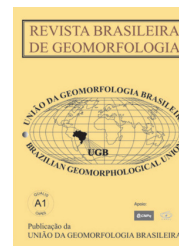


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 21, n° 3 (2020)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i3.1462>



NOTA TÉCNICA

ANÁLISE DA DINÂMICA PRAIAL APÓS A DEPOSIÇÃO DE LAMA EM 2014 NA PRAIA DO CASSINO (RS, BRASIL) UTILIZANDO AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA

ANALYSIS OF THE BEACH DYNAMIC AFTER FLUID MUD DEPOSITION ON CASSINO BEACH (RS, BRAZIL) IN 2014, USING UNMANNED AERIAL VEHICLE

Ulisses Rocha de Oliveira

*Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal do Rio Grande
Avenida Itália, km 9, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP: 96.201-900. Brasil
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7306-3593>
E-mail: ulisseslicke@yahoo.com.br*

Rodrigo Silva Simões

*Mestre em Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande
Avenida Itália, km 9, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP: 96.201-900. Brasil
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7982-1893>
E-mail: rodrigossimoes@furg.br*

Fabício Soares Porto

*Mestre em Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande
Avenida Itália, km 9, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP: 96.201-900. Brasil
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3945-6916>
E-mail: portogeo12@gmail.com*

Eduardo Seta Caminha

*Graduado em Ciências Biológicas Licenciatura. Universidade Federal do Rio Grande
Avenida Itália, km 9, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP: 96.201-900. Brasil
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6518-1741>
E-mail: eduardoscaminha@gmail.com*

Lauro Júlio Calliari

*Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande
Avenida Itália, km 9, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP: 96.201-900. Brasil
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5503-8300>
E-mail: lcalliari@log.furg.br*

Marco Antônio Rigola Romeu

*Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande
Avenida Itália, km 9, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP: 96.201-900. Brasil
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5957-2164>
E-mail: mar7surf@hotmail.com*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
07/06/2018

Aceito (Accepted):
25/03/2019

Palavras-chave:

Variação da Linha de Costa; Análise Quali-Quantitativa; Fotografia com Drone.

Keywords:

Coastline Variation; Quali-Quantitative Analysis; Drone Photography.

Resumo:

Nos últimos anos a praia defrontante ao balneário Cassino, Rio Grande, RS, vem sendo palco de eventos de deposição de lama. O evento de deposição de lama na praia analisado neste trabalho iniciou em abril de 2014 e perdurou até o final de 2016. O objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações na dinâmica da praia, associada a esse evento de deposição de lama, sobretudo as alterações decorrentes da ação das ondas, que possibilitaram uma regeneração da praia em 2016. Foram realizados 12 levantamentos aerofotogramétricos usando um drone DJI® Phantom 3 Professional entre maio de 2016 e abril de 2018 na porção central do balneário Cassino. As fotografias oblíquas possibilitaram uma visão mais ampla da praia. Já as fotografias verticais cobriram um pequeno segmento de 368 m de linha de costa. Nesta porção foram digitalizados o limite praia duna frontal, a linha d'água e dunas formadas próxima a face da praia após a deposição de lama. Dados medidos por dois ondógrafos direcionais foram utilizados para caracterizar a ação das ondas entre maio e dezembro de 2016. As primeiras imagens adquiridas em maio de 2016

demonstram a praia com influência dos depósitos de lama fluída, tendo este depósito uma extensão de cerca de 7 km. Neste período, podemos destacar uma praia subaérea mais larga e a ausência da zona de surfe, com pequenas dunas sobre o pós-praia, próximas da face da praia, dado o longo período sem ondas no segmento, consideradas neste trabalho como dunas anômalas. Desde o início do monitoramento, observou-se que o avanço das ondas sobre o depósito de lama era evidente, visto que o mesmo não estava sendo repostado. Após a ação das ondas durante o ano de 2016 o bolsão de lama se deslocou sobre o pós-praia e as ondas passaram a atingir a costa novamente, passando sobre o mesmo. A partir disso a energia das ondas passou a ser mais atuante na praia subaérea, regenerando a mesma. A fotografia de 29 de outubro demonstra uma praia praticamente recuperada do depósito de lama, com praia arenosa e larga zona de surfe. No trecho coberto por imagens verticais, houve redução progressiva na área das dunas anômalas, situadas sobre o pós-praia, desde 1705 m² em maio de 2016, 1685 m² em junho, 654 m² em agosto e apenas 190 m² em setembro. As fotografias obtidas em datas posteriores ao ciclone de 27 de outubro mostram que as dunas vegetadas formadas no pós-praia desapareceram na maior parte da praia. Em 2017, as imagens demonstram uma praia arenosa dominada por ondas, condição comumente identificada, demonstrando um processo de resiliência no local.

Abstract:

Cassino beach, located in Rio Grande, RS, Brazil, has undergone fluid mud deposition in the last few years. The event under investigation started in April 2014 and lasted until the end of 2016. This study aimed at characterizing changes associated with the mud deposit, mainly the ones resulting from wave action, which enabled the beach to regenerate in 2016. Twelve aerophotogrammetric surveys were carried out by a DJI® Phantom 3 Professional drone between May 2016 and April 2018. The drone took off near the central part of Cassino beach to take oblique photographs and collect a broad view of the beach, besides taking vertical photographs in an area which stretched over a 368-m coastline segment. Their digitized lines were the front dune limit, the water line and embryonic dunes on the beach face after the mud deposit. Data measured by two directional waveriders were used for characterizing wave action between May and December 2016. The first images, collected in May 2016, showed that the beach was under the direct influence of the fluid mud deposit, which stretched over 7 km. In this period, emphasis should be given to the wide subaerial beach and the absence of any surf zone, with little embryonic dunes on the post-beach, near the beach face, considering the long period with no waves in the segment. In this study, they were considered anomalous dunes. From the beginning of the monitoring process, advance of waves on the mud deposit was clearly observed, since there was no restoring process. After the wave action, during the year 2016, the mud moved to the backshore and waves started to reach the coast, since they passed over the area where the mud concentrated, i. e., in the surf zone and beach face. Then, wave energy became more active and regenerated the subaerial beach. A photograph taken on October 29th, 2016 showed that the beach had almost recovered from the mud deposit, since

a sandy beach and a wide surf zone could be seen. In the stretch shown by vertical images, there was progressive decrease in the area of embryonic dunes on the backshore, i. e., from 1705 m² in May 2016 to 1685 m² in June 2016, 654 m² in August 2016 and only 190 m² in September 2016. In a photograph taken on October 27th, 2016 after a cyclone struck the area, embryonic dunes that had formed on the backshore disappeared from this segment and from most of the beach. In 2017, photographs showed a sandy beach dominated by waves, as usual; thus, a process of resilience could be identified on the site.

1. Introdução

O balneário Cassino, situado na planície costeira do Rio Grande do Sul, município do Rio Grande, é o mais antigo e principal destino turístico de praia da metade sul do Estado do Rio Grande do Sul, atraindo milhares de pessoas durante a temporada de verão para o turismo de sol e mar. A praia do Cassino é oceânica, arenosa e sujeita a ação da micromaré astronômica, inserida numa costa dominada por ondas. As características da praia defrontante ao balneário Cassino, por sua vez, diferem um pouco das demais praias oceânicas do Rio Grande do Sul, dada maior influência que a praia sofre da desembocadura da Lagoa dos Patos e dos molhes da barra do Rio Grande. Dentre estas estão o menor tamanho do grão do sedimento (PEREIRA *et al.*, 2010), se comparado as demais praias oceânicas do Estado.

Este segmento de praia vem sendo palco de eventos de deposição de lama na praia (MARTINS *et al.* 2003), que ocorrem durante a ação de eventos de alta energia de onda, que transportam grande quantidade de lama, que por sua vez estava na ante-praia, para a praia. Tais deposições geram atenuação de energia de onda (PORTO, 2016), mortandade de espécies animais (CALLIARI *et al.*, 2020) além de perdas financeiras para o turismo, lazer e pesca (OLIVEIRA, 2015). Tratam-se de impactos ambientais significativos, que alteram o ecossistema local. Segundo Colleoni (2016), costas lamosas estão espalhadas pelo Planeta inteiro, associadas sobretudo a foz de rios. A costa do Estado do Amapá, assim como das Guianas e Suriname são influenciadas pela lama que vaza da bacia do rio Amazonas. Por outro lado, a costa brasileira apresenta vários casos de deposição ocasional de lama, que podem ter origem ou influência antrópica. Deposições ocasionais de lama ocorreram em praias de Sepetiba, no Rio de Janeiro, em 1998, e recentemente, em 2018, em praias de Nova Viçosa, na Bahia. Há estudos sobre lama na praia também em Niterói, RJ (NETO e SILVA, 2001). Em todos estes casos, suspeita-se de ações humanas no processo.

