



USO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA COMO SUBSÍDIO A ANÁLISE DE RISCO À EROSÃO COSTEIRA DA PRAIA DO MORRO DAS PEDRAS – FLORIANÓPOLIS/SC

Táisa Comerlato ¹
Luiz Phelipe Flor Pereira ²

RESUMO

O estudo teve como objetivo classificar o estado morfodinâmico da Praia do Morro das Pedras, localizada na costa leste da Ilha de Santa Catarina, utilizando imagens de satélite de alta resolução (0,50 m) disponíveis no Google Earth, no período de 2019 a 2021. A metodologia adotada baseou-se no modelo proposto por Silveira et al. (2011), que permite a classificação morfodinâmica de praias por meio da interpretação visual de feições como zonas de surfe e espraiamento, presença de bancos, correntes de retorno e cúspides praias. Foram analisadas imagens representativas das quatro estações do ano, buscando identificar padrões morfodinâmicos e variações sazonais. A área de estudo integra o Sistema Praia Joaquina-Morro das Pedras, caracterizado por praias voltadas ao Oceano Atlântico, com ondas predominantes de sudeste no outono e inverno, e de leste e nordeste no verão e primavera. A análise das imagens permitiu identificar três estágios morfodinâmicos principais: dissipativo, intermediário e reflexivo, com base nas características das zonas de surfe e espraiamento, além da presença de bancos e cúspides. Os resultados indicaram que a Praia do Morro das Pedras apresenta, predominantemente, um estágio morfodinâmico intermediário, com variações entre os subtipos "Banco e Cava Longitudinais" e "Terraço de Baixa Mar". A zona de surfe variou entre 100 e 160m, enquanto a zona de espraiamento oscilou entre 10 e 60m, dependendo da data analisada. Observou-se a presença de cúspides e lagomar, evidenciando uma dinâmica sedimentar ativa. Trabalhos de campo complementares revelaram variações diárias e locais na declividade e no perfil da praia, destacando a complexidade da dinâmica costeira. Conclui-se que o uso de imagens de satélite é uma ferramenta eficaz e acessível para a classificação morfodinâmica e o monitoramento costeiro, sendo útil para o gerenciamento de áreas costeiras e a avaliação de riscos de erosão. No entanto, ressalta-se que os resultados obtidos representam instantâneos temporais, dependendo das condições de imageamento. Recomenda-se a análise contínua de novas imagens para uma compreensão mais abrangente da dinâmica costeira, pois estudos desta temática contribuem para o planejamento urbano e a conservação de praias, especialmente em áreas turísticas como a Praia do Morro das Pedras, fornecendo subsídios para ações de mitigação e adaptação frente aos processos erosivos.

Palavras-chave: Geomorfologia Costeira; Morfodinâmica praial; erosão costeira.

INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros apresentam diversas particularidades geomorfológicas, sobretudo, em decorrência de posicionarem-se em uma área de transição entre o

¹ Professora do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Santa Catarina - SC, taisa.c@udesc.br;

² Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual de Santa Catarina - SC, luizphe13@gmail.com.



continente e o oceano. Dessa forma, as interações entre as forçantes meteorológicas (intensidade e direção de ventos, pressão e precipitações), astronômicas (marés) e oceanográficas (ondas, correntes oceânicas, costeiras e de marés) os modificam em diferentes escalas espaço-temporais (Lisniowski, 2009).

A Geomorfologia Costeira se destaca, neste contexto, por abarcar estas complexidades, as quais se refletem nas paisagens através de uma variedade de feições geomorfológicas, marcadas pela interação entre processos erosivos e deposicionais em escalas espaço-temporais diferenciadas (Rossetti, 2008). No Brasil, a compreensão desses processos e de suas influências sobre a configuração da paisagem se mostra ainda mais relevante, uma vez que grandes cidades estão localizadas na porção litorânea e têm na exploração turística da orla a sua principal fonte de recursos financeiros (Moraes, 2000). Neste sentido, Silveira et al. (2011), Mallmann et al., 2014; Ribeiro, 2014; Pacheco, 2015 e Comerlato et al., 2019 efetuaram o mapeamento das características morfodinâmicas das praias dos litorais de São Paulo, Pernambuco, Santa Catarina e Paraná, respectivamente, abordando o tema com a interpretação de imagens QuickBird.

