

CIRCULAÇÃO DA ZONA DE SURFE: PADRÕES OBSERVADOS NA PRAIA DO CAMPECHE, SC.

*Pedro de Souza Pereira*¹

<https://orcid.org/0000-0001-6903-9155>

*Pedro Alípio Neto*¹

<https://orcid.org/0000-0003-2003-8009>

RESUMO

Praias são ambientes sedimentares costeiros de elevada beleza cênica, sendo um lugar que atrai populares para desfrutar de atividades de lazer e cientistas para desvendar os seus processos. No que diz respeito a circulação costeira, os dois tipos de correntes mais usuais são as correntes longitudinais e as de retorno, dependentes de propriedades das ondas incidentes e da morfologia da praia. No entanto, experimentos costeiros apontam que além desses padrões já conhecidos, podem ocorrer meandramentos, circulação em célula e situações que combinam padrões. Nesse sentido, se faz necessário refletir as estratégias e ações de resgates em praias levando em consideração padrões de circulação diferentes dos usuais. No caso da praia do Campeche, quando da presença de dois bancos arenosos, um interno e outro externo, separados por uma cava, acredita-se que a melhor estratégia de prevenção e resgate a ser adotada é a de nadar em direção à praia.

Palavras-chave: Correntes de retorno; Circulação costeira; Estratégias de escape de correntes.

¹Laboratório de Oceanografia Costeira, Coordenadoria Especial de Oceanografia, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário, Reitor João David Ferreira Lima, Trindade – Florianópolis – SC, CEP: 88040-900, Blocos Modulados do CFM, Bloco D, Sala 13, psppraias@gmail.com

**SURF ZONE CIRCULATION: PATTERNS OBSERVED AT
CAMPECHE BEACH, SC, SOUTHERN BRAZIL.**

ABSTRACT

Beaches are coastal sedimentary environments of high scenic beauty, attracting people for leisure activities and scientists to unravel their processes. Regarding coastal circulation, the two most common types of currents are the longshore currents and the rip currents, which depend on properties of incoming waves and beach morphology. However, coastal experiments indicate that in addition to these known patterns, meandering, cell circulation, and situations that combine patterns can occur. Therefore, it is necessary to consider different circulation patterns when reflecting on rescue strategies and actions on beaches. In the case of Campeche beach, when two sandy bars, one internal and one external, separated by a trough are present, it is believed that the best prevention and rescue strategy is to swim towards the beach.

Palavras-chave: Rip currents; Coastal circulation; Current scape strategies.

Artigo Recebido em 21/11/2022 e Aceito em 16/03/2023

1. INTRODUÇÃO

As praias são ambiente cênicos de elevada beleza que proporcionam lazer e por estas razões atraem milhões de pessoas em todo mundo, incluindo o estado de Santa Catarina, para desfrutar desse espaço.

Ambiente altamente democrático, a constituição Brasileira assegura o livre acesso a praia aos mais diferentes tipos de usuários (*BRASIL, 1988*), independente do seu poder aquisitivo, grau de escolaridade e habilidades natatórias, este último fator, somado ao alto grau de dinamismo presente nesse ambiente proporciona um elevado grau de perigo para os usuários com menores habilidades natatórias, desavisados, ou mesmos para os mais ousados.

Nesse sentido, se faz necessária uma ampla compreensão do ambiente praias e das condições que geram perigos nesses ambientes. De acordo com *Short e Hogan (1993)* e *Pereira et al. (2003)* os perigos existentes nas praias podem ser basicamente reunidos em três categorias quanto a sua origem: (i) morfológicos; (ii) hidrodinâmicos e; (iii) biológicos. Os perigos relacionados a morfologia são aqueles que alteram a forma da praia, gerando depressões com maiores profundidades e locais rasos. Os perigos relacionados a hidrodinâmica se referem a alterações na altura das ondas, marés e correntes, de uma maneira geral. Já os biológicos, são relacionados a existência de animais tais como tubarões, crocodilos e águas-vivas. Em termos da ciência intitulada morfodinâmica de praias (*WRIGHT E THOM, 1977*), os aspectos relacionados as variações na morfologia e na hidrodinâmica se fazem mais importantes e serão explorados na presente pesquisa de forma preponderante.