A origem dos depósitos de lama da praia do Cassino é o estuário da Lagoa dos Patos, aonde se deposita o material lamoso. O deslocamento desse sedimento para a praia do Cassino, no entanto, até hoje não foi comprovado. Alguns autores relacionam a lama da praia à própria descarga do estuário, que remobilizariam os sedimentos finos do estuário em períodos de maior vazão, principalmente em condições de *El Niño* ENOS Oscilação Sul (MÖLLER e FERNANDES, 2010), quando há maior precipitação no sul do Brasil. Nesta hipótese, atuariam conjuntamente uma bacia hidrográfica com margens desmatadas e uma desembocadura mais afunilada e profunda, o que facilitaria um grande fluxo de sedimentos para o oceano adjacente, na forma de uma pluma estuarina. Posteriormente este material seria levado para a praia pelas ondas. Para outros, a origem são as atividades de dragagem do canal de acesso ao porto do Rio Grande, que vem sendo frequentemente dragado para possibilitar atividades portuárias (CALLIARI *et al.*, 2020). A lama da praia do Cassino, objeto em questão, seria constituída de rejeitos da própria atividade de dragagem, havendo duas hipóteses neste caso. Ou os rejeitos da lama durante a própria atividade seriam introduzidos ao fluxo de vazão ou os descartes das dragagens em sítios, localizados na ante-praia, a profundidades que variam de 13 a 20m, não permaneceriam no local. Em todas as situações as ondas deslocariam a lama para a praia do Cassino, depositando a mesma na praia em eventos de alta energia de onda.

O último evento de deposição de lama na praia do Cassino ocorreu em abril de 2014, mantendo-se em 2015, e perdurando de forma mais acentuada até meados de 2016. Porto (2016), identificou a variação da linha de costa dos molhes da Barra do Rio Grande aos destroços do navio Altayr, ao longo de 20 km de costa, entre 2006 e 2015, identificando uma área com rápido aumento na largura da praia, num dado segmento de cerca de 7 km de linha de costa, na porção defrontante ao balneário Cassino, decorrente do processo. O objetivo do presente trabalho é caracterizar a dinâmica da praia

associada a esse evento de deposição de lama ocorrido em 2014, de maneira quali-quantitativa, sobretudo as alterações na praia decorrentes da ação das ondas de alta energia, que agiram na remobilização do depósito e na regeneração da praia em 2016. O trabalho de monitoramento, utilizando uma Aeronave Remotamente Pilotada (drone), teve início no período onde a praia estava com o depósito de lama, até o momento em que este foi praticamente descaracterizado, com o retorno

para uma praia arenosa dominada por ondas em toda extensão da área de estudo.

2. Área de Estudo

A área de estudo, onde ocorreu o depósito de lama e foi realizado o trabalho com drone, localiza-se defrontante ao balneário Cassino, a sul da desembocadura da Lagoa dos Patos (Figura 1).

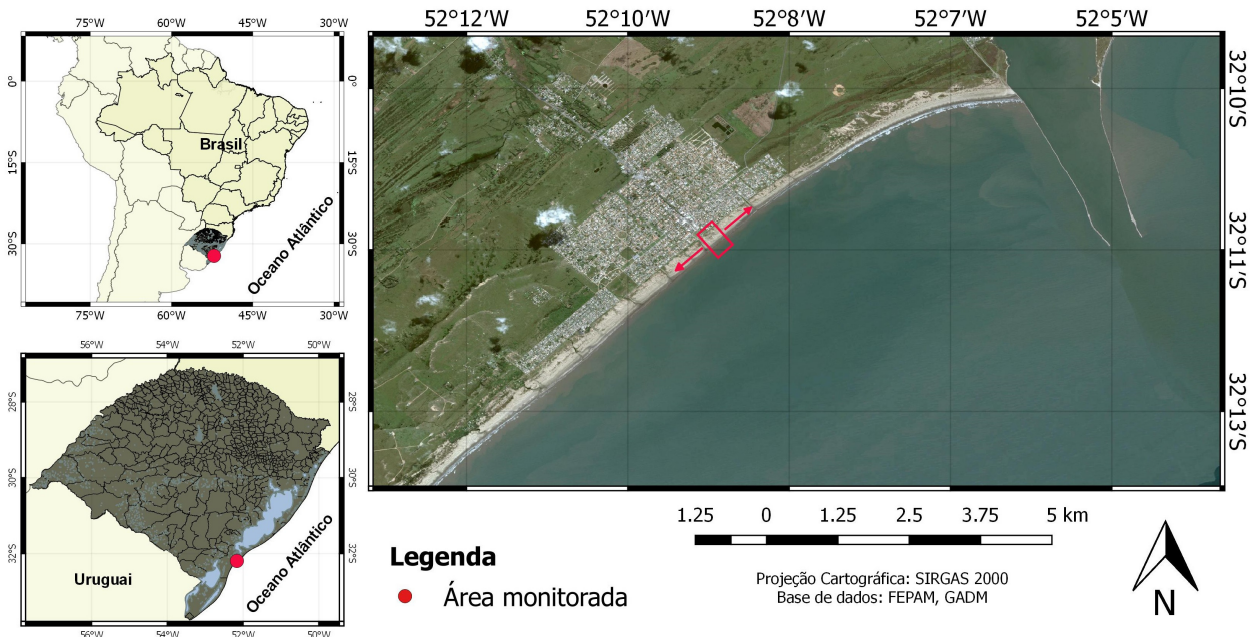


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, destacando em vermelho, o local de obtenção das fotografias aéreas verticais e o sentido das fotografias oblíquas obtidas pelo drone.

A formação geomorfológica da área de estudo inicia-se a milhões de anos com a formação do arcabouço geológico-geomorfológico regional, constituído pelo Escudo Uruguaio Sul Rio Grandense e a formação Bacia do Paraná. Estas estruturas formaram a base necessária para o desenvolvimento de sistemas deposicionais, também contribuindo com sedimentos. Estas estruturas rochosas foram a base para a sedimentação da bacia sedimentar de Pelotas. Durante o Cenozóico, especificamente no Quaternário, uma sequência de eventos transgressivos e regressivos do mar formaram um complexo sistema de barreiras-lagunas costeiras (VILLWOCK e TOMAZELLI, 1995). No último período glacial do Pleistoceno haviam dois grandes vales incisos no sistema Patos Mirim, um localizado no Taim, mais ao sul da planície costeira, e outro situado na atual desembocadura da Lagoa dos Patos (TOMAZELLI *et al.*, 2014). Atualmente cerca da

metade da rede de drenagem do Estado do Rio Grande do Sul converge para o oceano pela desembocadura da Lagoa dos Patos, através de um estuário dominado por ondas. As altimetrias da bacia hidrográfica a montante são maiores mais a norte (bacia do Paraná e Serras do Leste Catarinense) que ao sul e oeste (Escudo Uruguaio Sul Rio Grandense), podendo influenciar no direcionamento da rede de drenagem da desembocadura da Lagoa dos Patos para sul-sudeste.

Ressalta-se que a desembocadura da Lagoa dos Patos, de alguma forma tem influência na formação e dinâmica da praia do Cassino, estando a praia na adjacência sul de uma importante desembocadura. Segundo Möller e Fernandes (2010) a desembocadura da Lagoa dos Patos, classificada como laguna devido a presença de desembocadura, recebe o aporte de água doce dos rios que desembocam na própria Lagoa dos Patos e também

na Lagoa Mirim, representando um escoadouro natural de uma bacia hidrográfica com cerca de 200.000 km² para o oceano. Segundo esses mesmos autores, a combinação de altas descargas e ventos de NE, sobretudo durante anos de *El Niño*, quando há mais precipitação na bacia, acarreta em fortes vazantes que limitam o estuário à área do Canal do Norte, e a Lagoa dos Patos atuam quase como um rio. O fluxo de vazante pode persistir durante vários meses, já que o efeito principal de *El Niño* reside em estender o período de altos fluxos (normalmente entre julho-setembro) até o mês de dezembro. Em períodos de vazante, as águas de origem continental são rapidamente forçadas em direção à desembocadura do estuário (CALLIARI e FACHIN, 1993).

