguinte equação, proposta por Fellowes *et al.* (2019), que combina esses dois parâmetros, foi utilizada no trabalho.

$$\gamma_e = \frac{a}{\sqrt{A_e}} \quad [1]$$

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após a análise das imagens e aplicação da equação proposta, os dados foram analisados no software R para gerar gráficos exploratórios de dispersão, diagramas de caixa, agrupamentos (cluster) e dendrogramas que permitam a interpretação dos resultados.

Ainda no software R, os resultados foram analisados e expostos em gráficos de dispersão e diagramas de caixa para cada parâmetro em relação aos

setores definidos no trabalho, e às classes definidas na análise. Os gráficos de ponto foram calculados em escala logarítmica para facilitar a visualização e interpretação das classes.

Para gerar grupos que apresentassem semelhanças entre si, foi feita uma clusterização para as praias analisadas [FIGURA 3]. A clusterização consiste no agrupamento dos dados em grupos que apresentem alguma semelhança entre si através de uma análise exploratória (não-supervisionada) (SOUZA, 2019). A ferramenta utilizada para gerar o cluster foi o *k-means*, um processo de agrupamento de aprendizagem não-supervisionada (SOUZA, 2019). Esse método cria um modelo que relaciona as características dos pontos com uma variável a ser prevista. O *k-means* inicia o agrupamento gerando novos dados a partir dos já fornecidos e aprende as relações entre eles para criar padrões, determinando quando um grupo começa e outro termina a partir de relações matemáticas, sendo que o número de grupos criados é definido pelo usuário. Elementos dentro de um mesmo grupo apresentam similaridade maior em relação a elementos de outros grupos (conceito de *nearest mean*) (SOUZA, 2019).

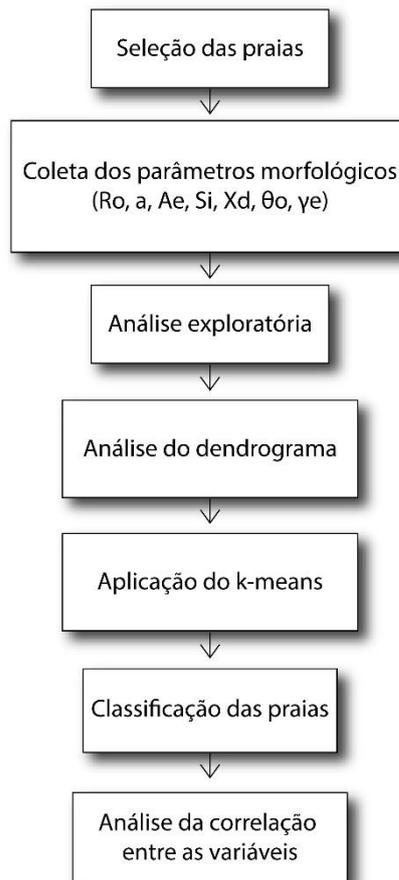


Figura 3 - Fluxograma com a metodologia utilizada

O algoritmo aplicado no *k-means* é o algoritmo de Lloyd, que consiste em iniciar a análise de grupos gerando centróides aleatórios para determinar os grupos por proximidade do centróide (distância euclidiana) (SOUZA, 2019). Esse centróide é então reposicionado de acordo com as médias das distâncias dos pontos que foram posicionados naquele grupo. Esse processo é repetido diversas vezes até que não haja mais alteração na posição dos centróides e no agrupamento dos pontos (SOUZA, 2019).

A análise a partir de distâncias euclidianas consiste em medir a similaridade entre os objetos de estudo a partir de suas variáveis, sendo que aqueles com similaridade maior terão a distância euclidiana menor, e os objetos mais distintos, apresentaram uma distância euclidiana maior no gráfico.

Com isso foi gerado um dendrograma, que permitiu definir classes de praias com diferentes características morfométricas. Essas classes representam quais praias são mais expostas e quais são mais embaçadas.

3.4. ANÁLISES DE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO

Para melhor entender as relações entre os parâmetros analisados, foram feitas uma série de análises de regressão linear simples e múltipla. A fim de permitir uma análise mais apurada, os dados obtidos foram normalizados, ou seja, passaram por um processo para criar um padrão na distribuição, evitando que haja um viés na hora de interpretar as análises, e que a diferença entre valores muito grandes e muito pequenos não interfira na interpretação desses dados. A normalização escolhida no trabalho foi a noemalização logaritmica, no qual é aplicado o logaritmo na base 10 para toda a planilha de dados. Essas análises em questão permitem identificar se há correlação entre as variáveis analisadas e possíveis dependências entre elas (HENRIQUES, 2015).

A relação entre elas é representada por um modelo matemático, que associa a variável dependente com as variáveis independentes. Este modelo é designado pelo modelo de regressão linear simples (MRLS) em que se define umarelacão linear entre a variável dependente e uma variável independente. Se emvez de uma, forem incorporadas várias variáveis independentes, o modelo passa a denominar-se modelo de regressão linear múltipla (MRLM) (HENRIQUES, 2015).

Com base nos dados, foram construídos diversos diagramas de dispersão que mostram uma tendência linear para que se possa usar a regressão linear. Este diagrama permite decidir se um relacionamento linear entre as variáveis X e Y deve ser assumido, e se o grau de relacionamento linear entre as variáveis é forte ou fraco, conforme o modo como se situam os pontos em redor de uma reta imaginária que passa através do agrupamento de pontos (PAULA, 2013).

Com esses resultados, a regressão linear múltipla encontrada foi retrabalhada para excluir variáveis que pudessem apresentar codependência entre si, ou seja, variáveis que são função de outra variável, o que acaba superestimando a relação entre elas quando analisadas em um gráfico de regressão linear (PAULA, 2013). Assim, foi possível chegar no melhor modelo de regressão múltipla para as variáveis analisadas.

4 RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS DOS EMBAIAMENTOS

4.1.1. Análise dos parâmetros Morfométricos

A partir da análise dos dados, foi observada uma grande variação das medidas obtidas para os parâmetros calculados em cada praia.

Para os valores da Área do embaimento (A_e) [FIGURA 4], foi observada uma variação de $2,4 \times 10^3 \text{ m}^2$ (Prainha da Baía de São Miguel (2), Baía Norte) até um valor máximo de $2,1 \times 10^7 \text{ m}^2$ (Barra da Lagoa/Moçambique, Ilha de Santa Catarina) a média de A_e para as 92 praias foi de $2,6 \times 10^6$ metros quadrados. A maior média de A_e entre os setores foi de $3,8 \times 10^6 \text{ m}^2$, no setor Sul, seguido por $3,1 \times 10^6 \text{ m}^2$ em Ilha de Santa Catarina, $2,9 \times 10^6 \text{ m}^2$ no setor Norte, $1,2 \times 10^6 \text{ m}^2$ no setor Central e a menor média, de $3,3 \times 10^5 \text{ m}^2$ foi observada no setor Baía Norte da Ilha de Santa Catarina.

É possível observar que as médias para o litoral sul, norte e ilha de Santa Catarina apresentam valores próximos, sugerindo que a área de embaimento dos 3 setores são semelhantes. O setor central apresentou um valor intermediário, enquanto os valores para as praias da baía norte são de uma ordem de grandeza menores, sendo praias muito menores que as dos outros setores.

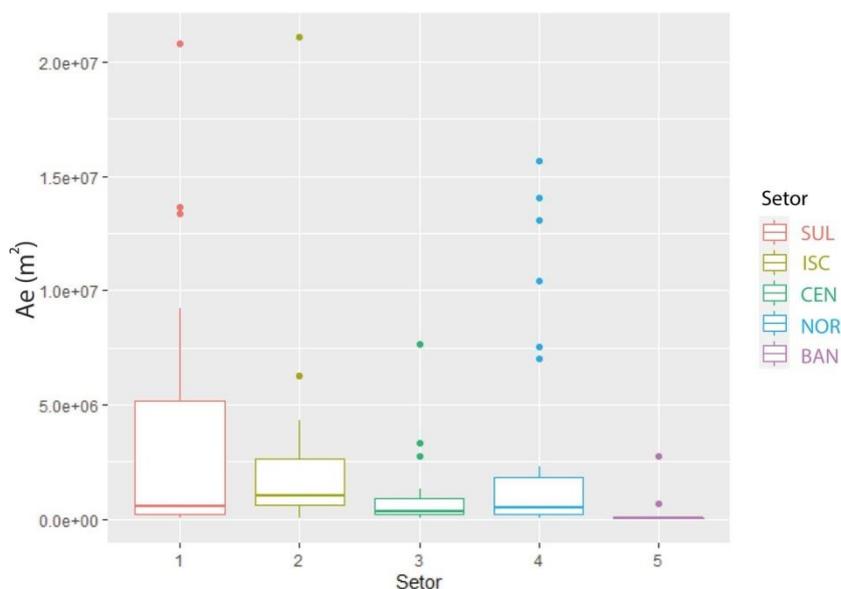


Figura 4 - Diagramas de caixa para os valores de área de embaimento (A_e) por setor

Quanto ao recuo do embaçamento (a) [FIGURA 5], foi observado um valor mínimo de 43 m (Prainha da Baía de São Miguel (2), Baía Norte) até um máximo de 2.581 m (Pinheira, Sul), com valor médio de 782 m entre todos os setores. A maior média foi encontrada no setor Ilha de Santa Catarina, com um valor de 964 m, a segunda maior média regional para a foi encontrada no setor Sul, com 893 m, seguido pelo setor Norte com 857 m e pelo setor Central, com 666 m, enquanto a menor média foi observada no setor Baía Norte, com 321 metros.

Os quatro setores, referentes às regiões do litoral sul, norte, central e da ilha de Santa Catarina, apresentaram uma média parecida de a, em que os valores correspondiam ao mesmo range entre as caixas do gráfico. O único setor com praias abrigadas, o setor da Baía Norte, foi o que apresentou a menor e mais distinta média.

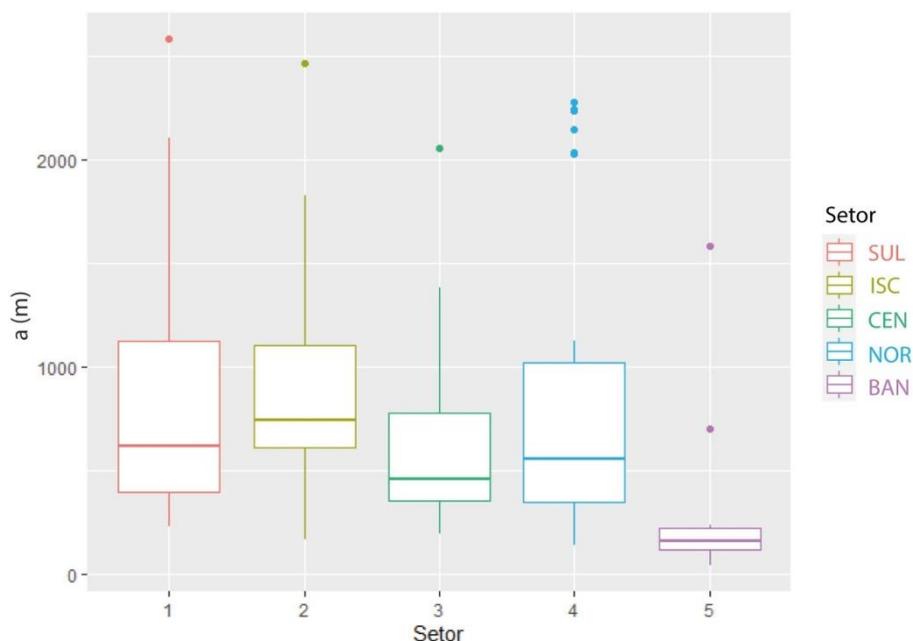


Figura 5 - Diagramas de caixa para os valores de recuo do embaçamento(a) por setor

Os valores de distância entre os promontórios (R_o) [FIGURA 6], apresentaram uma amplitude entre 81 (Prainha de Balneário de São Miguel (2), Baía Norte) e 12.468 metros (Praia da Vila, Sul). A média de R_o para os cinco setores foi de $2,3 \times 10^3$ m, sendo que a maior média de R_o foi observada em Sul, com $3,1 \times 10^3$ m. A segunda maior média foi a do setor Ilha de Santa Catarina, com $2,7 \times 10^3$ m, seguida pelo setor Norte, com $2,4 \times 10^3$ m; o setor Central foi a segunda menor média, com $1,6 \times 10^3$ m, e o setor Baía Norte apresentou os menores valores de R_o médios, com $5,2 \times 10^2$ m.