O ambiente praias, no contexto morfológico, apresenta como principais feições os bancos arenosos e cavas como feições de risco, entretanto, a variação das propriedades das ondas como período, direção e altura faz com que existam variações laterais e longitudinais dessas feições (*WRIGHT E*

SHORT, 1984; LIPPMAN e HOLMAN, 1989). Dessa forma, canais transversais à praia e bancos rítmicos são gerados alterando não só a profundidade mas também a hidrodinâmica costeira (*RENIERS et al., 2016*).

Esse dinamismo que a interação entre as ondas e a morfologia proporcionam acentuam ainda mais os perigos em praias arenosas (*SHORT E HOGAN, 1993*). No que tange a gestão de perigos, para além do perfil do usuário, as variações morfológicas proporcionam variações na circulação costeira que conseqüentemente trazem necessidades de adaptações das estratégias não só de resgate as vítimas de afogamentos mas também as estratégias de escape de feições perigosas (*BRANDER, 2013; MCCARROL ET AL., 2014; VAN LEEUWEN ET AL., 2018*). Nesse sentido, compreender os variados comportamentos hidrodinâmicos existentes em praias se torna fundamental para a segurança de praias, sobretudo na definição de estratégias mais adequadas de salvamento e escape de feições e perigo.

É no contexto acima exposto que o presente artigo visa trazer exemplos de padrões de circulação costeira para além de padrões clássicos existentes na literatura referente as correntes de retorno, onde a água retorna de forma perpendicular à praia, carregando consigo nutrientes, sedimentos e banhistas desavisados (*LEATHERMAN E FLETEMEYER, 2011; RENIERS ET AL., 2016*). Para tal, se fará uso de dados coletados por meio de flutuadores equipados com equipamentos que registram sua posição e imagens registradas por um Veículo Aéreo Não Tripulado. Os dados foram coletados durante a realização de um experimento na praia do Campeche, localizada no município de Florianópolis, estado de Santa Catarina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo foi a praia do Campeche, localizada no município de Florianópolis, no estado de Santa Catarina (Fig. 1). Esta praia oceânica aberta tem sido classificada como uma praia intermediária apresentando sistema de bancos múltiplos (KLEIN *et al.*, 2016).

O clima do litoral catarinense é do tipo subtropical, com invernos relativamente frios e verões quentes. Tais características são resultantes da presença de duas massas de ar: a Massa Tropical Atlântica (mTA) caracterizada por ar tropical quente e húmido com tendência a estabilidade e a Massa Polar Atlântica (mPA) caracterizada por massas de ar frias que se deslocam de altas altitudes rumo a nordeste, com elevada velocidade e trajetória variável ao longo da costa (MARTIN *et al.*, 1988). Segundo Rodrigues *et al.* (2004), a climatologia de frentes frias para o litoral Sul e Sudeste do Brasil mostra a trajetória típica de deslocamento de sudoeste para nordeste com duração média de três dias. No litoral de Santa Catarina verifica-se uma frequência média mensal de três a quatro frentes frias atingindo o estado durante todos os meses do ano.

A direção predominante das ondas é de nordeste e a direção prevaiente é de sul-sudeste. Outra forte influência no litoral catarinense são as chamadas “lestadas” que acontecem quando sistemas de baixa pressão permanecem estacionados por algum período entre horas e dias, a leste do litoral sobre o oceano. Este período é marcado por altos índices de pluviosidade (MONTEIRO E FURTADO, 1995).

Figura 1. Localização da área de estudo. a) Ilha de Santa Catarina e estado de Santa Catarina; b) Praia do Campeche com detalhe do local do experimento em vermelho.



Fonte: Os autores

2.2 Experimentação

Como forma de atender ao objetivo central da pesquisa explicitado ao final da introdução, foi realizado entre os dias 27 de Abril a 02 de Maio de 2019 o experimento intitulado Experimento Campeche (CampEx). O CampEx consistiu em um experimento onde realizou-se uma série de medições horárias de ondas, correntes, imagens e topografia ao longo do período mencionado das 07:00 às 13:00.