Nesta classificação são reconhecidos seis diferentes estágios morfodinâmicos associados a diferentes regimes de ondas e marés, e estas podem ser analisadas e interpretadas por meio de sensoriamento remoto (Silveira et al., 2011) ou pela análise visual de imagens de satélite (Mallmann et al., 2014; Ribeiro, 2014; Pacheco, 2015 e Comerlato et al., 2019), a partir da identificação de distintas características indicadoras dos estados morfodinâmicos (Pacheco, 2015).

Um dos aspectos fundamentais para o estudo da zona costeira e seu gerenciamento é o conhecimento da sua vulnerabilidade, este conhecimento é essencial, podendo ser usado para subsidiar o planejamento das ações protetivas e assim assegurar que as funções do sistema sejam mantidas frente ao processo de adaptação ou mitigação perante as perspectivas naturais e antrópicas (Araújo et al., 2019).

Deste modo, este trabalho visa proporcionar maior entendimento das características morfodinâmicas ao longo da praia do Morro das Pedras, por meio da interpretação visual de imagens de satélites em diferentes estações do ano e assim oferecer subsídios para a identificação do risco a erosão costeira.



ÁREA DE ESTUDOS

A ilha de Santa Catarina está situada no litoral Sul do Brasil, ocupa uma área de 426,6km² possuindo um perímetro de 171,3km dos quais 88km ou 50,5% correspondem a praias arenosas (Horn Filho, 2006).

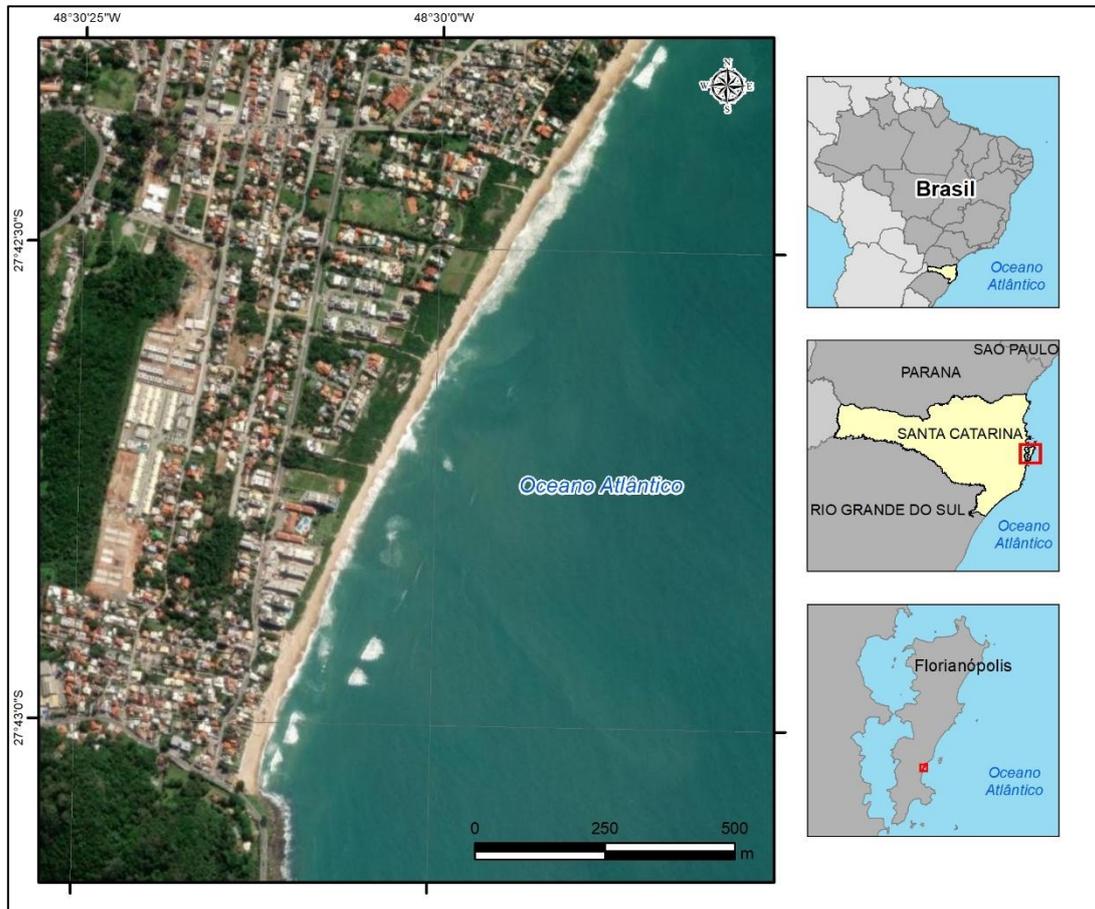
A área de estudo escolhida para o desenvolvimento deste trabalho faz parte das praias da costa leste da Ilha de Santa Catarina, o qual compreende o trecho que vai da ponta das Aranhas, ao norte, até a ponta da Armação, ao sul (Figura 1), fazendo parte do Sistema Praial Joaquina-Morro das Pedras tendo um comprimento total de 11.00 metros, sendo formada pelas praias da Joaquina, Campeche e Morro das Pedras.