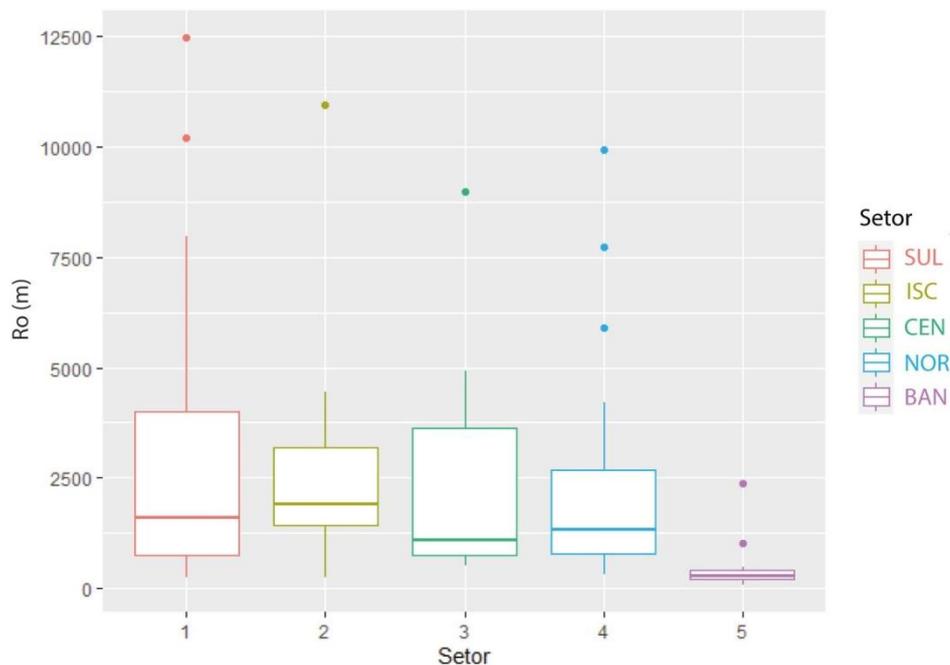


Figura 6 - Diagramas de caixa para os valores de distância entre promontórios (R_o) por setor

A amplitude dos valores do comprimento da faixa de areia (X_d) [FIGURA 7] foi de 27 m (Praia da Galheta, Norte) até 12.048 m (Barra da Lagoa/Moçambique, Ilha de Santa Catarina), com média total de $2,2 \times 10^3$ m. A média regional de X_d para a região Sul foi de $2,3 \times 10^3$ m, enquanto as médias foram próximas nos setores Norte e Ilha de Santa Catarina, com valores de $2,6 \times 10^3$ e $2,5 \times 10^3$ m, respectivamente. O setor Central teve uma média de $1,2 \times 10^3$ m, e no setor Baía Norte, a média foi $4,0 \times 10^2$ m.

É possível ver que os setores Sul, Norte e Ilha de Santa Catarina apresentaram novamente valores mais próximos, indicando praias com características similares, enquanto o setor Baía Norte teve as médias menores e mais distantes.

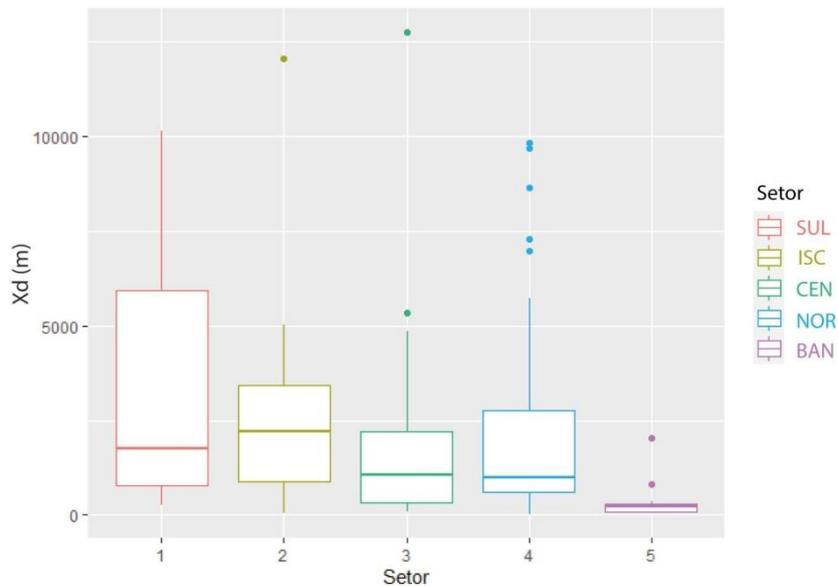


Figura 7 - Diagramas de caixa para os valores do comprimento da faixa de areia (X_d) por setor

Quanto aos valores do comprimento total do embaçamento (S_i) [FIGURA 8], foi observada uma variação entre 131 m (Praia de Balneário de São Miguel (2), Baía Norte) e 14.886 m (Praia da Vila, Sul), com uma média total de $3,5 \times 10^3$ m. Entre as médias regionais, o setor que apresentou o maior valor foi o setor Sul, com média de $4,6 \times 10^3$ m. Os setores Ilha de Santa Catarina e Norte apresentaram médias similares, com $3,9 \times 10^3$ m e $3,8 \times 10^3$ m, respectivamente. O setor Central teve uma média de $2,6 \times 10^3$ m, e a menor média de S_i foi encontrada no setor Baía Norte com $1,1 \times 10^3$ m.

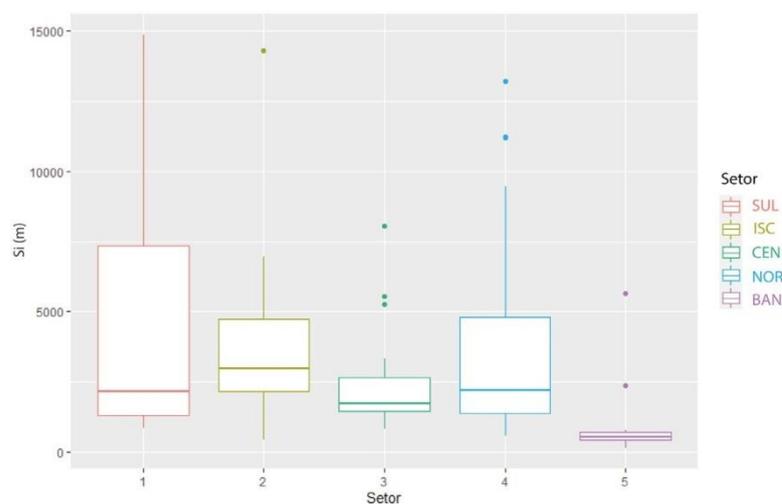


Figura 8 - Diagramas de caixa para os valores do comprimento total do embaçamento (S_i) por setor

4.1.2. Análise do Promontório

O sexto parâmetro analisado foi a orientação dos promontórios (θ_0). A partir da análise desses promontórios, foram definidas 3 possíveis orientações da inclinação em relação ao aspecto da praia, compondo 6 cenários possíveis para as combinações de orientação (H1-H6) [FIGURA 9]. As possíveis combinações de orientação encontradas foram: ambos os promontórios para dentro do embaçamento (H1), um promontório para fora e um promontório para dentro (H2), um promontório para dentro e um promontório perpendicular (H3), ambos os promontórios perpendiculares (H4), um promontório perpendicular e um promontório para fora (H5) e ambos os promontórios para fora do embaçamento (H6). A orientação predominante entre todos os pontos foi H5(perpendicular e para fora) com 36 ocorrências (39,1%), seguida por H4 e H6, ambas aparecendo 18 vezes (19,5%), H2 foi encontrada 10 vezes (10,8%), H3 7 vezes (7,6%) e por fim H1, com apenas 3 representantes (3,2%).

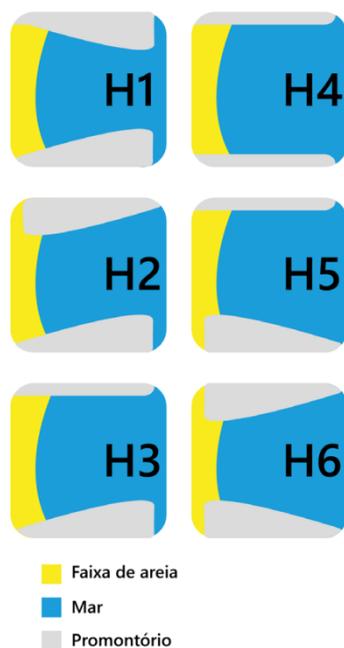


Figura 9 - Esquema das combinações de orientação de promontório. Modificado de Fellowes, 2019

A Figura 10 a seguir dá exemplos das orientações de promontório encontradas ao longo da costa de Santa Catarina [FIGURA 10]. A Praia da Pinheira, localizada no setor Sul, apresenta ambos os promontórios para dentro do embaçamento, caracterizando a orientação H1. Os promontórios da Praia do

Pântano do Sul/Açores, no setor Ilha de Santa Catarina, têm orientações diferentes, sendo um deles voltado para dentro do embaiamento, e um voltado para fora, gerando uma orientação H2. Para a praia da Barra da Ferrugem, no setor Sul, um dos promontórios é perpendicular à praia, enquanto o outro é para dentro do embaiamento, resultando numa praia de orientação H3. A Praia da Barra das Cordas, no setor Central, tem ambos os promontórios laterais perpendiculares à costa, caracterizando uma orientação H4. Os promontórios da Praia Brava, no setor Ilha de Santa Catarina, se mostram com um lado perpendicular à praia e outro voltado para fora do embaiamento, caracterizando a orientação H5. Por fim, a Praia do Estaleirinho no setor Norte tem os dois promontórios voltados para fora do embaiamento, sendo classificada como H6.

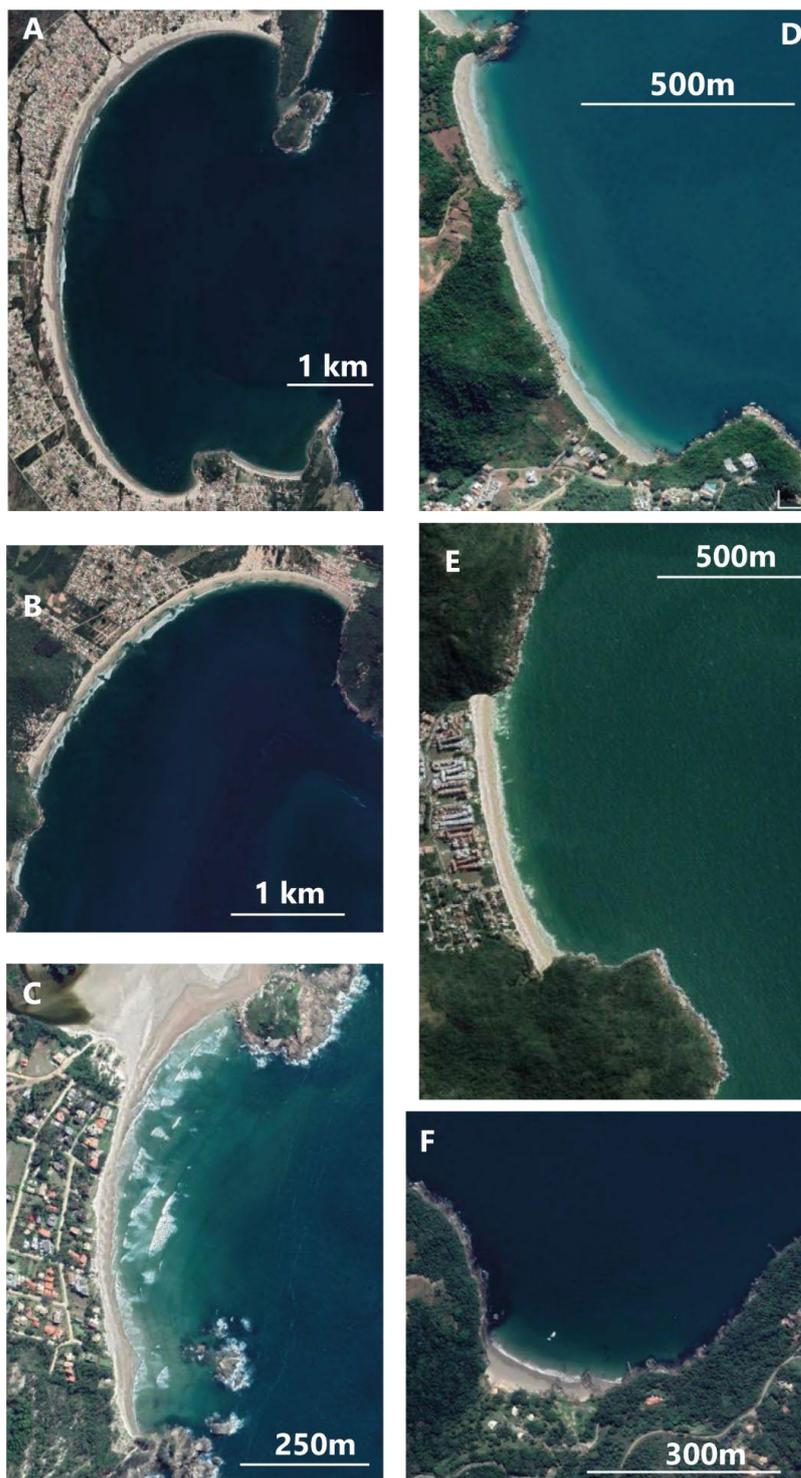


Figura 10 - Exemplos das orientações encontradas: H1: Pinheira (A). H2:Pântano do Sul/Açores(B); H3, Barra da Ferrugem(C); H4:Barra das Cordas(D); H5: Praia Brava(E); H6:Praia do Estaleiro(F)

4.2. PARÂMETRO MORFOMÉTRICO DE EMBAIAMENTO (γ_e)

Foi encontrado uma grande amplitude de valores de γ_e entre os 92 pontos calculados neste trabalho [FIGURA 11], sendo o menor deles de 0,43, na Guarda do Embaú (Sul), e o maior de 1,32; na Praia do Tamborete (Sul). A média de γ_e para Santa Catarina foi de 0,76. Os setores Ilha de Santa Catarina, Central e Norte apresentaram as menores médias de γ_e , sendo elas 0,79; 0,79 e 0,75, respectivamente, mostrando que os três obtiveram médias bem próximas, enquanto o setor Sul apresentou uma média intermediária de 0,70 e os maiores valores se encontram em Baía Norte, com uma média de 0,89. O setor Sul foi o que apresentou a maior variação nos valores de γ_e , variando desde um mínimo de 0,42, e um máximo de 1,31. O setor Ilha de Santa Catarina teve um valor mínimo de 0,54 e um máximo de 1,30. A variação em CEN foi de 0,60 a 1,02. No setor Norte, a variação foi de um mínimo de 0,44 a um máximo de 1,11; sendo a segunda maior variação dentro do mesmo setor. No setor Baía Norte, a o menor valor de γ_e foi de 0,81 e o maior de 0,96, gerando a menor variação e a média mais alta entre os setores.