Para a coleta dos dados de correntes foi confeccionado um flutuador, chamado de agora em diante de derivador, seguindo o modelo inicialmente desenvolvido por

Schmidt et al. (2003) e posteriormente modificado por *MacMahan et al. (2009)*. O derivador nada mais é do que um objeto que flutua a mercê das correntes superficiais. Composto basicamente de um conjunto de tubos e conexões de PVC, o flutuador tem 1.5m de comprimento, dos quais 0.5m fica dentro da água 1.0 fora, sendo carregado a mercê das correntes. A porção submersa do derivador apresenta aletas laterais para o mesmo seja carregado pelas correntes e um peso em sua base que atribui ao mesmo uma flutuação neutra. O design do derivador foi elaborado de forma com que a passagem de ondas por ele faça-o apresentar um comportamento de oscilação sem que fosse carregado ou impulsionado pelas ondas (*SCHIMIDT ET AL., 2003*).

A estimativa da velocidade se fez através do uso de um GPS manual da marca Garmim modelo E-trex 10. Com base nas posições geográficas registradas pelo GPS foi possível estimar a velocidade de deslocamento do derivador em função apenas das correntes superficiais e de sub-superfície. A figura 2 traz o exemplo de um dos derivadores utilizados durante o experimento. No início de cada hora, cinco derivadores eram lançados de forma concomitante permanecendo na água por um período de no máximo 1 hora até a hora do próximo lançamento. Todos os derivadores eram lançados em regiões rasas, sobre o banco interno.

Com a intenção de medir as ondas e o nível durante o experimento, utilizou-se um medidor acústico tipo Doppler fundeado diariamente com o auxílio de uma moto náutica a uma profundidade de 18m. O equipamento era configurado de forma a registrar os dados durante os 30 minutos iniciais de cada hora das 07:00 às 13:00. Diariamente, logo após a coleta, os dados eram descarregados para posteriormente serem processados em software específico do fabricante.

Figura 2. Exemplo de derivador utilizado durante o experimento CampEx. Na imagem é possível visualizar a parte emersa (coloração rosa e verde) e a submersa (cor branca) do mesmo em operação.



Fonte: Os autores

Sincronamente as demais coletas, imagens eram capturadas por meio de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) ao longo dos primeiros 17 minutos iniciais de cada hora. Para tal utilizou-se um VANT da marca DJI modelo MAVIC-PRO. O VANT permanecia estável em uma mesma posição capturando imagens sempre a uma altura média de 71 metros de forma oblíqua à praia com o centro da câmera sempre voltada para o nordeste. Posteriormente, as imagens eram descarregadas e processadas em software específico para obtenção de imagens de longa exposição, onde se era possível a determinação e identificações de feições arenosas como bancos e cavas, ou canais

perpendiculares a costa tanto em imagens oblíquas como em imagens planificadas. Mais detalhes a cerca da metodologia utilizada para retificar e planificar as imagens pode ser encontrada em *Holland et al. (1997)* e *Holman et al. (2017)*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 3 abaixo apresenta uma imagem oblíqua de longa exposição capturada pelo VANT e resultante do processamento das imagens coletadas ao longo de 17 minutos. Nela é possível observar a dois bancos arenosos marcados pela presença de espuma branca, região preferencial da quebra das ondas, parte rasa, sendo que um esta conectado à praia (banco interno) e o outro esta separado da praia (banco externo) por meio de uma cava longitudinal.

Ainda na figura 3, é possível identificar a presença de canais perpendiculares à praia por onde ocorre o retorno da água ao mar aberto, as chamadas correntes de retorno. Destaca-se ainda uma diferenciação da morfologia do banco na porção sul, mais próxima a câmera, onde ambos os bancos, o interno e o eterno apresentam um padrão rítmico, depois se tornando mais homogêneo e linear ao longo da costa. Esse padrão morfológico esteve presente ao longo de todo o experimento, alterando apenas as posições das feições apontadas na figura 3.