O Sistema Praial Joaquina-Morro das Pedras é um trecho caracterizado por praias voltadas ao mar aberto, no Oceano Atlântico (Gomes, 2020), tendo outras características praias extensas, largas e abruptas, estando na orientação NNE-SSW (Horn Filho et al., 2017).

Conforme Horn Filho et al (2017), a Praia do Morro das Pedras constitui o último trecho do cordão arenoso que integra o sistema praial Joaquina-Morro das Pedras, com sua granulometria de predominância de tamanho médio nas porções norte e central, e grossas em sua porção sul da praia, apresenta declividade média de 11° e largura média de 55m que variam ao longo da praia.

No Sistema Praial Joaquina - Morro das Pedras (Torronteguy, 2002), a maior parte das ondas incidentes provem da direção sudeste, que nas estações de outono e inverno registram ondulações de maior intensidade, período e tamanho, com predominância de ondas de sul e sudeste. Durante a primavera e principalmente o verão, se caracterizam pela incidência de ondas da direção leste e nordeste, e pela baixa energia de ondas associadas.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudos.



Fonte: Os autores (2023).

No Sistema Praial Joaquina - Morro das Pedras (Torronteguy, 2002), a maior parte das ondas incidentes provem da direção sudeste, que nas estações de outono e inverno registram ondulações de maior intensidade, período e tamanho, com predominância de ondas de sul e sudeste. Durante a primavera e principalmente o verão, se caracterizam pela incidência de ondas da direção leste e nordeste, e pela baixa energia de ondas associadas.

Os ventos dominantes são de norte e nordeste (com predominância de 47%), interrompidos por calmarias, seguidos pelos ventos de sudeste e sul (com 32% de predominância), com rajadas de vento e frio, e por último de oeste e leste, com temporais (Torronteguy, 2002).



O regime de marés da Ilha de Santa Catarina, segundo a Tábua de Marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil - DHN, é do tipo micromarés, de regime semi-diurno, cujas amplitudes máximas atingem 1,2m.

MATERIAIS E MÉTODOS

A classificação morfodinâmica foi baseada no método proposto por Silveira et al. (2011), que avalia as características morfodinâmica de praias via interpretação a partir de imagens de satélite, a saber: extensão das zonas de surfe e de espraiamento, presença de bancos, correntes de retorno e cúspides praias. Assim foi realizada a classificação da morfodinâmica praias pela técnica de sensoriamento remoto a partir da análise de imagens de satélite multiespectrais com resolução de 0,50m, disponíveis no aplicativo Google Earth e que abrangem o período compreendido 2019 a 2021.

A escolha das cenas considerou a melhor resolução espacial disponível, a maior cobertura contínua de mesma data de aquisição e a menor ocorrência de nuvens, buscando selecionar imagens que representasse as 4 (quatro) estações do ano (verão, outono, inverno e primavera) e a lua vigente no período, com base na pesquisa pelo site Tábua de Marés.