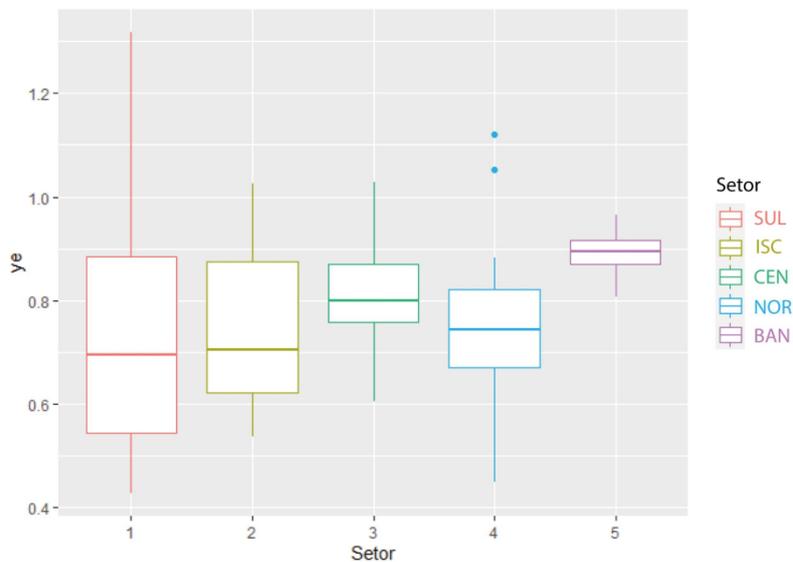


Figura 11 - Diagramas de caixa para os valores do parâmetro morfométrico de embaçamento (γ_e) por setor

4.2.1. Classes de praias de enseada

Com o dendograma que foi gerado no software R, é possível, a partir de uma interpretação da estrutura do agrupamento, definir qual seria o melhor número de grupos a ser criado para o contexto do trabalho. A análise feita para

gerar o cluster levou em conta as 6 variáveis coletadas no trabalho, e a partir da análise multivariada das distâncias euclidianas entre cada ponto, foi definido o melhor número de separações de classes a ser escolhida [FIGURA 12]. O intervalo escolhido foi entre 5 e 8, por representar uma clara faixa em que as classes se mantêm distintas dentro da análise. Essa divisão separou, entre os 5 setores, as praias em 3 grupos, o primeiro com 11 praias, contendo 9 praias do Setor Sul, 2 do setor Ilha de Santa Catarina, 1 do setor Central e 5 do setor Norte. O segundo Grupo, com 33 praias, teve 8 praias do setor Sul, 9 do setor Ilha de Santa Catarina, 7 do setor Central, 15 do setor Norte e apenas 1 do setor Baía Norte. O terceiro e mais numeroso dos grupos teve 44 praias, nas quais 8 são do setor Sul, 1 do setor Ilha de Santa Catarina, 7 do setor Central, 7 do setor Norte e 10 do setor Baía Norte.

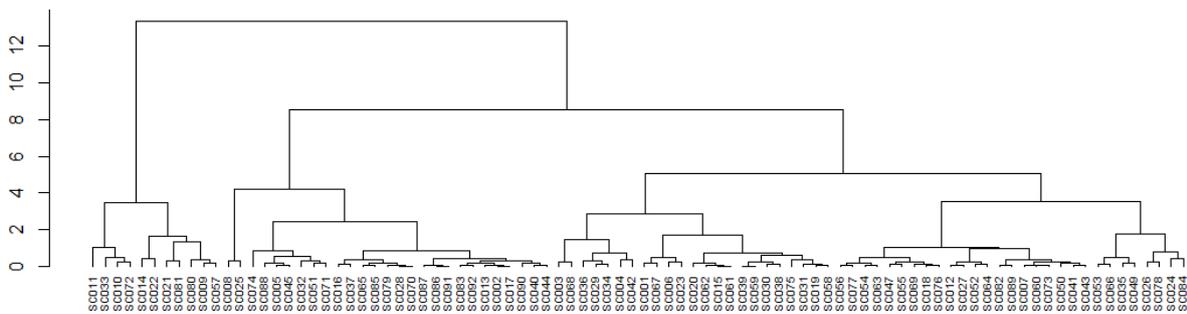


Figura 12 - Dendrograma de agrupamento por similaridade das praias de enseada, onde as praias são representadas por SC001 – SC090

A partir dessas observações, foi utilizado o método de clusterização *k-means* para definição dessas classes. Como a análise do cluster mostrou que 3 classes seria um número bom de agrupamentos, essa informação foi inserida no algoritmo *k-means*, indicando que o programa gerasse 3 agrupamentos para as praias analisadas. Para o cálculo de similaridade do *k-means*, as variáveis indicadas foram o parâmetro morfométrico de embaiamento (ye) e a distância entre os promontórios (Ro), visto que a primeira variável está relacionada com o tamanho e indentamento da baía, e a segunda com a abertura do embaiamento. Assim, esses grupos representam praias que apresentam similaridades morfométricas entre si, podendo prever o grau de exposição da praia, a partir da sua classe [FIGURA 13].

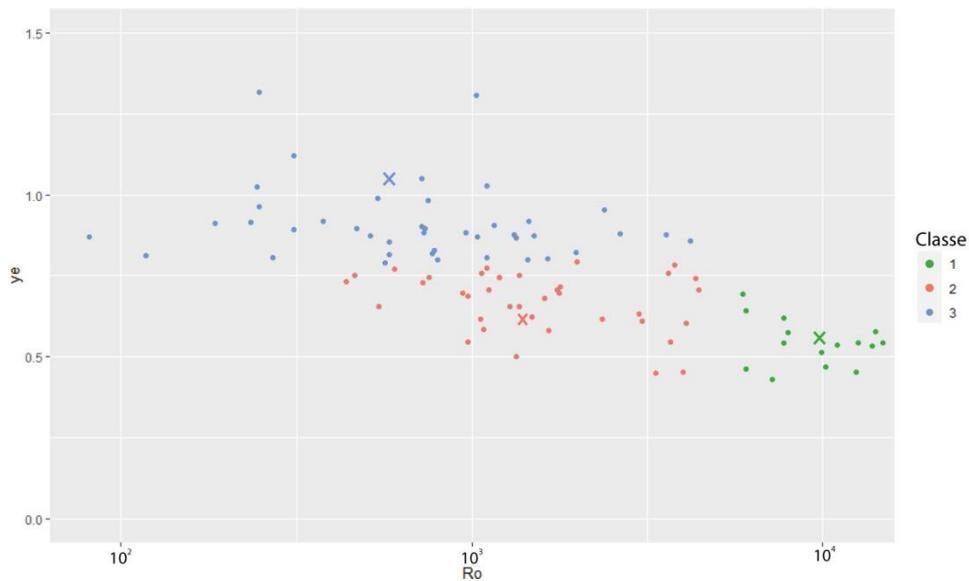


Figura 13 - Gráfico de dispersão do agrupamento das classes de embaçamento.

A Classe 1, por ter valores menores de y_e (TABELA 1), ou seja, a área de embaçamento (A_e) é maior em relação ao recuo do embaçamento (a); representa as praias com maior área, R_o mais abertos e baixos valores de recuo de embaçamento (a). A Classe 2 teve valores de R_o menores, recuo de embaçamento (a) maior e maior influência dos promontórios se comparado à Classe 1. A Classe 3 foram as praias consideradas mais embaçadas, com valores de a maior e menores R_o e A_e . A proporção de embaçamento aumenta da Classe 1 para 3, sendo a Classe 3 a mais embaçada [FIGURA 14].

A proporção de classes dentro de cada setor variou bastante, sendo que o setor Sul foi o mais equilibrado, com 6 praias da Classe 1 (24%), 9 da Classe 2 (36%) e 10 da Classe 3 (40%). O setor Ilha de Santa Catarina teve 1 praias na Classe 1 (8,33%), 6 na classe 2 (50%), e 5 praias da Classe 3 (41,67%). O setor Central não apresentou praias na Classe 1, o único dos setores expostos, e apresentou um equilíbrio entre as outras classes, com 7 praias na Classe 2 (46,67%) e 8 na Classe 3 (53,33%). O setor Norte apresentou 4 praias na Classe 1 (14,81%), 15 na Classe 2 (55,56%) e 8 na Classe 3 (29,63%). Para o setor Baía Norte, não foi observada nenhuma praia da Classe 1 e 2, sendo formada inteiramente por praias na Classe 3 (100%). Considerando todos os setores, a Classe 1 foi a menos encontrada, com 11 praias (12%), enquanto que a Classe 2 teve 37 praias (41%), e a Classe 3 teve 42 praias (47%).

Tabela 1 - Comparação das médias das classes de embaimento.

Comparação das médias para as classes de embaimento			
Parâmetro	Classe1	Classe 2	Classe 3
n de praias	11	37	42
ye médio	0,54	0,67	0,91
variação de ye	0,43- 0,69	0,45- 0,79	0,79 - 1,32
Distância entre promontórios, R_o (m)	8380,5	1895,0	994,2
Recuo do embaimento, a (m)	1912,0	665,6	589,7
área do embaimento, A_e (m ²)	1.30E+07	1.44E+06	8.35E+05
Comprimento da faixa de areia, X_d (m)	8997,1	1812,7	972,1
Comprimento total do embaimento, S_i (m)	11076,2	2961	1994,2

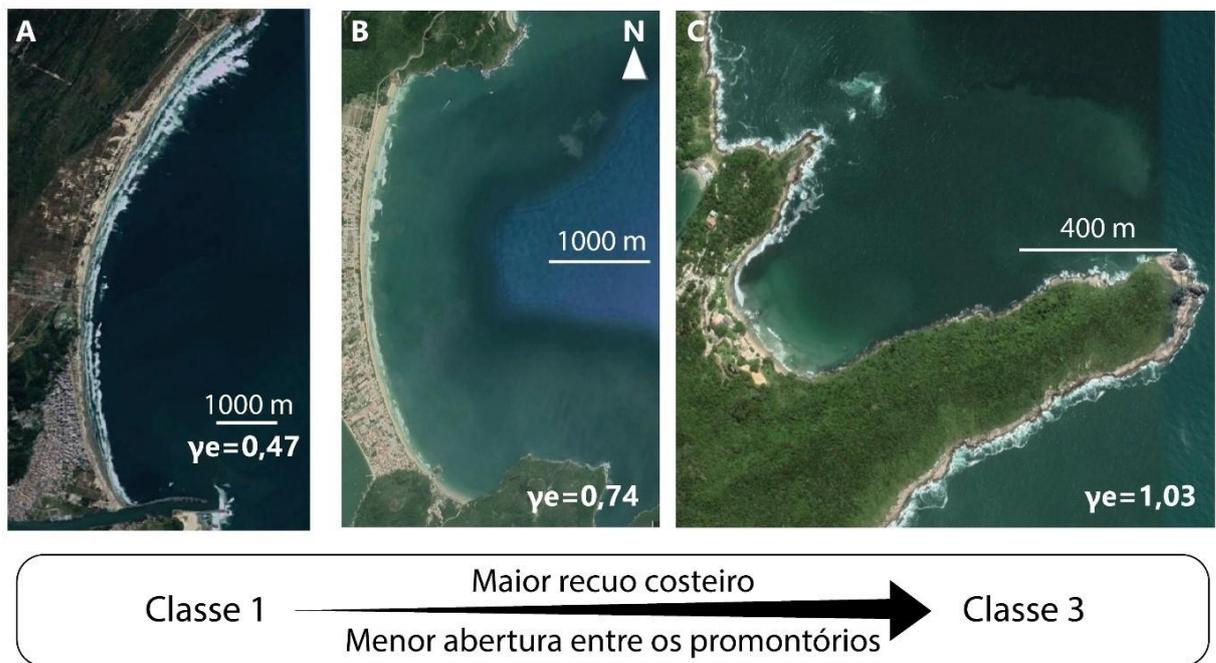


Figura 14 - Exemplo do aumento de classe e da mudança do grau de embaimento. Praia do Sol (A); Praia do Mariscal (B); Retiro dos Padres (C).

As praias agrupadas dentro de cada classe apresentam valores bem distintos para as variáveis observadas. Para as observações da área de embaimento (A_e) [FIGURA 15], a classe 1 é a que tem as maiores variações de valores, com variação que vai de $5,2 \times 10^6$ m² (Ibiraquera, Sul), até $2,2 \times 10^7$ m² (Barra da Lagoa/Moçambique, Ilha de Santa Catarina), tendo uma média de

$1,3 \times 10^7 \text{ m}^2$. A variação da classe 2 foi de $3,4 \times 10^4 \text{ m}^2$ (Praia da Solidão, Norte) até $7,6 \times 10^6 \text{ m}^2$, (Praia do Mariscal, Central) com uma média de $1,44 \times 10^6 \text{ m}^2$. Para a classe 3, a variação de A_e de um valor mínimo de 2.435 m^2 (Prainha de Balneário de São Miguel (2)) até $8,6 \times 10^6 \text{ m}^2$ (Pinheira, Sul), com uma média de $8,3 \times 10^5 \text{ m}^2$.