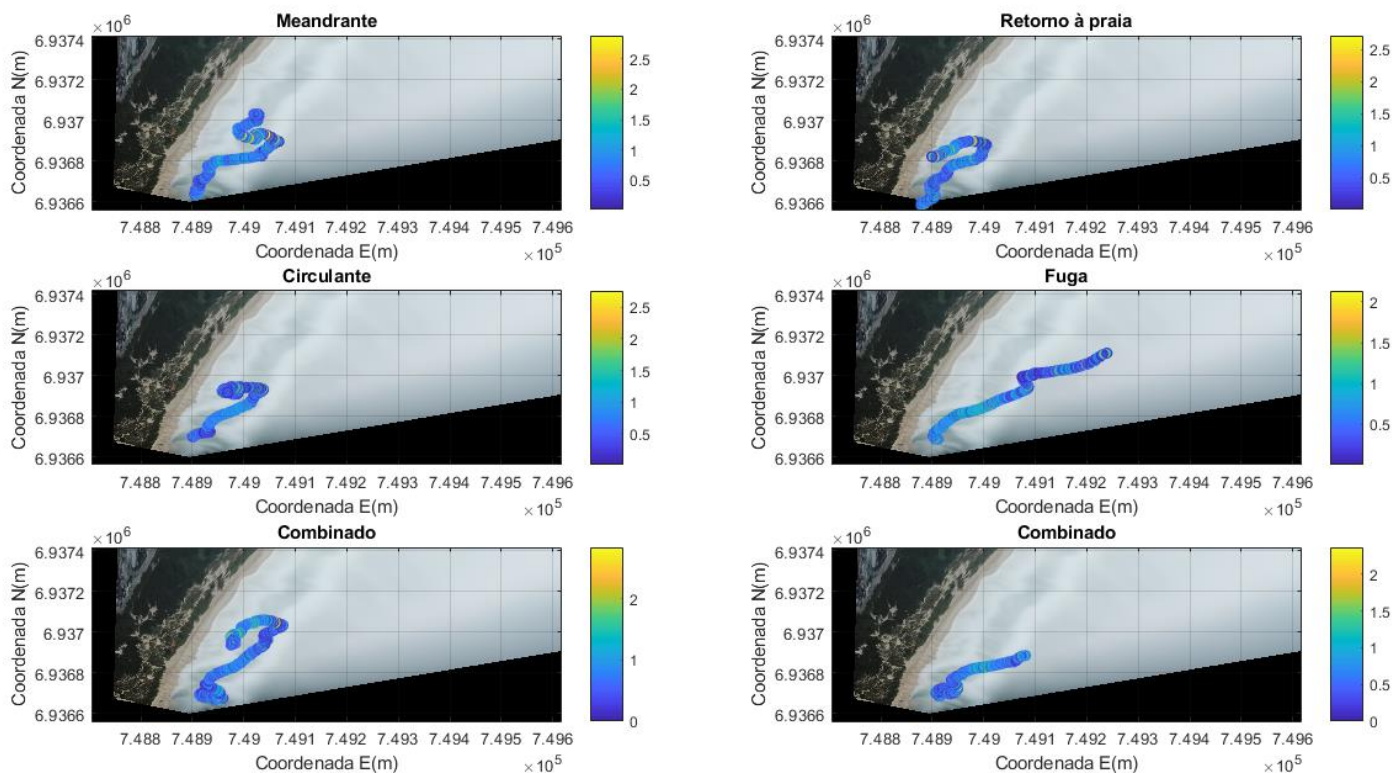
Figura 3. Imagem de longa exposição obtida através do processamento das imagens adquiridas pelo VANT ao longo de 17 minutos. A parte com coloração branca representa a região preferencial da quebra das ondas, parte rasa, as partes escuras representam partes mais profundas. As setas e nomes apontam para feições morfológicas identificadas na imagem.