Algumas características relevantes da praia do Cassino têm influência antrópica mais direta. As alterações na dinâmica da desembocadura da Lagoa dos Patos, derivadas da ação humana, se iniciaram no século XIX, com a construção dos molhes da barra entre 1911 e 1915, visando estabilizar a desembocadura e propiciar a segurança para a entrada e saída de embarcações. Logo da construção dos molhes, que avançam mais de 4 km mar adentro, houve grandes alterações morfológicas, com áreas sendo aterradas e outras erodidas (HARTMANN e SCHETTINI, 1991). O delta submerso, situado na porção mais oceânica da desembocadura, foi substituído por um funil enrocado, no caso os molhes, estabilizando a desembocadura (GOULART e CALLIARI, 2011). Houve, com isso, o aumento imediato da curvatura da praia logo a sul dos molhes, onde se formou uma zona protegida da alta energia de ondas. No Molhe Oeste, a energia é menor e este pode ser inclusive utilizado para lazer (vagonetas). Ao norte, as variações morfológicas foram menores, agindo o Molhe Leste como um verdadeiro quebra mar. Também ocorre, desde a construção dos molhes, o aprofundamento do canal de acesso, através de diversas atividades de dragagem (OLIVEIRA, 2015). Historicamente, as dragagens portuárias foram paulatinamente remobilizando volumes cada vez maiores de sedimentos (OLIVEIRA, 2015; CALLIARI *et al.*, 2020), gerando um aumento relativo da calha do canal de acesso ao porto do Rio Grande e entre o próprio interior da laguna e o oceano adjacente. Segundo Calliari *et al.*, (2020), a partir dos anos 1970, os volumes dragados se intensificaram e passaram a ser depositados no oceano, havendo a partir disso, um aumento, também significativo, nos episódios de deposição de lama na praia do Cassino. Segundo Calliari

e Fachin (1993), a localização dos depósitos de lama fluida na praia coincide com o depocentro da pluma, provavelmente dada circulação de correntes influenciada pela própria desembocadura, molhes da barra e processos costeiros atuantes.

No início dos anos 2000 houve uma nova grande intervenção humana, com ampliação dos molhes e mudança de sua geometria e o aprofundamento do canal (via dragagem). Este fato diminuiu a energia de ondas dentro do canal de acesso. No Cassino a situação é ainda um pouco indefinida do que realmente é derivado desta ampliação e aprofundamento do calado do canal de acesso. No período posterior a estas obras de ampliação de acesso ao porto, pelo menos duas grandes deposições de lama ocorreram na porção defrontante ao balneário Cassino, sendo a última, iniciada em 2014, uma das maiores deposições de lama já registrada no local. O início deste processo deposicional ocorreu logo após uma dragagem do canal de acesso ao porto do Rio Grande. Neste período, foi dragado um volume de cerca de 1,8 milhão de metros cúbicos de sedimentos de acesso do porto em cerca de um mês (CALLIARI *et al.*, 2020). A figuras 2 e 3 ilustram momentos do referido evento deposicional.

A figura 2 mostra duas imagens orbitais da área de estudo, obtidas no software Google Earth Pro, demonstrando o evento deposicional numa visão em planta. A figura 2a mostra a deposição da lama na praia do Cassino em 2014 (Figura 2a), início do processo, enquanto que a Figura 2b identifica que o trecho de praia mais ao norte sofreu incremento em 2015, provavelmente com um deslocamento do depósito já existente da ante-praia para a praia subaérea. Em ambas imagens orbitais destaca-se a atenuação de energia de onda no local, tanto em 2014 quanto em 2015. No período de 2015 e 2016 houve um El Niño muito forte (FERREIRA *et al.*, 2017), tendo aumentado a vazão estuarina quando o depósito de lama já estava depositado na praia do Cassino, fato que ocorreu em abril de 2014. Com o depósito, houve atenuação de energia de onda na praia, mesmo durante eventos de alta energia de onda, até meados de 2016.

Já na figura 3, fotografias obtidas *in loco*, a partir da orla da praia, são utilizadas para identificar três momentos distintos do depósito de lama, desde sua chegada na praia, com aspecto mais fluído, passando pelo processo de consolidação e, por fim, a formação do que foi chamado de dunas vegetadas anômalas, já que não tem as mesmas características das dunas embrionárias comumente encontradas na primavera e verão no local.

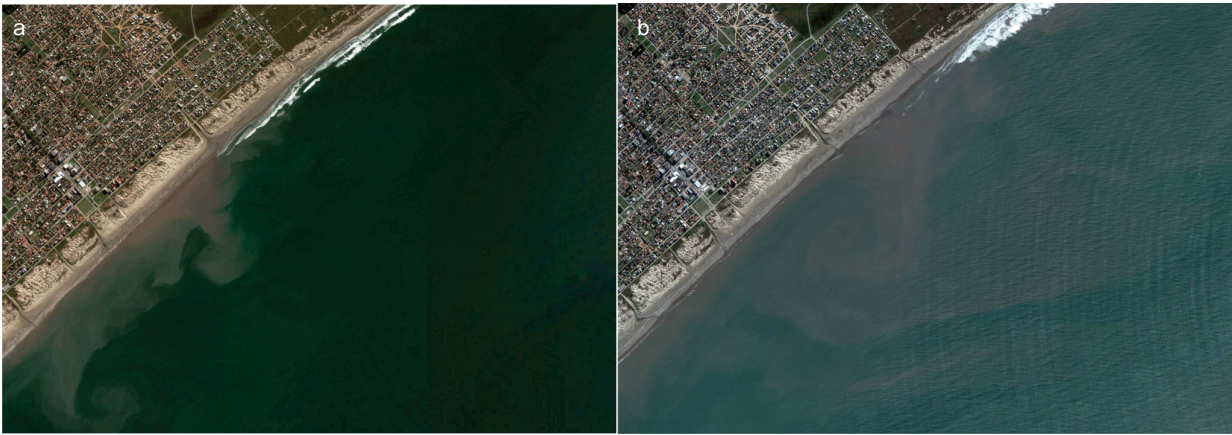


Figura 2 - Imagens orbitais da área de estudo mostrando: a) Deposição de lama na praia em 28-5- 2014. b) Manutenção do depósito em 18/06/2015, bem como um deslocamento do mesmo no limite norte. Fonte: Google Earth PRO.