Ficou evidente que as praias da Classe 1 têm as maiores áreas, já que o parâmetro morfométrico de embaiamento (y_e) é inversamente proporcional à área, e ele é decisivo para definir as classes encontradas. Os valores de A_e das classes 2 e 3 se mostraram similares, sendo que praticamente todas as praias da classe 3 estão no mesmo range que representa parte da classe 2.

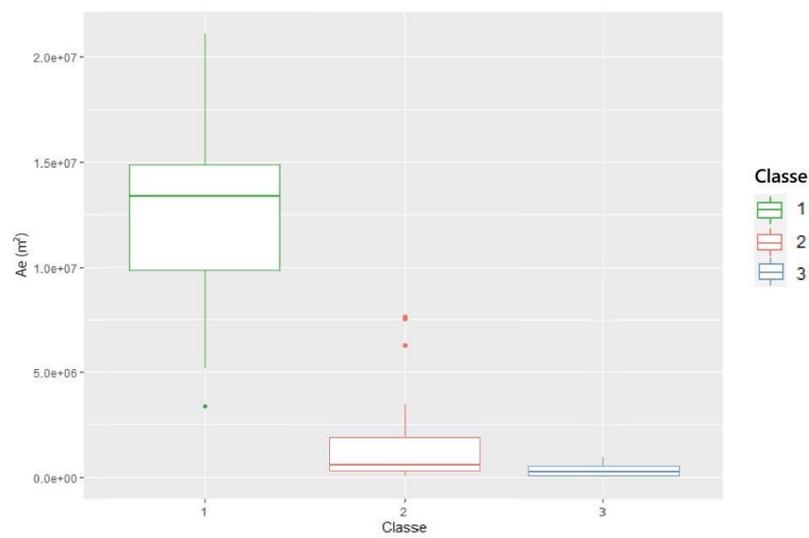


Figura 15 - Diagramas de caixa para os valores de área de embaiamento (A_e) por classe

Para os valores do recuo do embaiamento (a) [FIGURA 16], a classe 1 foi a que obteve os maiores valores novamente, variando entre 1051 m (Ibiraquera, Sul) e 2467m (Barra da Lagoa/Moçambique, Ilha de Santa Catarina), e com 1912 m de média. A classe 2 teve uma variação de 135 m (Praia da Solidão, Norte) a 2147m (Balneário Camboriú, Norte), e a média total foi de 666 m. A classe 3 foi a que teve a menor média de a , com uma variação entre 43 (Prainha de Balneário de São Miguel (2), Baía Norte) e 2581 metros (Pinheira, Sul), com média de 590 m.

Assim como para as médias de A_e , os valores de a da classe 1 foram os maiores, e as médias diminuem na classe 2 e 3, com as classes se sobrepondo em grande parte da variação e medianas bem próximas.

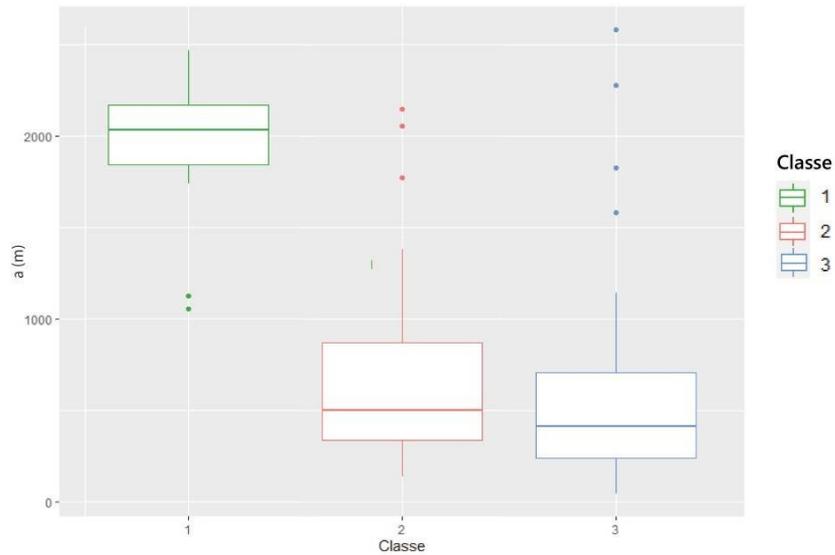


Figura 16 - Diagramas de caixa para os valores de recuo de embaçamento (a) por classe

Para os valores de distância entre os promontórios (R_o) [FIGURA 17], vemos que a média da classe 1 é muito maior do que as médias das outras duas classes, variando entre 5908 m (Praia da Enseada, Norte) e 12468 m (Praia da Vila, Sul), com uma média de 8380 metros. A classe dois teve valores médios entre as três classes, com uma variação que vai de 439m (Praia Vermelha, Norte) a 4443 metros (Praia dos Ingleses, Ilha de Santa Catarina); a média da classe 2 foi de 1894 m. A classe 3, que novamente obteve os menores valores, variou de 81 m (Prainha de Balneário de São Miguel (2), Baía Norte) a 4197 m (Praia do Quilombo, Norte), e teve uma média de 994 metros.

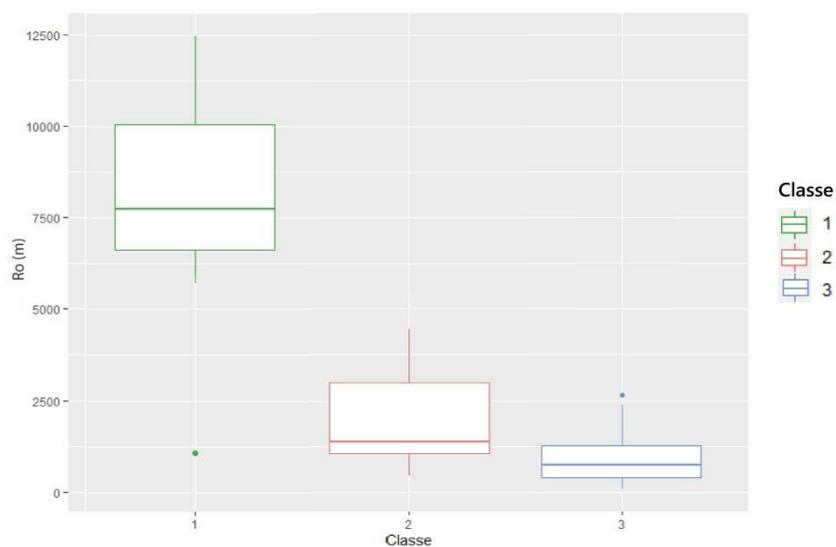


Figura 17 - Diagramas de caixa para os valores de distância entre promontórios (R_o) por classe

Os valores médios do comprimento da faixa de areia (X_d) [FIGURA 18] para a classe 1 variaram de um mínimo de 2612 m (Praia da Vila, Sul), a um valor máximo de 12048 m (Barra da Lagoa/Moçambique, Ilha de Santa Catarina), com média de 8053 m. A classe 2 variou entre 98 m (Praia do Estaleiro, Central) e 5705 m (Balneário Camboriú, Norte) e média de 1812 m. A classe 3, novamente apresentando a menor média, teve um X_d mínimo de 27m (Praia da Galheta, Norte) e máximo de 7283 m (Praia do Quilombo, Norte), com média de 972 metros.

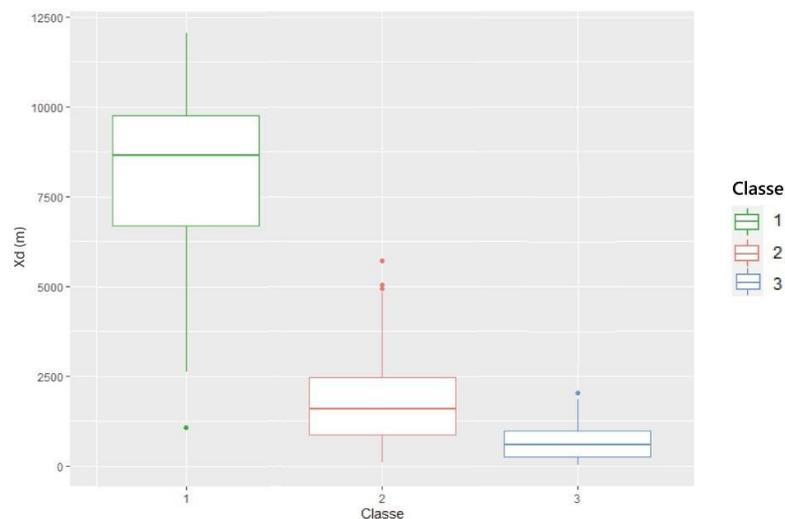


Figura 18 - Diagramas de caixa para os valores de comprimento da faixa de areia (X_d) por classe

Para os valores do comprimento total do embaiamento (S_i) [FIGURA 19] da classe 1, observamos uma variação de 7348 m (Ibiraquera, Sul) a 14886 m (Praia da Vila, Sul), com média de $1,1 \times 10^4$ m. A classe 2 apresentou valor mínimo de 604 m (Praia de Araça, Norte), até valor máximo de 8384 m (Balneário Camboriú, Norte), com média de $2,9 \times 10^3$ m. Para os valores da classe 3, a variação foi entre 131 m (Prainha de Balneário de São Miguel (2), Baía Norte) e 9953 m (Pinheira, Sul), com média de $2,0 \times 10^3$ m.

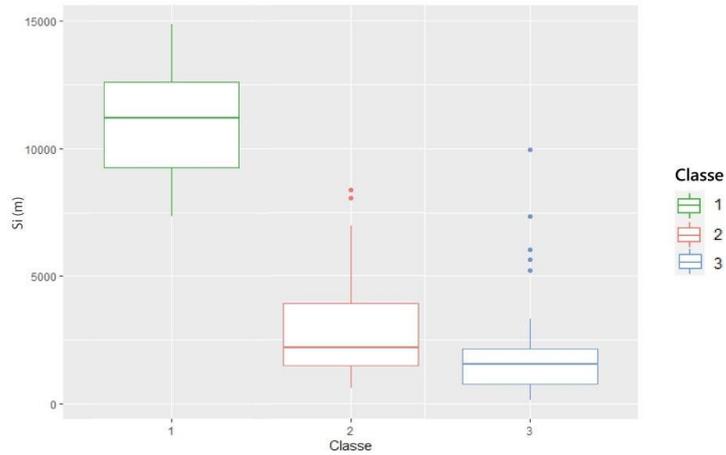


Figura 19 - Diagramas de caixa para os valores de comprimento total do embaçamento (Si) por classe

O valor obtido através da equação proposta em Fellowes *et al.*, (2019), o parâmetro morfométrico de embaçamento (γ_e), foi a variável mais distinta e bem definida entre as 3 classes encontradas [FIGURA 20]. Para a classe 1, a variação foi de 0,43 a 0,69, com uma média de 0,54. A classe 2 apresentou um valor mínimo de 0,44 e máximo de 0,79, com média de 0,66. A classe 3 foi a que apresentou a maior variação nos valores, com a maior média entre as classes, indo de 0,79 até 1,31, e valor médio de 0,91.

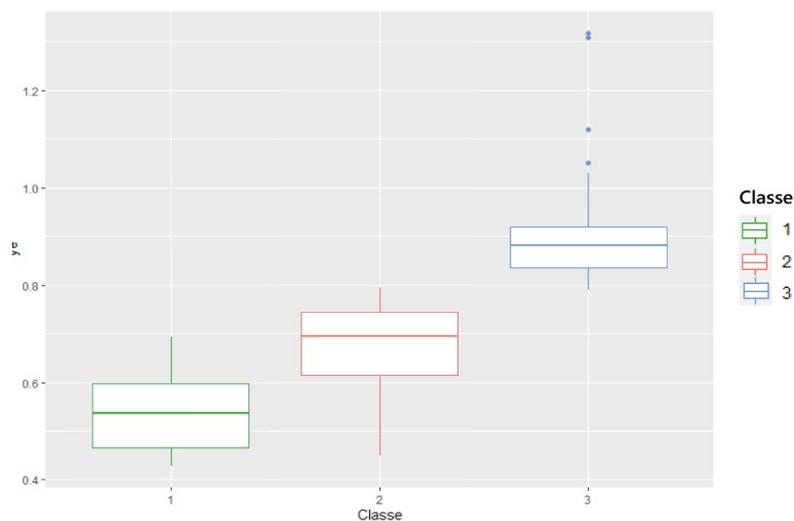


Figura 20 - Diagramas de caixa para os valores do parâmetro morfométrico de embaçamento (γ_e) por classe

5 Discussão

5.1. MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DAS PRAIAS

Diferente da maioria dos estudos relacionados à classificação de praias de enseada, este trabalho propõe adotar uma metodologia mais recente que foca nos parâmetros morfométricos do embaçamento e não necessariamente na sedimentologia, na relação entre o ponto de refração/difração das ondas versus curvatura (HSU *et al.*, 1989) ou na hidrodinâmica (CASTELLE E COCO, 2013). Essa metodologia foi escolhida por se mostrar um modelo mais moderno, que depende apenas de imagens de satélite gratuitas de acesso aberto para a identificação dos parâmetros e análise das praias.

O modelo em questão, proposto por Fellowes (2019), apresenta uma variável adimensional γe que é função de a e Ae ($\gamma e = \frac{a}{\sqrt{Ae}}$). Segundo o autor, a equação foi definida após extensas análises dos dados, mostrando que os parâmetros mais significativos para a geometria da praia são o recuo e a área do embaçamento.