Fonte: Os autores

Em relação aos derivadores cerca de 308 lançamentos foram analisados ao longo dos seis dias de experimento. Com base nos dados, foi possível constatar os locais preferenciais para a permanência do derivador bem como os padrões observados. De acordo com os padrões das posições registradas no GPS ao menos 5 padrões foram observados: meandrante, circulante, fuga, combinado e de retorno à praia. A figura 4 traz exemplos de cada um desses padrões

Figura 4. Padrões de circulação observados com base nos derivadores. A imagem do fundo representa a imagem do VANT retificada em coordenadas UTM (m) com resolução de 1m. A barra de cores na lateral da imagem representa a velocidade calculada.

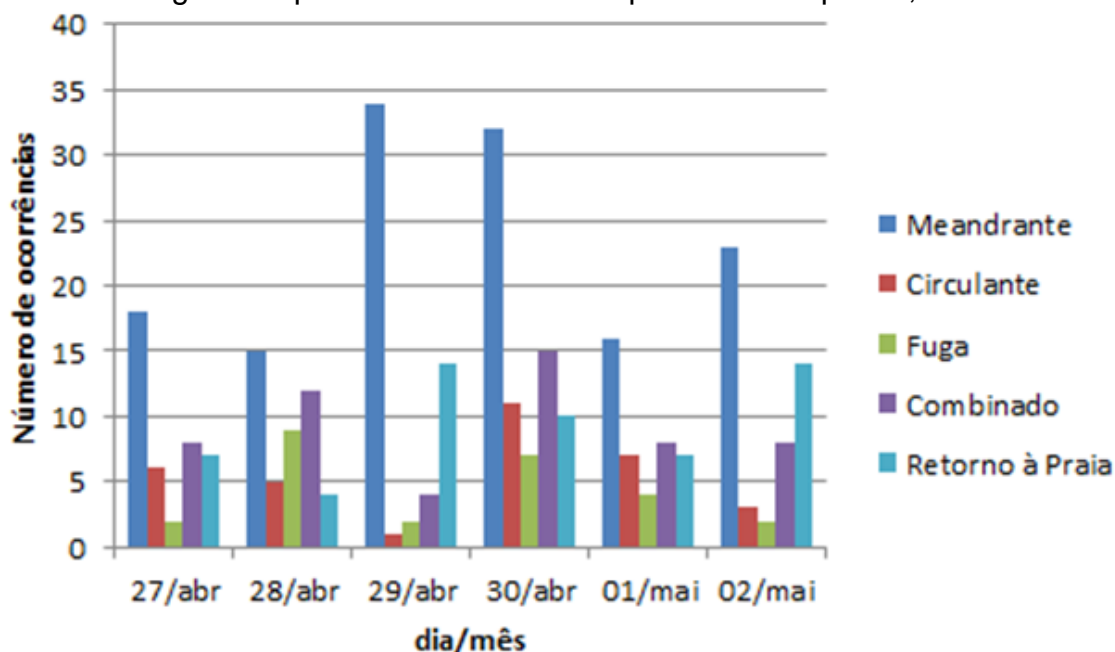


Fonte: Os autores

O padrão conhecido como meandrante (MACMAHAN ET AL., 2010) foi o mais observado seguido pelo combinado, retorno à praia, circulante e fuga, respectivamente (Figura 5). No padrão meandrante o derivador segue o comportamento semelhante a “um meandro de rio” descrevendo uma trajetória curvilínea ao longo do eixo paralelo à praia, ora se aproximando da costa ora se afastando. O padrão de retorno à praia nada mais é do que um derivador que foi impulsionado de volta à praia. Já o padrão circulante é quando o derivador apresenta uma trajetória próximo a um círculo ou elipse retornando ao ponto de origem. O padrão de fuga é aquele onde o derivador apresenta uma trajetória de saída da zona de surf, geralmente de forma perpendicular ou

diagonal, a depender da morfologia da praia. Por fim, o padrão combinado apresenta a combinação entre os comportamentos previamente especificados. Todos esses padrões podem ser observados na figura 4.

Figura 5. Ocorrência dos principais padrões de circulação identificados ao longo do experimento realizado na praia do Campeche, SC.