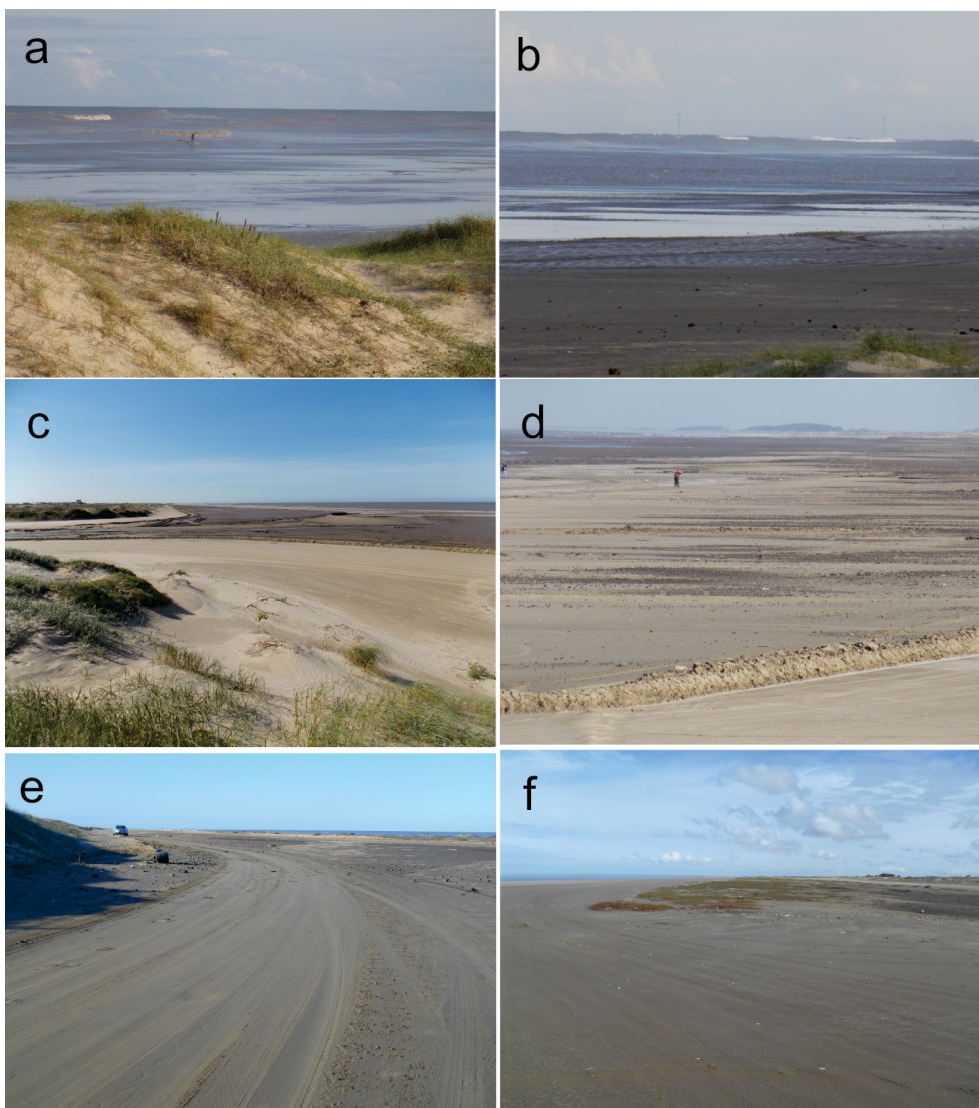


Figura 3 - Fotos de campo da área de estudo no período anterior ao monitoramento realizado com drone, visando caracterizar a deposição de lama na praia. a) Deposição de lama com aspecto fluido, marcando o início do processo em 16/4/2014, segmento norte; b) Fotos a partir do segmento norte em direção ao centro do bolsão de lama, identificando a atenuação das ondas em 16/4/2014; c) Depósito estabelecido no pós-praia e face da praia em 13/7/2014, segmento norte; d) Depósito estabelecido no pós-praia e face da praia em 13/7/2014, segmentos central e sul; e) Formação de dunas vegetadas mais próximo a linha d'água no segmento centro-norte, chamadas anômalas, em 18/6/2015; f) Formação de dunas vegetadas mais próximo a linha d'água no segmento sul, em 19/7/2015. Fotos: Ulisses Rocha de Oliveira.

As Figuras 3a, 3b mostram que em abril de 2014, um evento de alta energia de onda deslocou grandes volumes de lama da antepraia em direção a praia subaérea. Estas fotos mostram o momento em que o depósito atinge a costa, isto é, um novo depósito de lama atinge a praia do Cassino. As figuras 3c e 3d mostram o depósito já consolidado na praia, com a lama já num estado mais consolidado que no primeiro momento. Estas identificam que a praia sofreu um significativo impacto ambiental. Já as figuras 3e e 3f mostram a posterior formação de dunas numa posição nunca vistas na história recente da praia. A formação e o recobrimento por cobertura vegetal destas só foi possível devido ao próprio depósito de lama, e sobretudo pela persistência na atenuação de energia de onda na praia subaérea, ocasionada pelo bloqueio das ondas pela lama na porção subaquosa. Segundo Colleoni (2016), foi realizado um mapeamento do bolsão de lama da praia do Cassino em fevereiro de 2016, quando o depósito estava bem consolidado na costa. Os resultados indicaram que o mesmo tinha sentido NE-SW, ocorrendo até uma profundidade de 9 m, apresentando três áreas de maiores acúmulos de lama. Esta situação configura o momento inicial do trabalho de monitoramento da praia com drone.

Materiais e Métodos

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados obtidos a partir de uma Aeronave Remotamente Pilotada (drone) DJI® Phantom 3 Professional, que coletou fotografias aéreas verticais e oblíquas em campo. Foram realizados 12 levantamentos aerofotogramétricos entre junho de 2016 e novembro de 2017, especificamente nas seguintes datas: 10/5/2016, 19/5/2016, 2/6/2016, 3/8/2016, 23/8/2016, 22/9/2016, 29/10/2016, 28/6/2017, 14/7/2017, 14/8/2017, 10/11/2017 e 19/4/2018. Os voos foram realizados a partir de pilotagem do equipamento, buscando-se ângulo solar favorável. O local de onde partiram os levantamentos com a Aeronave Remotamente Pilotada (drone) foi um segmento próximo a porção central do balneário Cassino, cerca de 200 metros ao norte da Avenida Rio Grande, junto a passarela sobre as dunas, e a aproximadamente 6 km dos molhes da barra. Estes partiram da faixa de praia, com intuito de obterem-se fotografias verticais e fotografias oblíquas ou inclinadas (Figura 1).

As fotografias aéreas oblíquas (ou inclinadas) foram obtidas a cada campo, com ângulo de visada para nordeste e para sudoeste (Figura 1), mantendo a linha de costa no centro, fotografando a ante-praia, a praia e as dunas frontais, tendo uma visão mais ampla da praia. A análise desta série de fotografias com mesma visada tem mais cunho qualitativo e interpretativo. Já as fotografias aéreas verticais cobriram um pequeno segmento de 368 m de linha de costa (Figura 1). As fotografias verticais foram georreferenciadas gerando um erro médio quadrático (RMS) inferior a 1 pixel (0,08 m). As linhas de costa digitalizadas foram o limite praia duna frontal ou limite superior da praia, a linha d'água ou limite inferior da praia e pequenas dunas com vegetação localizadas próximas da face da praia nas primeiras fotografias adquiridas em 2016. O objetivo disso foi mensurar o comportamento das diferentes morfologias frente aos processos atuantes no período, caracterizando uma dinâmica de praia incomum para os padrões regionais.

Entre maio a dezembro de 2016, onde se caracterizou as principais variações morfológicas da praia, dados de onda, medidos por dois ondógrafos direcionais, um situado em águas mais rasas, próximo à área de estudo, e outro numa área mais afastada da costa, foram analisados. O equipamento situado em águas mais rasas (~15m de profundidade) é do Projeto Rede Ondas, denominado Boia Praia do Cassino, dada sua localização, estando a cerca de 10 km da costa na altura do balneário Cassino (30°20'23"S, 51°53'53"W). Os dados deste equipamento estão disponíveis em www.redeondas.com.br provendo informações de altura significativa de onda, período de onda e direção de onda. Os dados de altura máxima e ondulações secundárias não foram disponibilizados no site. Foram analisados dados deste ondógrafo entre maio e dezembro de 2016. Infelizmente o referido ondógrafo sofreu avarias no final de 2016. O segundo equipamento que forneceu dados foi do Programa PNBOIA. Este se situa a 100 km da costa na altura de Mostardas (31°31'S, 49°48'W), próximo da quebra da plataforma continental, sendo chamado de Boia Rio Grande. Estes dados estão disponíveis em www.mar.mil.br. Para este trabalho foram analisados principalmente os dados de altura significativa e altura máxima do ondógrafo situado em águas mais profundas, estendendo o período de análise em relação ao outro ondógrafo.

4. Resultados e Discussão

4.1 Análise qualitativa utilizando fotografias aéreas oblíquas de drone

A figura 4 mostra as primeiras fotografias adquiridas pelo drone, em 10 e 19 de maio de 2016. Neste período há uma praia sob influência direta dos

depósitos de lama, dois anos após o referido depósito sair na praia e ainda permanecer no local (Figuras 2 e 3). A figura 4 mostra também os limites dessa zona de deposição e de atenuação de energia, e as alterações morfológicas decorrentes da deposição de lama na ante-praia (porção marinha rasa) e pós-praia (praia emersa).

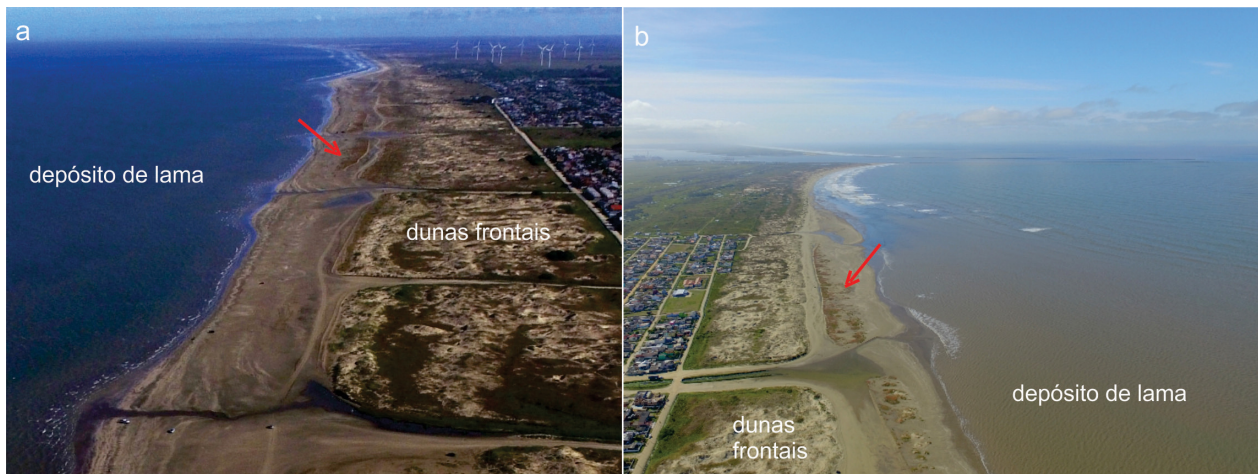


Figura 4 - Fotografias aéreas oblíquas de drone do segmento sul do depósito de lama em 10/5/2016 (a) e o segmento norte do depósito em 19/5/2016 (b), identificando com uma seta a formação de dunas vegetadas numa posição anômala. Fotos: Ulisses Rocha de Oliveira e Rodrigo Simões.