5.2. PARÂMETRO MORFOMÉTRICO DE EMBAIAMENTO

Com a interpretação dos diagramas de caixa apresentados, é possível observar que as praias da Classe 3 tendem a apresentar as menores extensões, com faixa de areia mais estreita e um recuo do embaçamento muito maior do que as outras classes em relação a distância entre os promontórios, o que tende a aumentar a zona sombreada da praia e o grau de proteção à hidrodinâmica. A Classe 2 mostra feições intermediárias entre as três classes, enquanto a Classe 1 apresenta as praias mais extensas, com os maiores valores de área de embaçamento e distância entre os promontórios, o que as caracteriza como praias mais abertas e expostas à hidrodinâmica e transporte de sedimentos (CAMARGO, 2020; KLEIN *et al.*, 2010). Pode-se observar na figura 21 que há um padrão morfológico para as praias de diferentes classes. Enquanto as praias da Classe 1 são praias com grande comprimento da faixa de areia e promontórios bem distantes como observado no arco praiial Barra da Lagoa/Moçambique (C), as praias da Classe 2, como a Praia do Santinho (E) já

apresentam promontórios maiores em relação ao tamanho da faixa de areia, influenciando um maior recuo do embaimento, levando à Classe 3, formando embaimentos mais abrigados em relação às outras classes, como exemplo da Praia de Bombinhas (G). Pode-se observar que o valor de γ_e acompanha essa mudança de classes, sendo que na Classe 1 os valores são mais próximos de zero, com média de 0,54, enquanto que para a Classe 2 o valor de γ_e aumenta, com média de 0,67 e são máximos para a Classe 3, com média de 0,91.

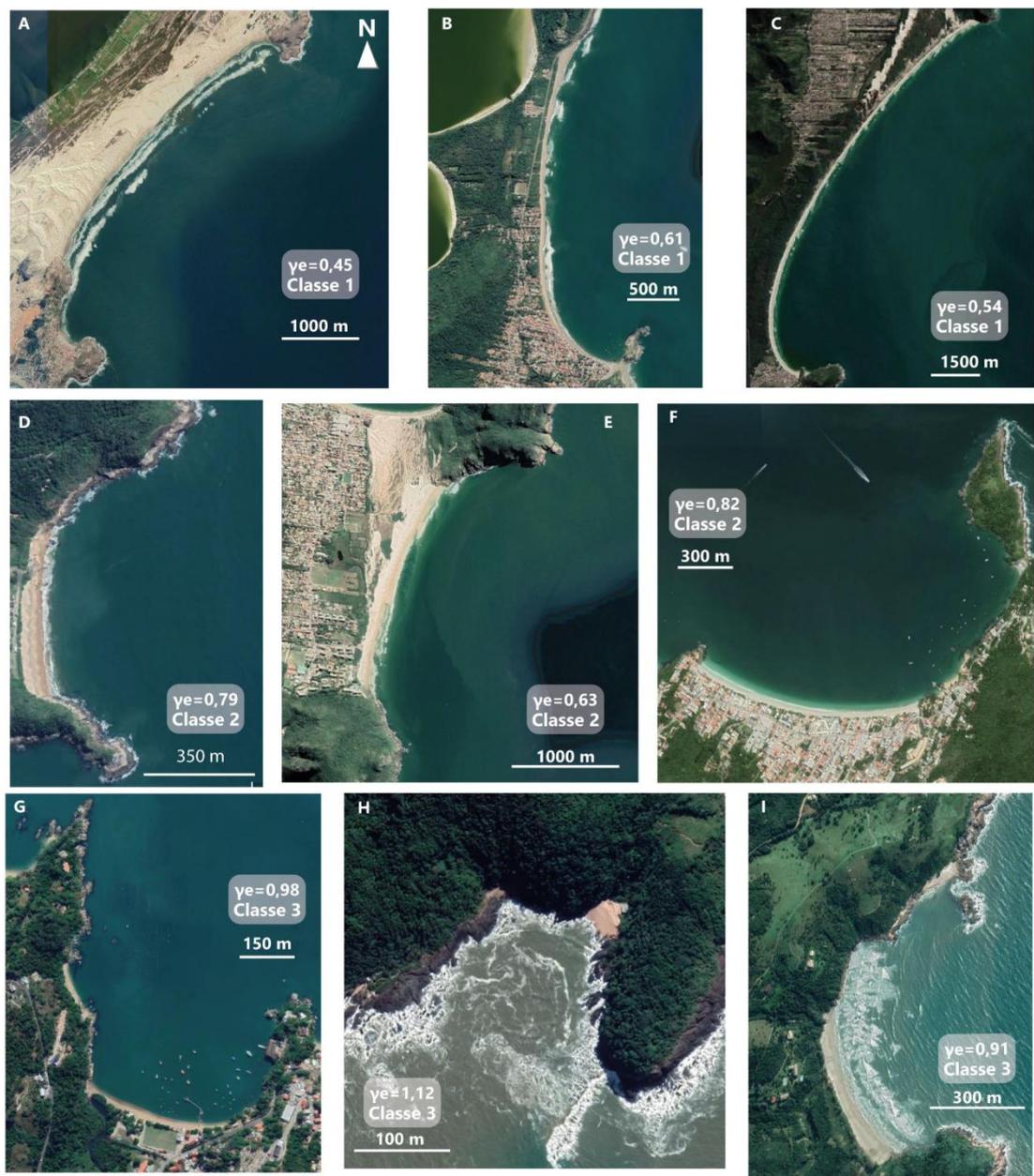


Figura 21 - Esquema de praias observadas com valor de γ_e e sua respectiva classe. Praia Grande (A); Praia da Armação (B); Barra da Lagoa/Moçambique (C); Praia de Taquaras (D); Praia do Santinho (E); Praia de Bombinhas (F); Praia de Calheiros (G); Praia da Galheta (H); Praia Vermelha (I).

5.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE CORRELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS

Foram analisadas as correlações entre todas as variáveis medidas neste trabalho, para verificar quais apresentaram correlações significativas entre si. Para isso, foi feita a normalização dos dados e uma análise de dependências, para entender quais variáveis estão diretamente ligadas a outra, evitando referências circulares, ou seja, codependência entre as variáveis, que podem influenciar nas análises (PAULA, 2013).

Com isso, foi definido que as variáveis independentes são o recuo do embaçamento (a), a distância entre os promontórios (Ro) e o comprimento da faixa de areia (Xd), enquanto a área de embaçamento (Ae) depende de Xd e Ro , e o comprimento total do embaçamento (S) depende de Xd .

Analisando a correlação encontrada entre os parâmetros de distância entre promontórios (Ro) e o recuo do embaçamento (a) [FIGURA 22], vemos que o R^2 encontrado é de 0,83, mostrando alta relação positiva entre os parâmetros.

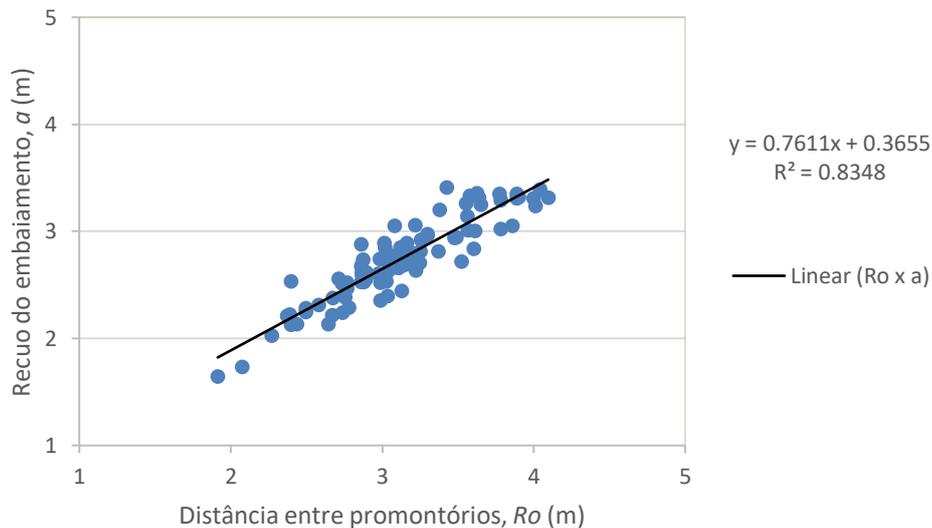


Figura 22 - Gráfico de pontos da regressão linear entre a distância entre promontórios (Ro) e o recuo do embaçamento (a).

Para o gráfico de correlação linear entre a distância entre os promontórios (R_o) e a área de embaçamento (A_e) [FIGURA 23], a correlação se mostrou bem alta e positiva, com $R^2=0,94$.

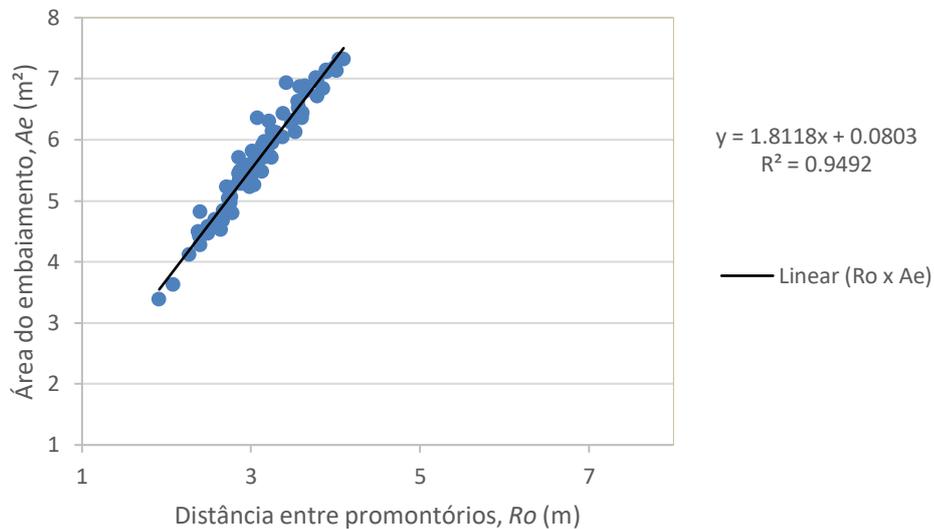


Figura 23 - Gráfico de pontos da regressão linear entre a distância entre promontórios (R_o) e a área de embaçamento (A_e).

Para a correlação linear entre a distância entre os promontórios (R_o) e o comprimento da faixa de areia (X_d) [FIGURA 24], a linha de tendência tem um valor alto de R^2 de 0,87.

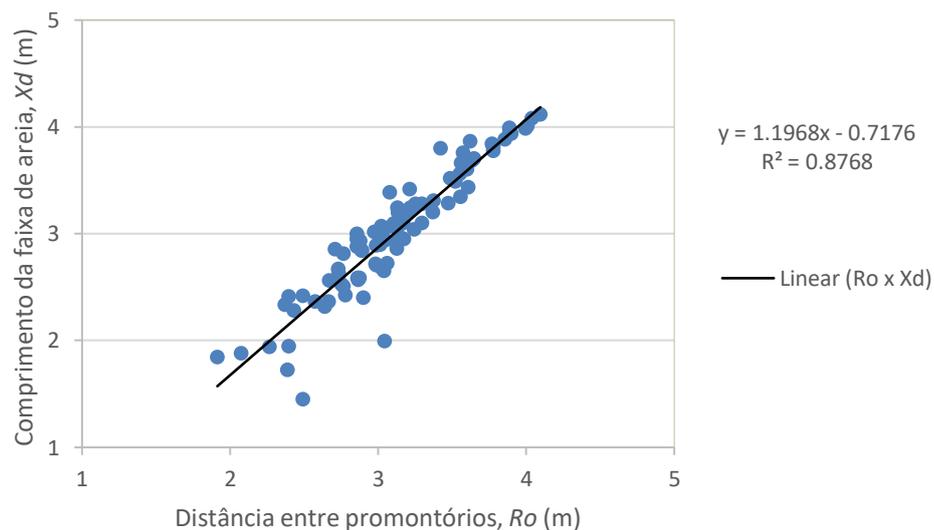


Figura 24 – Gráfico de pontos da regressão linear entre a distância entre promontórios (R_o) e o comprimento da faixa de areia (X_d).

A última correlação linear a ser apresentada é entre a distância entre promontórios (R_o) é em relação ao comprimento total do embaçamento (S_i) [FIGURA 25], e teve $R^2=0,94$.

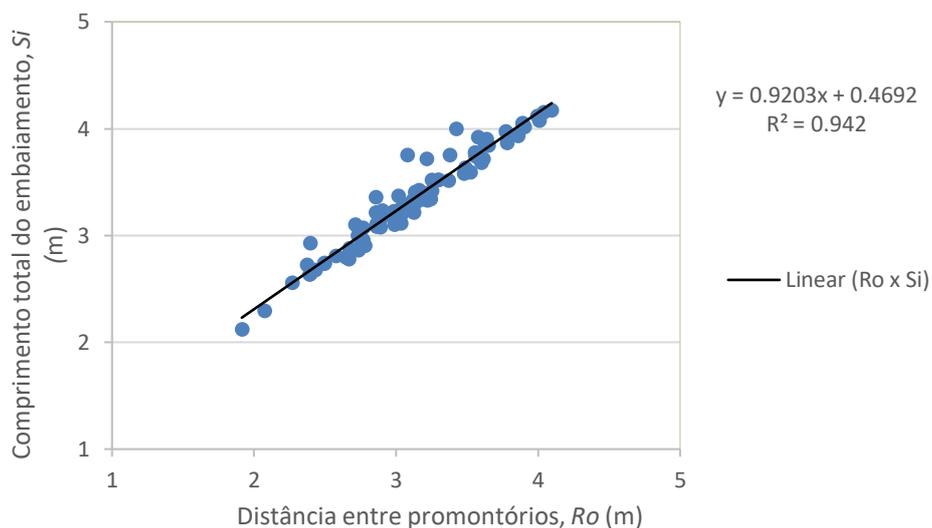


Figura 25 - Gráfico de pontos da regressão linear entre a distância entre promontórios (R_o) e o comprimento total do embaçamento (S_i).