As feições morfodinâmicas foram interpretadas e delimitadas sobre as imagens das diferentes datas contou com: Zona de surfe ou bancos - caracterizada pela espuma deixada pela ação das ondas; Zona de espraiamento - local onde a onda quebra em direção a faixa de areia, espraiando-se; Faixa de praia - local sem ação das ondas ou espraiamento; Cúspides praias - feições rítmicas identificadas na zona de espraiamento e; Correntes de retorno - correntes que interrompem a zona de surfe (sem espuma).

O mapeamento das praias dissipativas foi efetuado pela identificação de bancos múltiplos observando os padrões da espuma deixada pela quebra das ondas, a qual aparece em branco nas imagens pela maior reflexão da energia luminosa na espuma formada pela quebra das ondas. Estes sistemas de bancos geram extensas Zonas de Surfe e de Espraiamento (ambas, >100m), indicando a baixa declividade da praia.

As características mapeadas que correspondem às praias intermediárias foram os bancos longitudinais, rítmicos ou transversais, onde os padrões com áreas descontínuas da espuma foram tomados como indícios da presença de bancos rítmicos ou transversais, enquanto padrões de quebra de ondas contínuo ao longo da costa foram interpretados como bancos longitudinais. A ocorrência de cúspides foi efetuada pela observação de



feições rítmicas de pequena escala (< 50m) na linha de costa; as correntes de retorno que foram observadas pela tonalidade da água próxima à Zona de Arrebentação. Como elas têm alta capacidade de transporte, sua presença foi associada às tonalidades similares a dos sedimentos que recobrem a face praial. E por fim o tamanho da Zona de Espraimento Curta (> 65m), indicando que a praia possui declividade moderada.

As feições identificadas nas praias refletivas foram a quebra de ondas na base da Zona de Espraimento, ausência de bancos, Zona de Espraimento moderada (> 70m) o que indica que a face praial é declivosa e ocorrência de cúspides, que foram identificadas pelas feições rítmicas na linha de costa com pequena escala (> 30m).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as datas analisadas, a praia do Morro das Pedras foi classificada como sendo de estágio morfodinâmico intermediário, predominando o estágio Banco e Cava Longitudinais em (3 datas) e em uma data como de Terraço de Baixa Mar (Quadro 1).

Quadro 1 – Resumo das características morfodinâmicas observadas e identificadas na Praia do Morro das Pedras.

Data	Tipo de Praia	Evidências
15/11/2019	Intermediário – Banco e Cava Longitudinais	Zona de surfe: média de 160 metros
		Zona de espraimento: média de 30 metros
		Cava e Banco bem definidos, face praial semelhante a uma praia dissipativa
18/09/2020	Intermediário – Terraço de Baixa Mar	Zona de surfe: média de 100 metros
		Zona de espraimento: média 60 metros
		Presença de lagomar
		Presença de pequenas cúspides
19/04/2020	Intermediário – Banco e Cava Longitudinais	Zona de surfe: média 130 metros
		Zona de espraimento: média de 25 metros mais ao Sul e diminuindo para Norte 15 metros
		Presença de cúspides
10/03/2021	Intermediário – Banco e Cava Longitudinais	Zona de surfe: média de 150 metros
		Zona de espraimento: média de 10 metros
		Presença de pequenas cúspides
		Banco junto à praia

Fonte: Os autores (2023).