Fonte: Os autores

Devido a baixa alteração morfológica observada ao longo dos seis dias de experimento, os padrões observados foram sempre os mesmos, com o padrão do tipo meandrante sendo o mais registrado todos os dias (Figura 5). Esse tipo de comportamento seguiu o padrão morfológico registrado na praia (Figura 3) onde o banco externo em sua porção sul, apresentava-se rítmico mais próximo à praia e em sua porção norte apresentava-se mais linear. Salienta-se que, apesar dos lançamentos dos derivadores terem ocorridos sobre o banco interno, na região do alimentador, na maior parte do tempo os derivadores se mantiveram ao longo da cava, apresentando um comportamento de deriva cuja a resultante era paralela à praia.

Já é um conhecimento consagrado por diversas fontes e autores (eg. *BRANDER E MACMAHAN, 2011*) o fato de que um dos modos de escape das correntes de retorno é que a pessoa em perigo deve nadar paralelo à praia. Todavia, cada padrão aqui apresentado, sobretudo aqueles que não apresentaram relações com correntes de retorno devem ter estratégias de fuga ou resgate diferente. Apesar da imagem registrada pelo VANT (Figura 3) apresentar a presença de correntes de retorno, a baixa altura das ondas registradas, inferiores a 1.6m combinadas com a presença de um banco externo separado do interno por uma cava longitudinal fez com que elas não estivessem ativas, gerando um fluxo de água para fora da costa, pelo contrário, a morfologia as ondas presentes impulsionaram a corrente para ter um fluxo com resultante paralela à praia.

De acordo com a análise de dados de derivadores humanos (nadadores equipados com GPS), *VAN LEEUWEN e colaboradores (2018)* apontaram que a melhor estratégia, para o modelo de praia estudada por eles é o de nadar em direção a praia. Para se chegar a esta conclusão os referidos autores analisaram como possíveis estratégias boiar, nadar paralelo à praia e nadar em direção à praia. Tendo em vista as características dos dados apresentados e discutidos nesta pesquisa, acredita-se que a estratégia de nadar em direção à praia seja a mais adequada em situações como registradas durante o experimento, onde a tendência de um objeto flutuante é ser carregado de forma paralela à linha de costa.

4. CONCLUSÕES

Um experimento em campo que contou com a coleta de dados de ondas, morfologia praial e correntes sub-superficiais foi realizado na praia do Campeche, SC, constatando-se que as correntes costeiras apresentam diversos padrões para além da usual corrente longitudinal, paralela à praia, e/ou corrente de retorno, transversal à praia. De acordo com os dados do

sistema posicionamento global utilizado para medir o deslocamento do derivador causado pela corrente, foi possível constatar a ocorrência de ao menos de 5 padrões de circulação: meandrante, circulante, fuga, combinado e retorno à praia. Dentre esses padrões o meandrante foi o que apresentou o maior número de ocorrências. A predominância do padrão meandrante perante os demais esteve relacionada, sobretudo, a configuração da morfologia da praia que apresentou dois bancos separados entre si por uma cava, onde ambas feições apresentavam um padrão levemente rítmico.

Os dados coletados para a praia do Campeche, indicam que a estratégia de fuga das corrente costeiras bem como as estratégias de resgate devem variar de local para local a depender da configuração morfológica da praia. Nesse sentido, os guarda-vidas devem observar a morfologia da praia como um indicador para o tipo de corrente presente. No caso das correntes meandrantes observadas, a usual estratégia de fuga ou resgate que aponta para uma natação paralela à praia iria fazer com que o usuário da praia em situação de perigo assim permanecesse, potencializando a evolução do seu afogamento. Recomenda-se nesse caso nadar em direção à praia.

4.1. Agradecimentos

O primeiro autor gostaria de agradecer ao CNPq pelo apoio na condução dessa pesquisa através dos processos 425007/2016-2 e 312440/2019-7 referentes ao projeto aprovado na Chamada UNIVERSAL 01/2016 e da bolsa de produtividade nível 2 PQ Chamada 06/2019, respectivamente. O segundo autor gostaria de agradecer também ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

BRANDER, R. W. **Rip currents and beach safety**. Journal of Coastal Research, v. 63, p. 1-11, 2013.