O gráfico de correlação linear entre o recuo do embaçamento (a) e a área de embaçamento (A_e) [FIGURA 26] foi o que teve o maior valor de R^2 , mostrando grande correlação entre as variáveis, com $R^2=0,95$, não por acaso sendo a relação escolhida por Fellowes *et al.*, (2019) para formular seu parâmetro morfométrico de embaçamento.

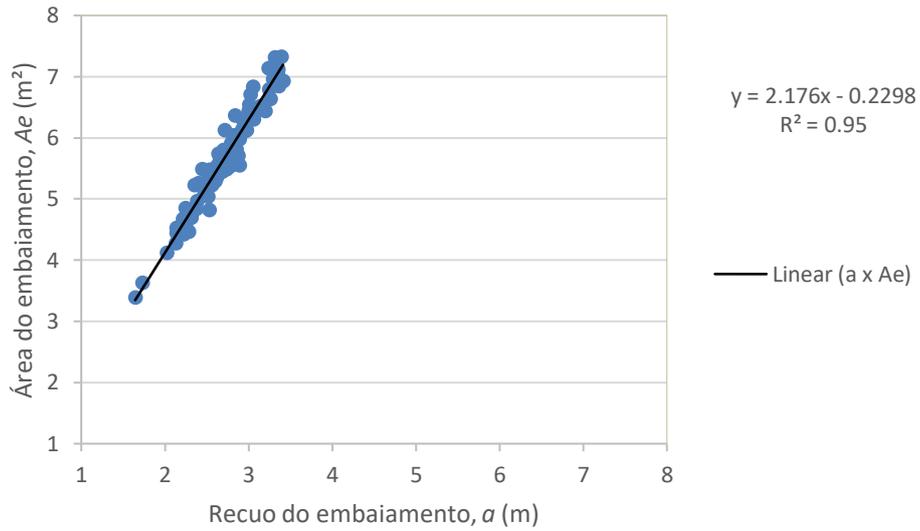


Figura 26 – Gráfico de pontos da regressão linear entre o recuo do embaçamento (a) e a área de embaçamento (Ae)

A correlação linear entre o recuo do embaçamento (a) e o comprimento da faixa de areia (Xd) [FIGURA 27] foi o que apresentou a menor correlação entre as apresentadas, mesmo ela ainda sendo expressiva ($R^2=0,79$).

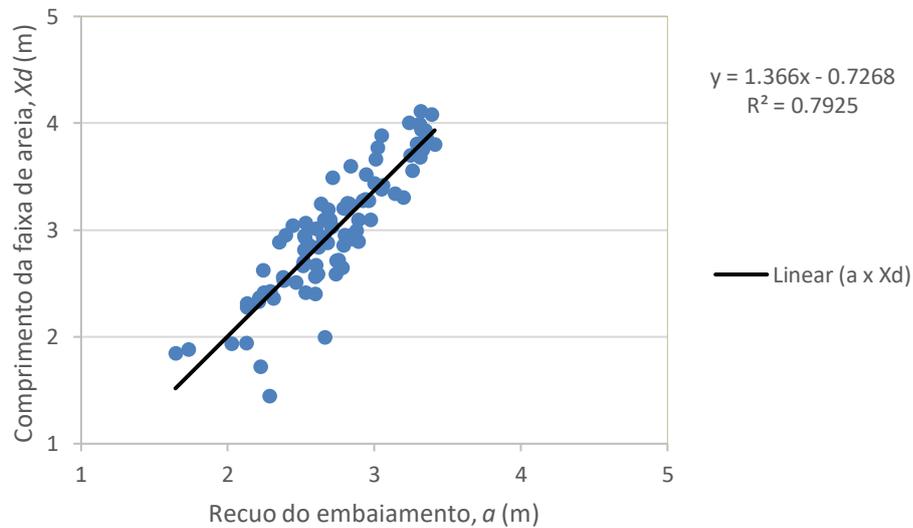


Figura 27 - Gráfico de pontos da regressão linear entre o recuo do embaçamento (a) e o comprimento da faixa de areia (Xd).

Para a análise de correlação linear entre o recuo do embaçamento (a) e o comprimento total do embaçamento (S_i) [FIGURA 28] pode-se ver que a distribuição é mais uniforme e apresenta R^2 maior (0,94) ao ser comparada ao gráfico de X_d .

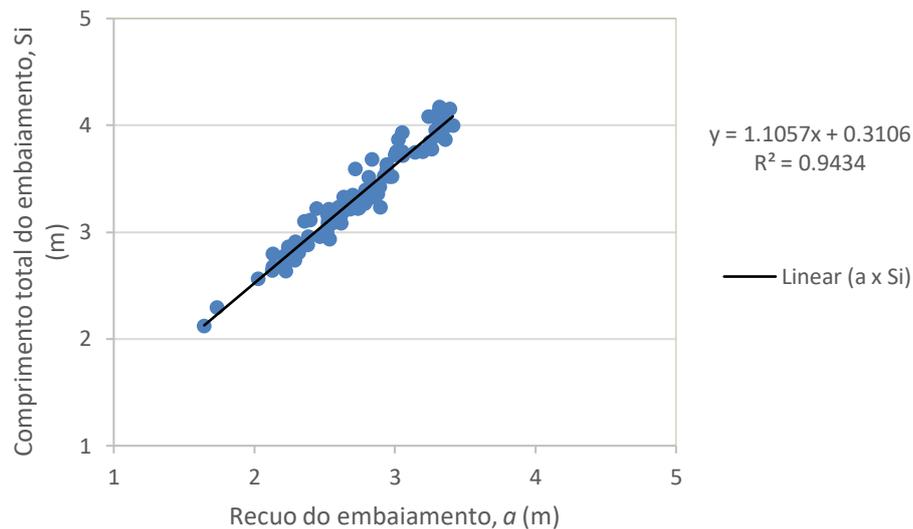


Figura 28 - Gráfico de pontos da regressão linear entre o recuo do embaçamento (a) e o comprimento total do embaçamento (S_i).

O gráfico da correlação linear entre a área de embaçamento (A_e) e o comprimento da faixa de areia (X_d) [FIGURA 29] teve $R^2=0,89$.

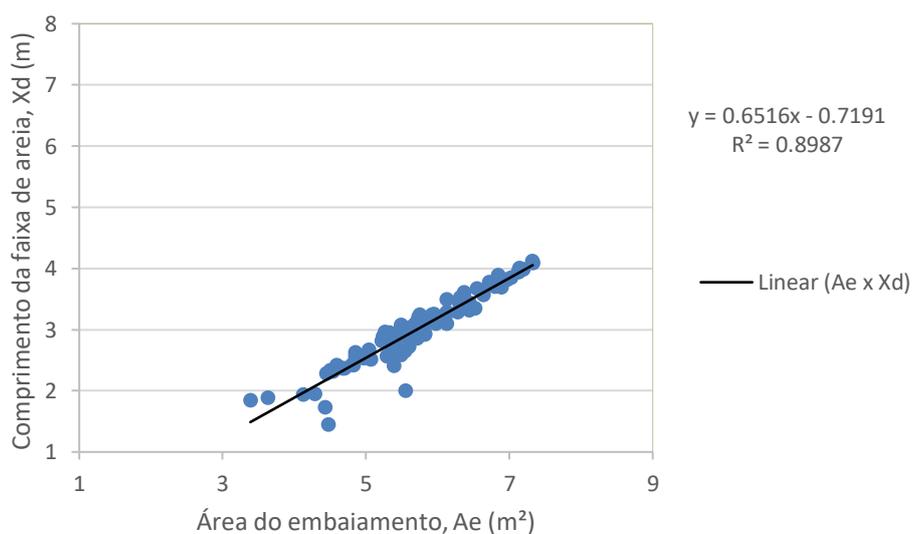


Figura 29 Gráfico de pontos da regressão linear entre a área de embaçamento (A_e) e o comprimento da faixa de areia (X_d).

5.4. MÉTODOS CLÁSSICOS

Observa-se que a relação entre o recuo de embaçamento (a) e a distância entre os promontórios (Ro) representam os parâmetros da equação apresentada por Hsu e Silvester (1989) para descrever formas em panta de equilíbrio estático de praias de enseada, proposta ao analisar mapas e imagens dos embaçamentos em estudo. A equação proposta, chamada de proporção da forma, é dada por:

$$I = \frac{a}{Ae} \quad [2]$$

Essa equação resulta em um valor adimensional que propõe prever o estado de equilíbrio da praia a partir do valor de I . Fellowes *et al.* (2019) aplicou essa equação em praias de todo o mundo, inclusive de Santa Catarina, para comparar com sua classificação a partir do parâmetro morfométrico de embaçamento (γ_e), mostrando que ela apresenta médias crescentes para a variação das classes, aumentando junto com o grau de embaçamento da praia. Como observado nas correlações analisadas neste trabalho, esta fórmula proposta por Hsu e Silvester (1989), talvez não seja a melhor para as praias encontradas no estado de Santa Catarina, que mostrou que as relações mais claras entre os parâmetros morfométricos com as melhores distinções das classes encontradas seguindo a metodologia de Fellowes *et al.*, (2019), foram entre o recuo do embaçamento e a área do embaçamento ($a \times Ae, R^2=0,95$), entre a distância dos promontórios e a área do embaçamento ($Ro \times Ae, R^2=0,94$), entre o recuo do embaçamento e o comprimento total do embaçamento ($a \times Si, R^2=0,94$) e entre a distância entre os promontórios e o comprimento total do embaçamento ($Ro \times Si, R^2=0,94$) [FIGURA 30].

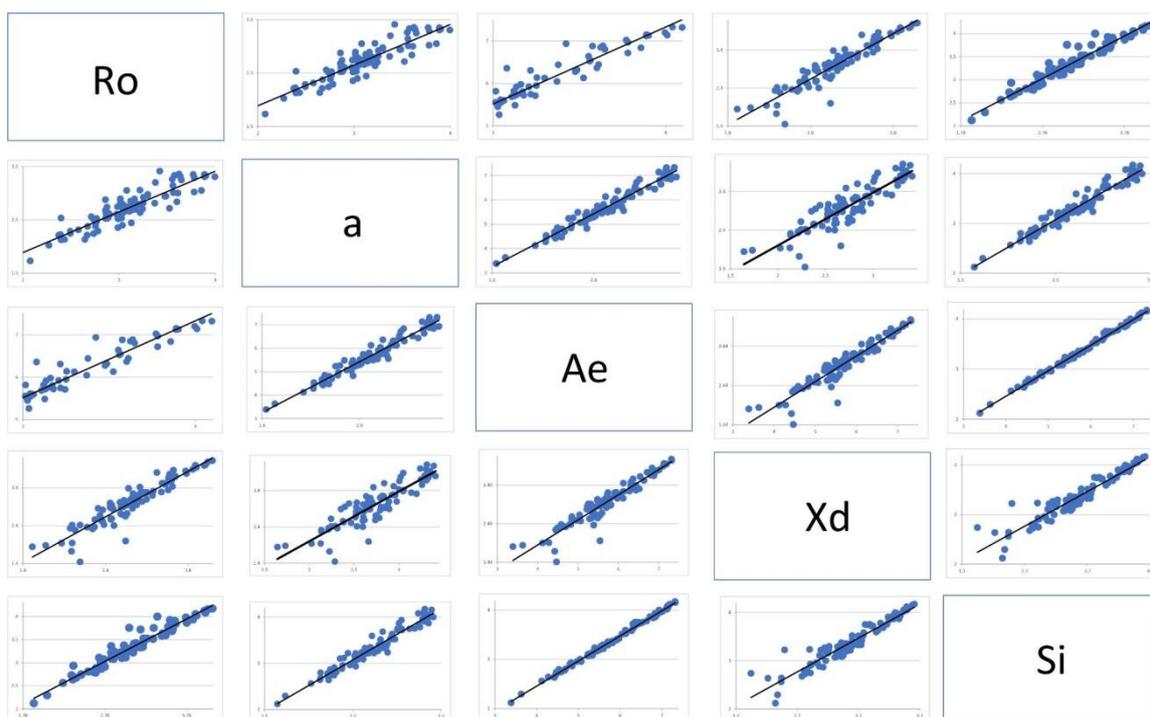


Figura 30 - Matriz de correlação linear entre todos os parâmetros analisados: distância entre promontórios (R_o), recuo do embaimento (a), área do embaimento (A_e), Comprimento da faixa de areia (X_d) e comprimento total do embaimento (S_i).

Contudo, o modelo mais utilizado no estudo de praias de enseada é o Modelo Parabólico, proposto por Hsu *et al.* (1989) através de uma série de experimentos, baseando-se na relação entre características da praia e o ângulo de incidência de ondas predominante, com o objetivo de descrever o formato da faixa de areia. A equação proposta é dada por:

$$\frac{R_n}{R_o} = C1 + C2 * \frac{\beta}{\theta\theta} + C3 * \left(\frac{\beta}{\theta\theta}\right)^2 \quad [3]$$

Onde R_o é o raio inicial que liga a extremidade do promontório até a extremidade final da parte retilínea da praia; R_n representa os demais raios da periferia da praia; $C1$, $C2$ e $C3$ são coeficientes dados em função do ângulo β

em questão, sendo que β representa o ângulo entre a linha R_o e a obliquidade da onda no momento que ela encontra a linha R_o . Para esse modelo, foi criada uma relação entre a obliquidade do ângulo β e a razão de R_o e R_n , onde através de uma tabela apresentada pelo autor, é possível definir R_o/R_n a partir de β (HSU *et al.*, 1989).