Este depósito de lama teve uma extensão de cerca de 7 km, casualmente coincidiu com a orla urbana do balneário Cassino, mas não tendo nenhuma relação com esta, apenas uma coincidência mesmo. No momento da captação destas cenas (Figura 4), o depósito de lama está recoberto por sedimentos arenosos, mas mantendo sua estrutura de deposição no segmento. Como resultado, na praia, estão o próprio depósito de lama na praia subaérea e subaquosa; a ausência de zona de surfe; uma largura subaérea maior da praia que nas adjacências; dunas com vegetação sobre o pós-praia, próximas da face da praia, numa posição anômala em relação as dunas frontais da região. A figura 4 também mostra que há ação da energia de ondas nos flancos do depósito, tanto a sul (Figura 4a) quanto a norte (Figura 4b). Em maio de 2016 (Figura 4b), por exemplo, na porção da praia mais próxima aos molhes da Barra do Rio Grande, norte da área de estudo, havia significativa energia de onda na praia, pois no segmento mais próximo aos molhes não houve presença destes depósitos de lama. Ao sul desse trecho de 7 km, também não houve registro de lama, e a praia se manteve arenosa dominada pela ação das ondas.

Em relação aos depósitos eólicos cobertos por vegetação, situados próximos a linha d'água, estes podem ser considerados anômalos pois só ocorreram devido ao longo período sem ondas no segmento, mesmo sob eventos de alta energia conforme descrito por Porto (2016). A deposição de lama e a atenuação de energia na praia e ante-praia geraram uma projeção da costa, tanto do limite da linha d'água quanto das dunas. Dunas muito próximas a linha d'água, atestam alteração no espraiamento das ondas no período anterior, que possibilitou sua formação. Ações de remoção de sedimentos realizada pela Prefeitura Municipal podem ter tido alguma influência. Esse período de atenuação de energia se estendeu entre o início da deposição de lama, mesmo antes dos mesmos chegarem a praia, em meados de janeiro de 2014, e o inverno de 2016. Neste período houve relativa estabilidade da linha d'água, sendo esta apenas influenciada pela ação da maré, que é relativamente pequena (regime de micro maré com influência meteorológica). Estas pequenas dunas junto a linha d'água nunca haviam sido vistas no local, sendo ocasionadas pela deposição de lama e pela persistência da baixa energia de onda por cerca de 2 anos.

Já as figuras 5 e 6 objetivam identificar o processo de deslocamento do bolsão de lama em direção a praia emersa, ou sua descaracterização, e o retorno da energia de ondas à praia no segmento de 7 km de costa.

A figura 5 mostra a mesma série de fotografias aéreas oblíquas, com visada para nordeste da praia. As Figuras 5a e 5b mostram a situação inicialmente caracterizada pelo drone. Na figura 5b, conforme já mencionado, mostra incidência de ondas ao norte da zona de atenuação de energia (bolsão de lama), com os trens de onda dissipando sobre o bolsão de lama no oceano adjacente a praia. A figura 2b também identifica o processo antes do início do monitoramento. Já as figuras 5c e 5d, obtidas em 3 e 23 de agosto de 2016, identificam um segmento de lama aflorante, na face da praia e zona de surfe. Provavelmente este depósito que estava gerando o bloqueio das ondas antes de atin-

girem a zona de surfe. Na imagem de 22 de setembro (Figura 5e) as ondas passam a atingir a praia subaérea. Este cenário já demonstra uma praia parcialmente recuperada dos depósitos de lama. A fotografia de 29 de outubro (figura 5f), mostra a praia ainda sob ação de um evento extremo de alta energia de onda, que será descrito no item 3.4. As fotografias aéreas oblíquas obtidas em 2017 (Figuras 5g, 5h), mostram uma praia praticamente recuperada. Isto fica evidente em agosto de 2017 quando as fotografias foram capturadas num dia de forte ondulação. Observa-se nesta que a praia tem maior largura da zona de surfe em relação à faixa de praia, o que é de se esperar numa praia dominada por ondas, com estágio dissipativo, característico da praia do Cassino (TOZZI, 1999). Já em novembro de 2017 observa-se outra característica importante, a ação eólica sobre os depósitos da praia subaérea e dunas frontais, remetendo a influência dos ventos locais.

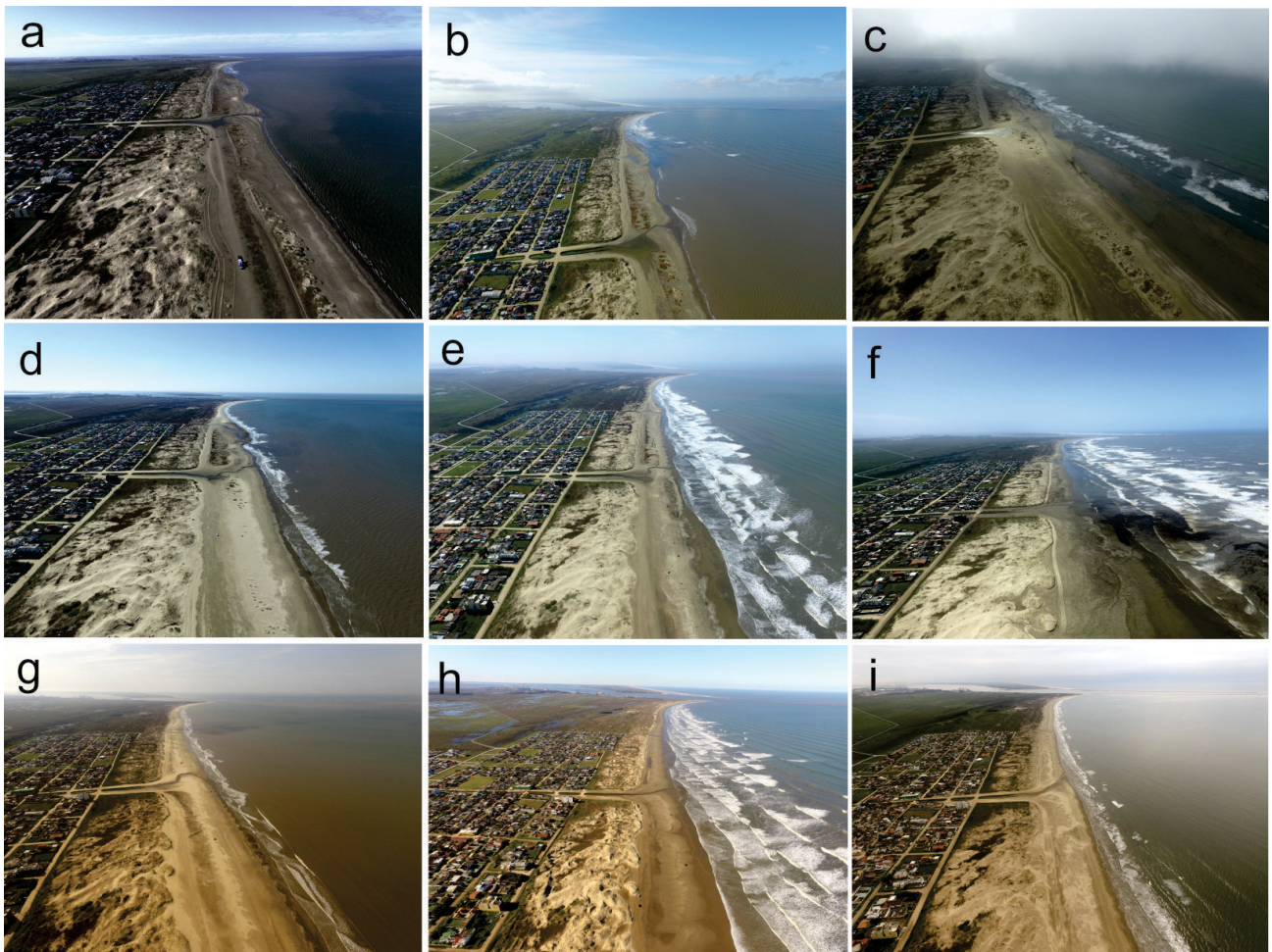


Figura 5 - Fotografias oblíquas a partir do local de voo com visada para norte em: (a) 10/5/2016, (b) 19/5/2016, (c) 3/8/2016, (d) 23/8/2016, (e) 22/9/2016, (f) 29/10/2016, (g) 14/7/2017, (h) 14/8/2017 e (i) 10/11/2017. Fotos: Ulisses Rocha de Oliveira e Rodrigo Simões.