BRANDER, R.W.; MACMAHAN, J.H. **Future challenges for rip current research and outreach**. In: LEATHERMAN, S.; FLETEMEYER, J. (eds.). Rip currents: beach safety, physical oceanography and wave modeling. p.1-29, 2011.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1988.

HOLLAND, K.; HOLMAN, R.; LIPPMANN, T.; STANLEY, J.; PLANT, N. **Practical use of video imagery in nearshore oceanographic field studies**. IEEE Journal of Oceanic Engineering, v. 22, n. 1, 1997.

HOLMAN, R. A.; BRODIE, K. L.; SPORE, N. J. **Surf Zone Characterization Using a Small Quadcopter: technical issues and procedures**. IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing, v. 55, n. 4, p. 2017-2027, abr. 2017.

KLEIN, A.H.F; SHORT, A.D. **Brazilian Beach Systems**. Switzerland: Springer, 2016.

LEATHERMAN, S.; FLETEMEYER, J. (eds.). **Rip currents: beach safety, physical oceanography and wave modeling**. 2011

LIPPMANN, T. C.; HOLMAN, R. A. **Quantification of sand bar morphology: A video technique based on wave dissipation**. Journal of Geophysical Research, v. 94, p. 995-1011, 1989.

MACMAHAN, J.; BROWN, J.; THORNTON, E.B. **Low-cost handheld global positioning system for measuring surf-zone currents.** Journal of Coastal Research, v. 25, n. 3, p. 744–754, 2009.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.; AZEVEDO, A. E.G. de. **Mapa geológico do quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina.** Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1988.

MCCARROLL, R. J.; BRANDER, R. W.; MACMAHAN, J. H.; TURNER, I. L.; RENIERS, A. J. H. M.; BROWN, J. A.; BRADSTREET, A.; SHERKER, S. **Evaluation of swimmer-based rip current escape strategies.** Natural Hazards, v. 71, n. 3, p. 1821-1846, 2014.

MONTEIRO, A. M.; FURTADO, S. M. **O clima do trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica.** Geosul, 9: 117-133. 1995

PEREIRA, P. S.; CALLIARI, L. J.; LÉLIS, R. J. F.; FIGUEIREDO, S. A. **Riscos associados ao banho de mar e sua relação com a heterogeneidade morfodinâmica das praias do Rio Grande do Sul, Brasil: Projeto Segurança nas Praias.** In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2003, Recife, PE.

RENIERS, A. J. H. M.; THORNTON, E. B.; STANTON, T. P. **Observations of nearshore sandbar response to rip currents.** Geophysical Research Letters, v. 43, n. 8, p. 3729-3737, 2016.

RODRIGUES, M. L. G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. **Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina.** Revista Brasileira de Geofísica, v. 22, n. 2, p. 135-151, ago. 2004.

SCHMIDT, W.; WOODWARD, B.; MILLIKAN, K.; GUZA, R.; RAUBENHEIMER, B.; ELGAR, S. A. **GPS-tracked surf zone drifter.** Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v. 20, p. 1069–1075, 2003.

SHORT, A.D.; HOGAN, C. L. **Rip Currents and Beach Hazards: Their Impact on Public safety and Implications for Coastal Management.** Journal of Coastal Research, Special Issue 12: 197-209, 1993.

VAN LEEUWEN, B. R.; MCCARROLL, R. J.; BRANDER, R. W.; TURNER, I. L.; POWER, H. E.; BRADSTREET, A. J. **Examining rip current escape strategies in non-traditional beach morphologies.** Natural Hazards, v. 92, n. 2, p. 1025-1052, 2018.

WRIGHT, L. D.; THOM, B. G. **Coastal depositional landforms: A morphodynamic approach.** Progress in Physical Geography, v. 1, p. 412-459, 1977.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches.** Marine Geology, v. 56, p. 93–118, 1984.