Trabalhos anteriores focados em Santa Catarina pontuam dificuldades ao utilizar este modelo, como problemas para definir um ponto de difração a partir de fotografias aéreas, especialmente em ocasiões onde esse ponto está submerso ou com extensas regiões rasas a sotavento do promontório (KLEIN, 2004). Além disso, o modelo não prevê praias em que o modelo parabólico para o desenho da praia não se aplica nos limites do promontório, como é o caso de muitas das praias das Classes 2 e 3 encontradas neste trabalho (FELLOWES *et al.*, 2019; KLEIN e MENEZES, 2001), ou praias em que a baía esteja recebendo sedimentos da costa ou que haja um rio que desemboca na praia (HSU *et al.*, 1989).

Partindo das equações propostas por Hsu e Evans (1989) e Hsu *et al.*, (1989), uma equação para classificação de praias foi proposta por Short e Masselink (1999):

$$\delta' = S^2 / (100 * R_o * H_b) \quad [4]$$

Onde δ' é o fator de embaçamento adimensional, S_i representa o comprimento total do embaçamento, incluindo promontórios e faixa de areia, R_o representa a distância entre os promontórios, H_b é o valor da altura média de quebra de ondas. Essa equação foi utilizada para classificar padrões de circulação dentro do embaçamento, onde a circulação pode ser classificada como celular para $\delta' < 8$ (é caracterizada pelo domínio do cenário geológico com correntes de retorno ocorrendo apenas no centro do revestimento ou em uma ou ambas as extremidades da enseada), transicional para $8 < \delta' < 19$ (configuração intermediária com correntes de retorno de cabeceira e uma influência crescente do tamanho e forma do embaçamento na circulação da zona de arrebatamento) e circulação normal de praia para $\delta' > 19$ (onde "normal" se refere tanto à presença de correntes de retorno próximas aos promontórios quanto ao fato

de que a praia tende a se comportar como uma costa aberta e, portanto, pode ser caracterizada por um grande número de correntes de retorno) (CASTELLE E COCO, 2012). Trabalhos posteriores estenderam essa equação adicionando a tangente de β ($\tan\beta$), que representa a obliquidade da onda (ângulo entre a crista da onda incidente e a linha R_o), o comprimento da zona de surfe (X_s) e altura significativa de onda (H_s) (CASTELLE E COCO, 2013).

Tentando propor uma equação linear que descreva as relações morfométricas das praias de enseada de Santa Catarina, um modelo de regressão multivariada foi aplicado. O parâmetro escolhido para ser estimado foi o comprimento da faixa de areia (X_d), pois é ele que define a curvatura e o tamanho da praia, além de representar o maior interesse social, com aplicações econômicas, de engenharia e turismo. Aplicando a regressão, é possível estimar o valor de X_d através de 3 variáveis utilizadas no modelo, que resultou na equação:

$$X_d = (-0,282) + (-0,594) * R_o + 1,640 * A_e + (-1,551) * a \quad [5]$$

Onde R_o representa a distância entre os promontórios, A_e representa a área total do embaçamento, limitada por R_o e a representa o recuo do embaçamento em seu ponto de maior indentamento, com 90° em relação à R_o . Outros parâmetros calculados neste trabalho não foram inseridos na equação pois não passaram no teste P da análise de regressão, obtendo variação maior do que o aceite para o desvio da previsão (5%). A equação apresentou mais de 95% de confiança para as previsões aplicadas, contudo mais análises e testes são necessários para validar a equação.

Analisando a relação entre a equação encontrada para estimar o comprimento da faixa de areia (X_d), com os outros modelos citados anteriormente, vemos que há relação entre o modelo de Hsu e Silvester (1989), que relaciona o recuo do embaçamento (a) com a área do embaçamento (A_e), duas variáveis que mostraram grande influência sobre o comprimento da faixa de areia.

Para a equação de Hsu *et al.* (1989) que estima o formato da linha de costa, que já se mostrou eficiente em praias do estado de Santa Catarina (KLEIN, 2004), pode-se adicionar o cálculo do comprimento da faixa de areia e definir toda a extensão do embaçamento, sendo que há alta correlação na análise entre o comprimento da faixa de areia, o comprimento total do embaçamento, e a distância entre os promontórios.

O trabalho de Castelle e Coco (2012) mostra que há uma relação entre o comprimento total da linha de costa do embaçamento, somando a faixa de areia com os promontórios, e o R_o , que nesse caso é a distância do promontório até o limite retilíneo da faixa de areia, com o padrão de circulação do embaçamento. Como foi mostrado em análises anteriores, para Santa Catarina, a correlação entre S_i e R_o se mostrou muito alta ($R^2=0,92$), podendo fazer uma conexão com os trabalhos de Short e Masselink (1999), que apresentam a equação do fator de embaçamento adimensional [4] onde a relação entre o comprimento total do embaçamento e a distância entre os promontórios são utilizados para classificar o estado de equilíbrio da enseada.

6 Conclusão

O parâmetro morfométrico de embaiamento proposto por Fellowes (2019) foi aplicado para 92 praias de enseada ao longo da costa do estado de Santa Catarina, Brasil. A partir desse método, um valor de γ_e foi encontrado e utilizado para classificar as praias do estado em 3 classes que dão uma ideia da morfologia do embaiamento, e que pode prever relativamente seu formato, a partir de apenas duas variáveis morfométricas (a e A_e).

O estado de Santa Catarina se mostrou bem variado quanto a distribuição das praias de enseada ao longo da costa, apresentando praias das 3 classes propostas em praticamente todos os setores, variando entre os seis modelos de disposição de promontório previstos.

As análises feitas por Fellowes (2019) no estado de Santa Catarina foram expandidos, aumentando de 24 para 90 o número de praias analisadas. Isso resultou em uma proporção muito maior de praias enquadradas na Classe 3 com relação ao trabalho original que havia selecionado menos praias, em sua maioria de maior extensão e mais abertas. Essa diferença mostrou que, diferente do proposto anteriormente, Santa Catarina apresenta mais praias das Classes 3 e 2 do que praias da Classe 1, e assim como no trabalho original, não apresenta praias com $\gamma_e > 1,5$ (Classe 4 em Fellowes (2019)).

Foram observados certos padrões nas distribuições dos parâmetros morfométricos ao longo dos setores analisados. As praias do setor Sul foram as que apresentaram as maiores extensões, com altos valores para a distância entre os promontórios (R_o), área de embaiamento (A_e) e comprimento da faixa de areia (a). As praias dos setores Ilha de Santa Catarina e do setor Norte se mantiveram na mesma faixa de valores em vários casos, sendo que de maneira geral, as praias do setor Ilha de Santa Catarina tiveram médias mais altas. O setor Central teve as segundas menores médias, enquanto o setor Baía Norte teve os menores valores para todos os parâmetros analisados, com exceção do parâmetro morfométrico de embaiamento (γ_e).

A correlação entre os parâmetros morfométricos foi feita para tentar encontrar possíveis influências para o padrão morfométrico dos embaiamentos, resultando em relações muito altas entre diversas variáveis, mesmo excluindo as dependências encontradas. Isso resultou em uma análise de regressão para cada variável, testando qual teria a melhor resposta, o que levou a uma equação dependente de três variáveis (a , Ae e Ro) que pode prever com 95% de confiança a extensão da faixa de areia para qualquer praia de enseada do estado de Santa Catarina.

Para uma melhor apresentação das análises estatísticas encontradas com os dados coletados, é necessário trabalhar mais na seleção dos casos e na transformação dos valores originais ou ainda aumentar o número de pontos coletados, expandindo para outras regiões, o que poderia reduzir as restrições estatísticas.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, C E S; FRANCO, D; MELO, E; PIMENTA, F. Wave Regime Characteristics of the Southern. **International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries**, no. 097, p. 1–15, 2003. .

BOWMAN, D.; GUILLÉN, J.; LÓPEZ, L.; PELLEGRINO, V. Planview Geometry and morphological characteristics of pocket beaches on the Catalan coast (Spain). **Geomorphology**, vol. 108, no. 3–4, p. 191–199, 2009. DOI 10.1016/j.geomorph.2009.01.005. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.01.005>.

REA, C.C; KOMAR, P. D. Computer Simulation Models of a Hooked Beach Shoreline Configuration. **SEPM Journal of Sedimentary Research**, vol. Vol. 45, no. December, 1975. <https://doi.org/10.1306/212f6e6a-2b24-11d7-8648000102c1865d>.

CAMARGO, J. M. **Litoral do estado de Santa Catarina, Brasil: Promontórios rochosos, comportamento da linha de costa e processo de transposição sedimentar**. 2020. Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

CASTELLE, B.; COCO, G. The morphodynamics of rip channels on embayed beaches. **Continental Shelf Research**, vol. 43, p. 10–23, 2012. DOI 10.1016/j.csr.2012.04.010. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2012.04.010>.

FELLOWES, T. E.; VILA-CONCEJO, A.; GALLOP, S. L. Morphometric classification of swell-dominated embayed beaches. **Marine Geology**, vol. 411, no. February, p. 78–87, 2019. DOI 10.1016/j.margeo.2019.02.004. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2019.02.004>.

FERNANDES, L. G; RODRIGUES, R. R. Changes in the patterns of extreme rainfall events in southern Brazil. vol. 1352, no. August 2017, p. 1337–1352, 2018. <https://doi.org/10.1002/joc.5248>.

FITZGERALD, D M; CLEARY, W J; BUYNEVICH, I V; HEIN, C J; KLEIN, A. H. F.; ASP, N; ANGULO, R. Strandplain Evolution along the Southern Coast of Santa Catarina , Brazil Strandplain evolution along the southern coast of Santa Catarina , Brazil. no. November 2015, 2007. .

GEORGE, D. A.; LARGIER, J. L.; STORLAZZI, C. D.; BARNARD, P. L. Classification of rocky headlands in California with relevance to littoral cell boundary delineation. **Marine Geology**, vol. 369, p. 137–152, 2015. DOI 10.1016/j.margeo.2015.08.010. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2015.08.010>.

HENRIQUES, L. R. Regressão linear simples. 2015. <https://doi.org/10.24927/rce2019.045>.

HESP, P. A; MARTINHO, C. T. **The Holocene Barrier Systems of the Santa Catarina Coast , Southern Brazil The Holocene Barrier Systems of the Santa Catarina Coast , Southern Brazil**. [S. l.: s. n.], 2009. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-44771-9>.

HORN FILHO, N. O. Setorização da Província Costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos , geomorfológicos e geográficos. **Geosul**, vol. 18, no. 35, p. 71–98, 2003. .

HSU, J. R. C.; SILVESTER, Richard; XIA, Yi-Min. STATIC EQUILIBRIUM BAYS; NEW RELATIONSHIPS. vol. 115, no. 3, p. 285–298, 1989. .

JACKSON, D. W. T.; COOPER, J. A.G. Geological control on beach form: Accommodation space and contemporary dynamics. **Journal of Coastal Research**, vol. 2009, no. SPEC. ISSUE 56, p. 69–72, 2009. .

KLEIN, A. H. F. Morphodynamics of Headland-Bay Beaches: Examples From the Coast of Santa Catarina State, Brazil. **Young**, 2004. .

KLEIN, A. H. F. Stability of Headland Bay Beaches in Santa Catarina: A Case Study. **Journal of coastal research: An international forum for the littoral sciences**, no. 19, p. 151–166, 2003. .

KLEIN, A. H. F.; FERREIRA, Óscar; DIAS, Joao M.A.; TESSLER, Moyses G.; SILVEIRA, Lucas F.; BENEDET, Lindino; DE MENEZES, Joao T.; DE ABREU, Jose G.N. Morphodynamics of structurally controlled headland-bay beaches in southeastern Brazil: A review. **Coastal Engineering**, vol. 57, no. 2, p. 98–111, 2010. DOI 10.1016/j.coastaleng.2009.09.006. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.coastaleng.2009.09.006>.

KLEIN, A. H. F.; MENEZES, J T. Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. **Journal of Coastal Research**, vol. 17, no. 4, p. 812–835, 2001. .

LEBLOND, P. H. An explanation of the logarithmic spiral plant shape of headland- bay beaches. **Journal of Sedimentary Petrology**, vol. 49, no. 4, p. 1093–1100, 1979. <https://doi.org/10.1306/212F78BA-2B24-11D7-8648000102C1865D>.

LOUREIRO, C.; FERREIRA, Ó.; COOPER, J. A. G. Geologically constrained morphological variability and boundary effects on embayed beaches. **Marine Geology**, vol. 329–331, p. 1–15, 2012. DOI 10.1016/j.margeo.2012.09.010. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2012.09.010>.

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BAART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The State of the World ' s Beaches. , p. 1–11, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>.

M.ARAÚJO, T. C.; SILVA, V. B.; CARVALHO, J. A.R. CLASSIFICAÇÃO DA TIPOLOGIA DA ORLA DA CIDADE DE OLINDA-PE: DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PRESENTE ESTADO. 2003. **II Congresso sobre Planejamento e Gestão de Zonas Costeiras de Países de Expressão Portuguesa IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas CLASSIFICAÇÃO [...]. [S. l.: s. n.], 2003.**

MASSELINK, G.; CASTELLE, B.; SCOTT, T.; DODET, G.; SUANEZ, S.; JACKSON, D.; FLOC, F. Extreme wave activity during 2013/2014 winter and morphological impacts along the Atlantic coast of Europe. , p. 2135–2143, 2016. <https://doi.org/10.1002/2015GL067492>.Received.