A figura 6 mostra a mesma série de datas onde se obtiveram as fotografias aéreas, mas com visada para sudoeste da praia. A figura 6c, de 3 de agosto de 2016, mostra o flanco sul do depósito de lama com mais detalhe. Nas imagens que seguem a praia apresenta cada vez menos a influência da deposição de lama fluída em sua geometria, sobretudo nas imagens obtidas em 2017. No entanto, mesmo com a praia recuperada, esta deposição deixou ainda algumas marcas nos aspectos morfossedimentares da praia subaquosa no segmento

central e sul da área. Observa-se na fotografia aérea oblíqua de 14 de agosto de 2017 uma maior zona de surfe na porção onde antes havia a deposição de lama, no segmento defrontante ao balneário Cassino (Figura 6e, 6f, 6h). Já ao sul do balneário Cassino, predominam bancos e cavas longitudinais, como é típico desta praia, com menor largura na zona de surfe. Isto mostra que, embora regenerada em sua maior parte, em 2017 ainda permaneceram algumas características da deposição de lama na zona de surfe.

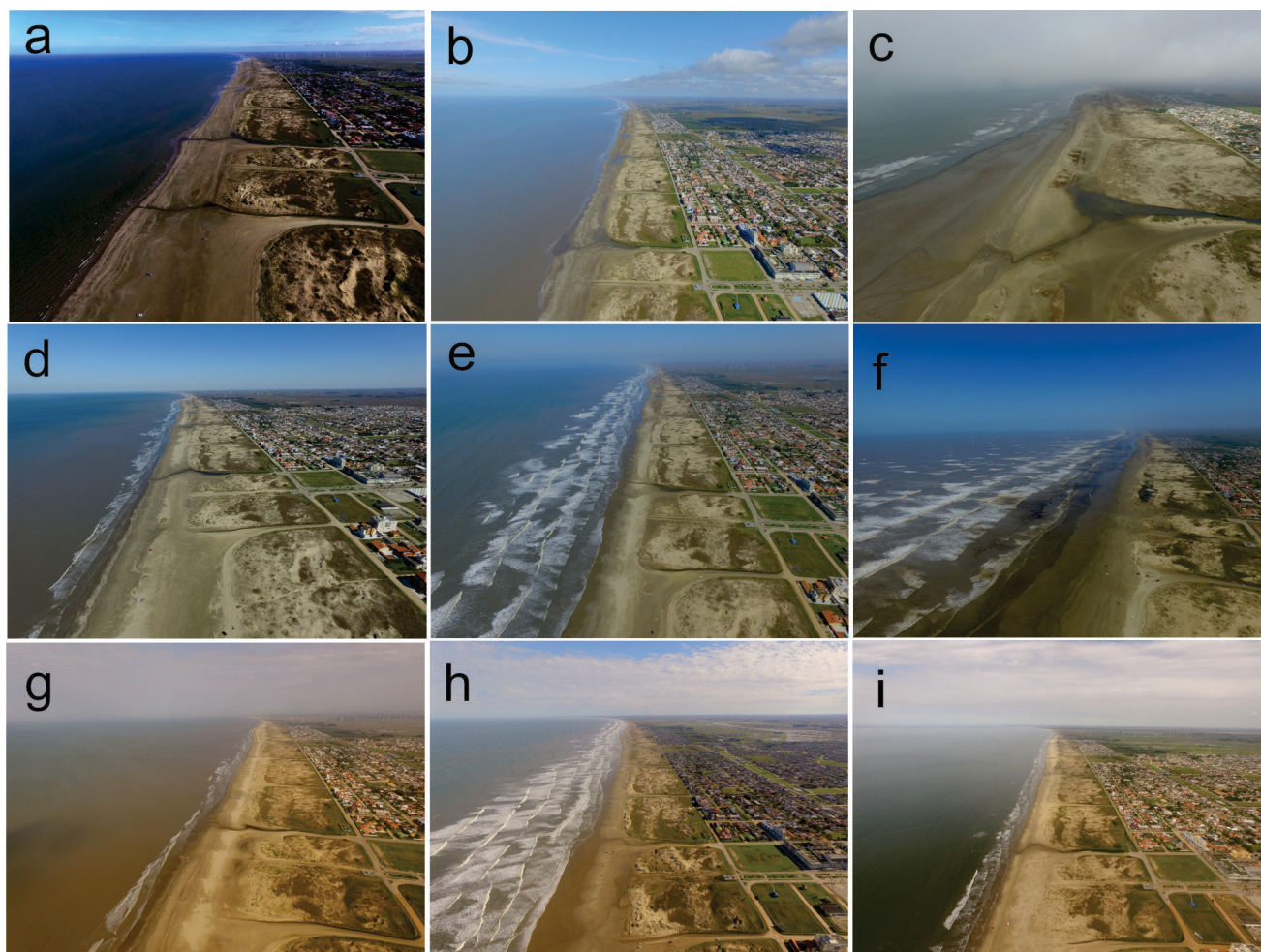


Figura 6 - Fotografias oblíquas a partir do local de voo com visada para sul em: (a) 10/5/2016, (b) 19/5/2016, (c) 3/8/2016, (d) 23/8/2016, (e) 22/9/2016, (f) 29/10/2016, (g) 14/7/2017, (h) 14/8/2017 e (i) 10/11/2017. Fotos: Ulisses Rocha de Oliveira e Rodrigo Simões.

4.2 Análise quantitativa usando fotografias aéreas verticais de drone

As fotografias aéreas verticais foram obtidas em um pequeno segmento da praia do Cassino, segmento de 368 m, junto à única passarela sobre as dunas no local, local escolhido para auxiliar no georreferenciamento das fotografias. Estas possibilitaram analisar a variação dos

limites superior e inferior da praia subaérea (Figura 7) e também a supressão das dunas chamadas anômalas, formadas no período de atenuação de energia anterior (Figura 8). O objetivo foi identificar a variação dos principais indicadores da dinâmica da praia neste pequeno segmento, no período analisado.