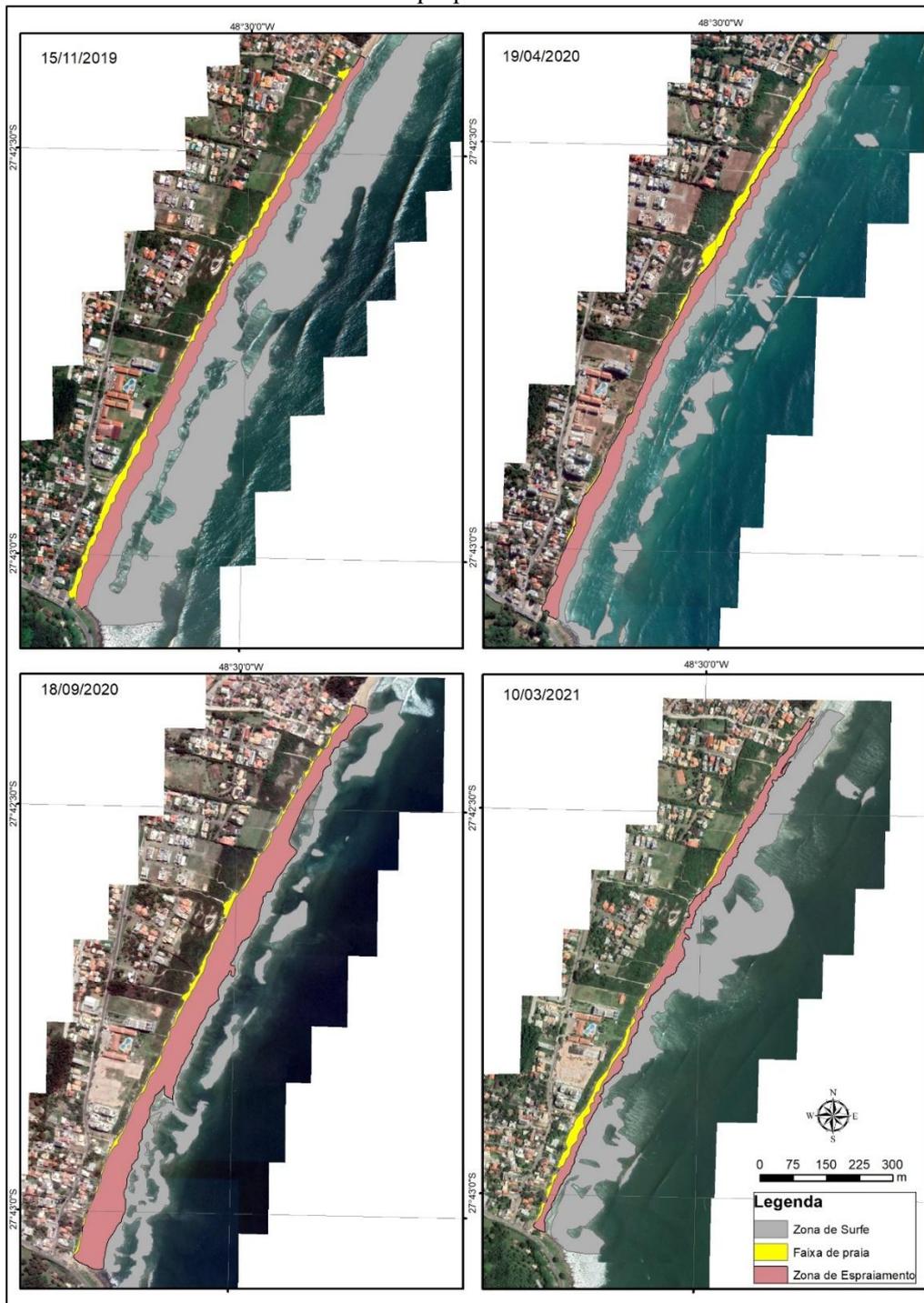
As classificações apresentadas na Figura 2 indicam que a praia do Morro das Pedras possui uma dinâmica praial que não varia muito ao longo do ano, porém durante os



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

trabalhos de campo, foi possível compreender que esta praia possui variação de sua morfodinâmica ao longo do dia e ao longo de seu trecho, tendo uma mudança no perfil (declividade) em pouco metros.

Figura 2 – Classificação morfodinâmica da Praia do Morro das Pedras nas quatro datas propostas.



Fonte: Os autores (2023).