MCBRIDE, R A. **Morphodynamics of Barrier Systems : A Synthesis.** [S. l.: s. n.], 2013. vol. 10, . <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00279-7>.

MCCARROLL, R. J.; BRANDER, R. W.; TURNER, I. L.; LEEUWEN, B. V. Shoreface storm morphodynamics and mega-rip evolution at an embayed beach: Bondi Beach, NSW, Australia. **Continental Shelf Research**, vol. 116, p. 74–88, 2016. DOI 10.1016/j.csr.2016.01.013. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2016.01.013>.

MORTLOCK, T.R.; GOODWIN, Ian D.; MCANENEY, John K.; ROCHE, Kevin. The June 2016 Australian East Coast Low: Importance of wave direction

for coastal erosion assessment. **Water (Switzerland)**, vol. 9, no. 2, p. 1–22, 2017. <https://doi.org/10.3390/w9020121>.

PAULA, G. A. MODELOS DE REGRESSÃO com apoio computacional. **Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo**, 2013. .

PHILLIPS, O. M. Spectral and statistical properties of the equilibrium range in wind-generated gravity waves. **Journal of Fluid Mechanics**, vol. 156, p. 505–531, 1985. <https://doi.org/10.1017/S0022112085002221>.

RENIERS, A. J. H. M.; ROELVINK, J. A.; THORNTON, E. B. Morphodynamic modeling of an embayed beach under wave group forcing. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, vol. 109, no. 1, p. 1–22, 2004. <https://doi.org/10.1029/2002jc001586>.

SCHEIBE, L. F. A GEOLOGIA DE SANTA CATARINA. **Geosul**, vol. 1, no. 19, 1986. .

SHORT, A. D.; KLEIN, A.H.F. **Brazilian Beach Systems**. [S. l.: s. n.], 2016.

SILVESTER, R.; TSUCHIYA, Y.; SHIBANO, Y. ZETA BAYS, POCKET BEACHES AND HEADLAND CONTROL by. **Coastal Engineering**, no. 2, p.1306–1319, 1980. .

SILVESTER, R. Natural headland control of beaches. **Continental Shelf Research**, vol. 4, no. 5, p. 581–596, 1985. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(85\)90013-5](https://doi.org/10.1016/0278-4343(85)90013-5).

SOUZA, M. C. C.. UMA ANÁLISE DO ALGORITMO K-MEANS COMO INTRODUÇÃO AO APRENDIZADO DE MÁQUINAS. **UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS CAMPUS DE ARAGUAÍNA CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA**, vol. 11, no. 1, p. 1–14, 2019. Available at: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI.

STECH, J. L.; LORENZZETTI, João A. The response of the south Brazil bight to the passage of wintertime cold fronts. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, vol. 97, no. C6, p. 9507–9520, 1992. <https://doi.org/10.1029/92JC00486>.

VAN DE PLASSCHE, O. Coastal evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics. Cambridge University Press, 1994.

YASSO, W. E. Plan Geometry of Headland-Bay Beaches. **The Journal of Geology**, vol. 73, no. 5, p. 702–714, 1965. <https://doi.org/10.1086/627111>.

Anexos

Anexo A

Ponto	Praia	Município	Latitude	Longitude	Setor
SC001	Praia do Cardoso	Laguna	28°36'27.27"S	48°49'47.22"O	SUL
SC002	Prainha do Farol de Santa Marta	Laguna	28°36'6.00"S	48°49'0.11"O	SUL
SC003	Praia Grande	Laguna	28°34'45.03"S	48°48'31.65"O	SUL
SC004	Praia da Galheta	Laguna	28°32'59.84"S	48°46'52.98"O	SUL
SC005	Teresa	Laguna	28°31'29.91"S	48°45'46.19"O	SUL
SC006	Praia do Maneloni	Laguna	28°30'55.63"S	48°45'36.29"O	SUL
SC007	Gravata	Laguna	28°30'26.28"S	48°45'8.86"O	SUL
SC008	Praia do Tamborete	Laguna	28°29'51.87"S	48°44'55.59"O	SUL
SC009	Laguna	Laguna	28°27'50.75"S	48°45'54.84"O	SUL
SC010	Praia do Sol	Laguna	28°22'38.62"S	48°44'8.80"O	SUL
SC011	Praia da Vila	Imbituba	28°17'20.55"S	48°41'44.74"O	SUL
SC012	Praia do Porto	Imbituba	28°13'19.97"S	48°39'51.58"O	SUL
SC013	Praia D'Água	Imbituba	28°12'19.72"S	48°39'57.02"O	SUL
SC014	Ibiraquera	Imbituba	28°10'10.85"S	48°39'33.63"O	SUL
SC015	Praia do Rosa	Imbituba	28° 7'46.77"S	48°38'31.56"O	SUL
SC016	Praia Vermelha	Imbituba	28° 7'3.96"S	48°38'8.62"O	SUL
SC017	Praia do Ouvidor	Garopaba	28° 6'19.61"S	48°38'13.31"O	SUL
SC018	Praia da Barra da Ferrugem	Garopaba	28° 5'9.71"S	48°37'54.40"O	SUL
SC019	Praia da Ferrugem	Garopaba	28° 4'40.11"S	48°37'40.28"O	SUL
SC020	Praia do Silveira	Garopaba	28° 2'19.32"S	48°36'31.32"O	SUL
SC021	Praia do Siriú	Garopaba	28° 0'16.85"S	48°37'51.85"O	SUL
SC022	Guarda Do Embaú	Garopaba	27°55'50.22"S	48°36'46.08"O	SUL
SC023	Prainha da Guarda do Embaú	Garopaba	27°54'3.27"S	48°34'57.53"O	SUL
SC024	Pinheira	Palhoça	27°52'13.12"S	48°36'7.53"O	SUL
SC025	Praia de Naufragados	Florianópolis	27°50'1.41"S	48°33'51.59"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC026	Pântano do Sul (Açores)	Florianópolis	27°47'7.12"S	48°31'29.01"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC027	Lagoinha do Leste	Florianópolis	27°46'28.00"S	48°29'13.37"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC028	Matadeiro	Florianópolis	27°45'17.78"S	48°29'55.12"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC029	Armação	Florianópolis	27°44'29.55"S	48°30'29.15"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC030	Praia Mole	Florianópolis	27°36'9.44"S	48°25'59.25"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC031	Galheta (Ilha)	Florianópolis	27°35'32.87"S	48°25'28.65"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC032	Prainha do Leste	Florianópolis	27°34'27.07"S	48°25'15.18"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC033	Barra da Lagoa/Moçambique	Florianópolis	27°31'43.26"S	48°25'13.73"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC034	Praia do Santinho	Florianópolis	27°27'32.69"S	48°22'31.29"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC035	Praia dos Ingleses	Florianópolis	27°26'10.54"S	48°23'28.31"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC036	Praia Brava (Ilha)	Florianópolis	27°24'2.42"S	48°24'50.64"O	ILHA DE SANTA CATARINA
SC037	Praia da Lagoinha da Ponta das Canas	Florianópolis	27°23'21.69"S	48°25'27.21"O	ILHA DE SANTA CATARINA

SC038	Praia das Cordas	Governador Celso Ramos	27°22'25.72"S	48°31'52.96"O	CENTRAL
SC039	Caravelas	Governador Celso Ramos	27°21'47.66"S	48°32'7.99"O	CENTRAL
SC040	Praia do Sissial	Governador Celso Ramos	27°21'3.99"S	48°32'6.11"O	CENTRAL
SC041	Praia dos Ilhéus	Governador Celso Ramos	27°20'32.46"S	48°31'40.01"O	CENTRAL
SC042	Palmas do Arvoredo	Governador Celso Ramos	27°19'40.39"S	48°32'16.02"O	CENTRAL
SC043	Gancho de Fora	Governador Celso Ramos	27°18'25.71"S	48°32'54.22"O	CENTRAL
SC044	Gancho do Meio	Governador Celso Ramos	27°18'52.47"S	48°33'14.80"O	CENTRAL
SC045	Praia de Calheiros	Governador Celso Ramos	27°18'58.72"S	48°33'41.22"O	CENTRAL
SC047	Ponta Grande	Bombinhas	27°11'48.04"S	48°33'34.30"O	CENTRAL
SC049	Praia do Mariscal	Bombinhas	27°11'4.78"S	48°29'57.25"O	CENTRAL
SC050	Quatro Ilhas	Bombinhas	27° 9'23.07"S	48°29'5.09"O	CENTRAL
SC051	Retiro dos Padres	Bombinhas	27° 8'42.70"S	48°28'34.04"O	CENTRAL
SC052	Praia de Bombinhas	Bombinhas	27° 8'52.91"S	48°29'25.08"O	CENTRAL
SC053	Praia de Bombas	Bombinhas	27° 8'32.39"S	48°30'25.59"O	CENTRAL
SC054	Estaleiro	Porto Belo	27° 7'15.89"S	48°31'9.32"O	CENTRAL
SC055	Araça	Porto Belo	27° 8'7.83"S	48°31'50.21"O	NORTE
SC056	Porto Belo	Porto Belo	27° 9'26.62"S	48°33'2.93"O	NORTE
SC057	Meia Praia	Itapema	27° 8'25.62"S	48°35'26.18"O	NORTE
SC058	Praia Grossa	Itapema	27° 5'12.90"S	48°35'46.53"O	NORTE
SC059	Praia da Ilhota Sul	Itapema	27° 4'38.33"S	48°35'40.04"O	NORTE
SC060	Praia da Ilhota Norte	Itapema	27° 3'50.68"S	48°35'39.38"O	NORTE
SC061	Praia do Estaleirinho	Balneário Camboriú	27° 2'56.46"S	48°35'16.80"O	NORTE
SC062	Praia do Estaleiro	Balneário Camboriú	27° 1'55.66"S	48°34'54.56"O	NORTE
SC063	Praia do Pinho	Balneário Camboriú	27° 1'11.53"S	48°34'33.61"O	NORTE
SC064	Praia de Taquaras	Balneário Camboriú	27° 0'16.70"S	48°34'56.53"O	NORTE
SC065	Praia das Laranjeiras	Balneário Camboriú	26°59'49.77"S	48°35'33.36"O	NORTE
SC066	Balneário Camboriú	Balneário Camboriú	26°59'39.05"S	48°37'38.49"O	NORTE
SC067	Praia do Buraco	Balneário Camboriú	26°58'3.30"S	48°37'40.81"O	NORTE
SC068	Praia Brava (Itajaí)	Itajaí	26°56'51.06"S	48°37'42.53"O	NORTE
SC069	Praia da Solidão	Itajaí	26°55'46.95"S	48°37'30.15"O	NORTE
SC070	Praia de Cabeçadas	Itajaí	26°55'39.69"S	48°37'59.46"O	NORTE
SC071	Praia do Atalaia	Itajaí	26°55'2.18"S	48°38'29.46"O	NORTE
SC072	Navegantes	Navegantes	26°52'27.36"S	48°38'17.32"O	NORTE
SC073	Praia de São Miguel	Penha	26°49'30.40"S	48°36'45.84"O	NORTE
SC074	Praia da Galheta	Penha	26°49'33.74"S	48°36'12.67"O	NORTE

SC075	Praia Vermelha	Penha	26°48'14.63"S	48°35'49.50"O	NORTE
SC076	Praia do Monge	Penha	26°47'50.36"S	48°35'30.95"O	NORTE
SC077	Praia do Poá	Penha	26°47'2.97"S	48°35'43.64"O	NORTE
SC078	Praia do Quilombo	Penha	26°47'23.70"S	48°37'19.22"O	NORTE
SC079	Praia Alegre	Penha	26°46'22.91"S	48°39'23.78"O	NORTE
SC080	Praia de Piçarras	Balneário Piçarras	26°44'37.71"S	48°40'41.89"O	NORTE
SC081	Praia da Enseada	São Francisco do Sul	26°12'58.13"S	48°31'22.01"O	NORTE
SC082	Praia da Figueira	Governador Celso Ramos	27°22'44.44"S	48°31'46.84"O	BAÍA NORTE
SC083	Praia da Armação da Piedade	Governador Celso Ramos	27°22'44.69"S	48°32'3.01"O	BAÍA NORTE
SC084	Camboa	Governador Celso Ramos	27°21'51.62"S	48°33'2.18"O	BAÍA NORTE
SC085	Enseada dos Golfinhos	Governador Celso Ramos	27°24'32.46"S	48°34'6.59"O	BAÍA NORTE
SC086	Prainha da Ilha de Anhatomirim	Governador Celso Ramos	27°25'21.51"S	48°34'4.11"O	BAÍA NORTE
SC087	Praia do Antenor	Governador Celso Ramos	27°25'34.66"S	48°34'26.55"O	BAÍA NORTE
SC088	Praia Xanahi	Governador Celso Ramos	27°25'52.01"S	48°34'43.29"O	BAÍA NORTE
SC089	Prainha de Balneário de São Miguel (1)	Governador Celso Ramos	27°25'55.64"S	48°34'57.64"O	BAÍA NORTE
SC090	Prainha de Balneário de São Miguel (2)	Governador Celso Ramos	27°25'54.61"S	48°35'5.64"O	BAÍA NORTE
SC091	Caieiras do Norte	Governador Celso Ramos	27°25'42.04"S	48°35'28.84"O	BAÍA NORTE