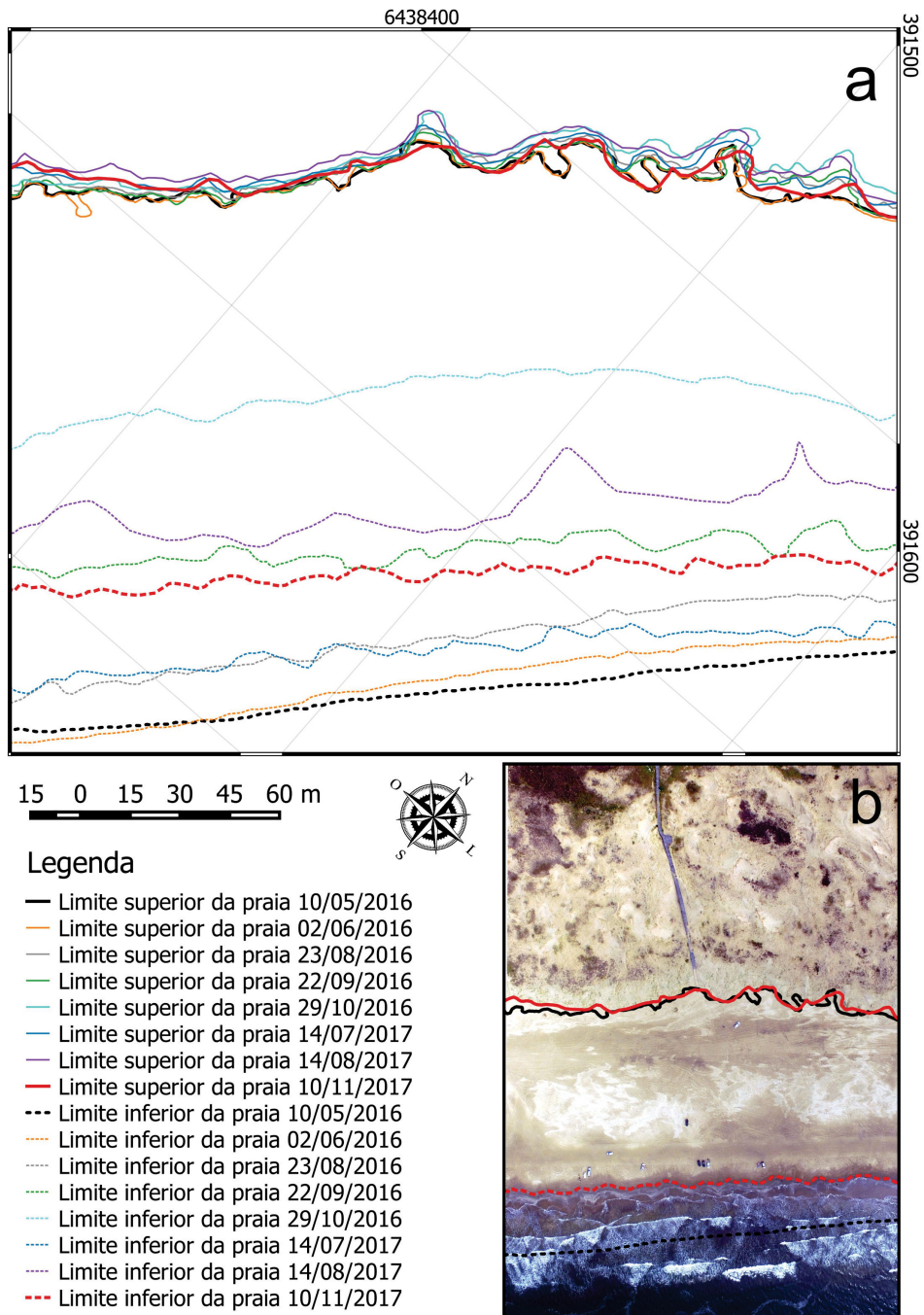


Figura 7 - (a) Variação do limite superior e inferior da praia na altura da passarela sobre as dunas entre maio de 2016 e novembro de 2017 utilizando imagens de drone e (b) linhas de costa de 10/5/2016 e 10/11/2017 sobre esta última fotografia aérea. Elaboração: Rodrigo Simões. Fotos: Ulisses Rocha de Oliveira e Rodrigo Simões.

A figura 7 mostra as linhas de costa (limite superior e inferior da praia) no período analisado. Percebe-se que o limite superior teve pouca variação no período, mantendo-se estável até o período de outubro de 2016. A área de dunas frontais perdida decorrente do recuo do limite superior da praia em outubro de 2016 foi de cerca de 1500 m², com retração da costa de cerca de 4m. Houve recuperação parcial desse valor em 2017 devido a novas deposições de sedimento.

No limite inferior da praia emersa, a variação das linhas vetorizadas foi maior. Este segmento é mais influenciado por variações da maré e ondas que o limite superior, estando mais sensível a ação de ondas e marés. No entanto, destaca-se que nas primeiras fotografias analisadas, em 10-5-2016 e 2-6-2016, quando havia completa atenuação de energia de onda, esta linha teve pouca movimentação. Nas demais fotografias de 2016 e 2017, mesmo com o nível d'água recuado em alguns

momentos, a linha do limite inferior da praia oscilou mais, mas em nenhum momento atingiu a mesma posição destas primeiras fotografias, onde a linha d'água (limite inferior da praia subaérea) estava mais projetada por conta do depósito de lama e da atenuação de energia de onda no local. Esta diferença provavelmente deu-se pelo retorno da zona de surfe a praia ao longo do monitoramento, que gerou maior variação na posição da linha d'água dado o espriamento das ondas.

Outro aspecto derivado do período de deposição de lama e atenuação de energia de ondas no local foi a formação de dunas próximas da face da praia, chamadas neste trabalho de dunas anômalas. Estas se formaram no trecho atenuado em aproximadamente 7 km de costa numa posição muito próxima da linha d'água, sobre o pós-praia. Nas primeiras fotografias verticais obtidas pelo drone estas dunas estão ainda bem desenvolvidas, sendo no decorrer do monitoramento erodidas (Figura 8).

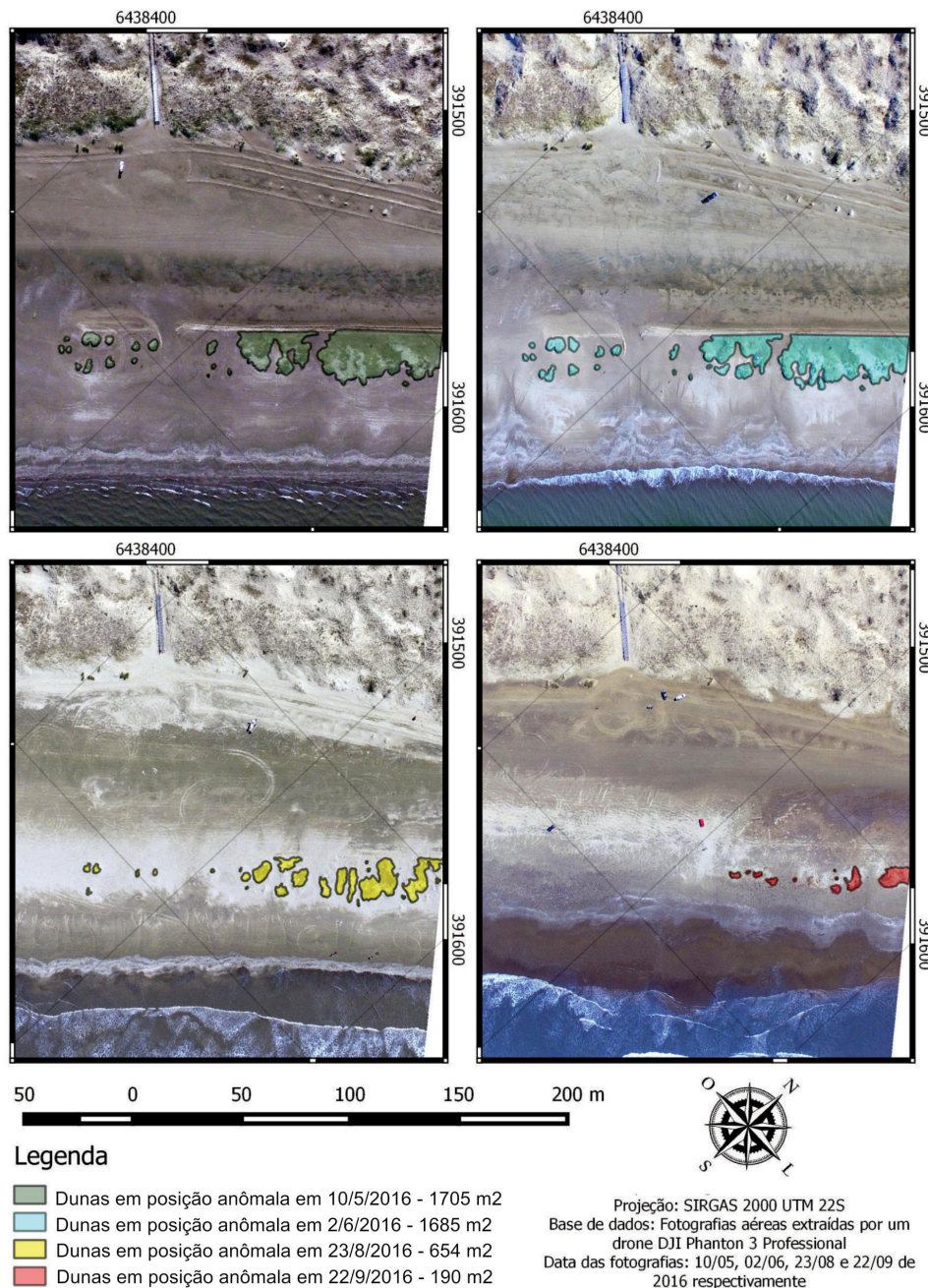


Figura 8 - Fotografias aéreas de drone na porção da orla junto a passarela sobre as dunas, destacando dunas com vegetação em posição anômala em maio, junho, agosto e setembro de 2016. Elaboração: Rodrigo Simões. Fotos: Ulisses Rocha de Oliveira e Rodrigo Simões.

A figura 8 mostra que houve uma diminuição progressiva dessas dunas, passando as mesmas no segmento analisado de 1705 m² em maio de 2016, para 1685 m² em junho, 654 m² em agosto e apenas 190 m² em setembro. Na fotografia obtida em outubro de 2016, quando a posição da linha d'água já atinge uma posição mais próxima do limite superior da praia, as dunas anômalas foram suprimidas deste segmento e também na maior parte da praia onde ocorriam.