Considerando que a variação de sedimentos numa praia (ganho e perda) é chamado de balanço sedimentar, a erosão ocorre quando o balanço sedimentar de uma praia é negativo, ou seja, quando a praia perde mais sedimentos do que recebe, e reconhecer qual o perfil morfodinâmico modal e sua variação ao longo das estações do ano, ajudam a compreender esta dinâmica natural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação do estado morfodinâmico de um arco praias pode ser obtido de forma satisfatória para a praia do Morro das Pedras, com a utilização de ferramentas de fácil aquisição e sem custo, como são as imagens aplicativo Google Earth.

Assim, o método indireto para a classificação do estado morfodinâmico das praias é útil no desenvolvimento de planos de gerenciamento costeiro, incluindo estudos de expansão urbana no que tange a ocupação dos espaços e nos estudos de dinâmica e ecologia de praias, principalmente devido a rápida obtenção dos resultados da análise. Considerando as limitações do método a recomendação é quanto a resposta espectral das feições que permitiram a classificação das praias deste trabalho, que podem variar de acordo com o período do ano e/ou o momento do imageamento. Portanto, estes resultados devem ser tomados como instantâneos, o que demanda a análise de outros conjuntos de imagens para uma conclusão validada.

Palavras-chave: Morfodinâmica Praial; Sensoriamento remoto, Mapeamento.

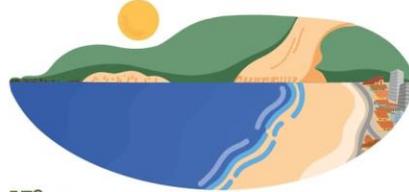
REFERÊNCIAS

LISNIEWSKI, Maria Aline. Concentração de sedimentos transportados em suspensão e taxas de transporte longitudinal no litoral do Paraná, Brasil. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Geologia, Área de Concentração em Geologia Ambiental, Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2009.

ROSSETTI, D. F. Ambientes costeiros. In: FLOREZANO, T. G. (org). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MORAES, A. C. R. Bases da formação territorial do Brasil. O território colonial brasileiro no «longo» século XVI. São Paulo: Hucitec, 2000. 431 p.

SILVEIRA, L. F.; KLEIN, A. H. G.; TESSLER, M. G. Classificação morfodinâmica das praias do Estado de Santa Catarina e do litoral Norte do Estado de São Paulo utilizando sensoriamento remoto. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, v. 15, n. 2, p. 13-28, 2011.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

MALLMAN, D. L. B.; PEREIRA, P. S.; NOGUEIRA, P. F. R. S. M.; SANTOS, F. M. M. Classificação morfodinâmica das praias arenosas de Ipojuca (Pernambuco, Brasil) através da análise semântica de imagens de satélite pancromáticas. *Pesquisas em Geociências*, v. 41, p. 169-189, 2014.

RIBEIRO, R. S. Caracterização morfodinâmica de praias do Estado de Santa Catarina com vistas à avaliação de perigo ao banhista. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

PACHECO, F. C. Classificação morfodinâmica de praias oceânicas por meio da análise visual de imagens de satélite multitemporais da costa sudeste do Estado de Santa Catarina. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Oceanografia) - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

COMERLATO, T., LAMOUR, M. R.; SILVEIRA, C. T. Classificação morfodinâmica das praias do litoral do Paraná por Sensoriamento Remoto. In: *Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.*, 18., Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2019.

ARAÚJO, I. R. G.; GOMES, E. R.; GONÇALVES, R. M.; QUEIROZ, H. A. A. Estimativa do índice de vulnerabilidade à erosão costeira (IVC) para o litoral do Piauí, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, n. 1, p. 105-118, 2019.

HORN FILHO, N. O. Granulometria das praias arenosas da ilha de Santa Catarina, SC. *Gravel*, 4: p. 1-21, 2006.

TORRONTÉGUY, M. de C. Sistema Joaquina - Morro das Pedras e praias adjacentes da costa leste da ilha de Santa Catarina: aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e fatores condicionantes. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

GOMES, G. de O. Impactos da ocupação das dunas no comportamento morfossedimentar do arco praiial Joaquina - Morro das Pedras, ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. 2020. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

HORN FILHO, N. O.; LEAL, P. C.; OLIVEIRA, J. S. Geologia das 117 praias arenosas da Ilha de Santa Catarina. Florianópolis: Edição do Bosque, 2017.