4.3 Condições de alta energia de onda na costa e a resiliência da praia

Durante o monitoramento, percebeu-se que as ondas foram o principal responsável pelo transporte

da lama fluída para a praia, tanto durante a deposição inicial em abril de 2014, quando as ondas transportaram material instável da ante-praia e zona de surfe para a praia subaérea, quanto em 2016, quando o depósito já não estava sendo retroalimentado e as ondas se encarregaram de sua remobilização. Neste segundo momento se enquadrou o presente monitoramento com drone. Isso ocorre porque esta área de estudo, sujeita a micromaré, é dominada pela ação das ondas. Para caracterizar isto, além da análise das imagens de drone e observações praticamente diárias da praia, foram analisados dados de dois ondógrafos direcionais. A figura 9 mostra dados do ondógrafo do Rede Ondas, situado cerca de 10 km da costa na altura da área de estudo, numa área com cerca de 15 m de profundidade.

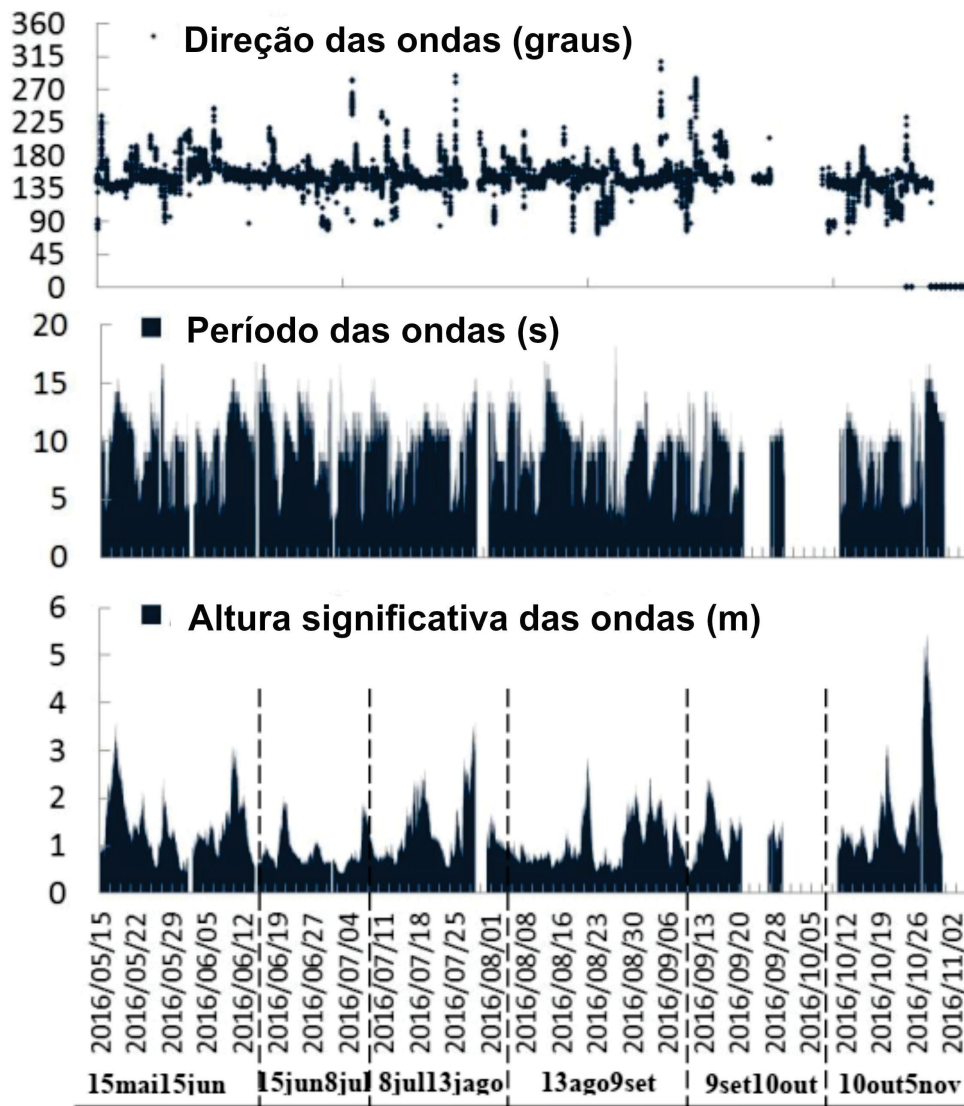


Figura 9 - Direção, período e altura significativa das ondas entre maio e novembro de 2016 medidos pelo ondógrafo do Projeto Rede Ondas. Fonte: Simões (2018).

No outono-inverno-primavera de 2016, após o início do monitoramento com drone, fato ocorrido no início de maio de 2016, foram identificados pelo menos seis eventos de alta energia de onda na costa do Rio Grande do Sul ($H_s > 3\text{m}$), sendo pelo menos 1 considerado como evento extremo ($H_s > 5\text{m}$) (Figura 9). Estes eventos têm relevância no deslocamento da lama da ante-praia para o pós-praia. Isto ocorre pois são as maiores ondas, com maior energia, que conseguem remobilizar mais o leito marinho raso. Descreveu-se abaixo as condições de alta energia de onda na área de estudo, considerando eventos com altura de onda (H_s) superior a 3 m medidas pelo ondógrafo situado em águas mais rasas (Rede Ondas) e superiores a 4 m no ondógrafo de águas mais profundas (PNBOIA), o que geralmente ocorre associado a mares com período de pico superior a 10 s. Buscou-se relacionar estes dados com as características já demonstradas pelas imagens de drone, auxiliadas por fotografias obtidas em campo (Figura 10).

No início do outono de 2016, alguns eventos de moderada a alta energia atingiram a costa, destacando-se os eventos de 26 e 27 de março e 27 e 28 de abril. No período em que foi analisada a ação das ondas, de maio e dezembro de 2016, o primeiro evento de alta energia ocorreu entre 16 a 19 de maio, tendo maior energia na costa entre 17 e 18 de maio ($> 5\text{m}$ de altura significativa de onda pela Boia do PNBOIA durante cerca de 60 h; $> 3\text{m}$ de altura significativa de onda pela Boia do Rede Ondas durante cerca de 12 h). O período de pico medido pelo PNBOIA oscilou entre 10 e 12 s enquanto na boia do Rede Ondas o período de pico foi entre 13 e 15 s. Neste dia as ondas atingiram mais de 4 metros segundo dados do PNBOIA, a cerca de 100 km da costa. Já a 10 km da costa, a altura significativa medida foi um pouco mais de 2 m, sendo que no dia anterior ultrapassou os 3 m segundo a boia do Rede Ondas, caracterizando um evento de alta energia, sendo que as imagens (figuras 3b, 4b, 5b) obtidas pelo drone em 19 de maio de 2016, um dia após o ápice desta ondulação identificaram a atenuação de energia de onda na praia durante esse evento. Mesmo com alta energia de onda ao largo, a porção defrontante ao balneário não apresentava ondas junto à linha de costa. A figura 10a mostra o trecho sul da área de deposição em 4 de julho de 2016, ainda com presença das dunas anômalas e do depósito de lama.

Entre 9 e 12 de junho o segundo grande evento dentro da janela de monitoramento atingiu a costa do Rio Grande do Sul, tendo maior energia na costa na

madrugada entre 10 e 11 de junho, com altura significativa maior que 5m segundo a boia do PNBOIA durante cerca de 30 h; e altura significativa superior a 3 m durante cerca de 3 h segundo o Rede Ondas (Figura 9), o que voltou a acontecer por volta do meio dia do dia seguinte, mantendo mar alto entre estes picos de onda. O período de pico medido pelo PNBOIA foi em torno de 12 s enquanto no Rede Ondas foi entre 13 e 15 s.

Um terceiro evento de alta energia de onda que merece destaque ocorreu na última semana de julho de 2016, entre 26 e 29 de julho, sendo este um dos mais relevantes para este processo de regeneração da praia. No ondógrafo do PNBOIA as ondas ultrapassaram 4 m por cerca de 50 horas. Já na Boia do Rede Ondas, a altura significativa superou 3 m durante mais de 24 h. No dia 30 de julho esta boia parou de transmitir informação (Figura 9), retornando dias depois. Este evento de alta energia possibilitou, pela primeira vez em mais de dois anos, o retorno da quebra de ondas ao longo de praticamente toda a orla do balneário Cassino, confinando boa parte do depósito de lama na zona de surfe, face da praia e pós-praia (Figura 10b). As figuras 5c e 6c, obtidas pelo drone, demonstram esse retorno das ondas nos segmentos norte e sul da área de deposição. Provavelmente, o depósito que estava bloqueando a energia de onda na praia se rompeu com o evento de alta energia ocorrido no final de julho de 2016, visto que quando este fora deslocado, pelo menos em parte, para a praia emersa, a energia de onda voltou ao sistema praiial. Após este evento, a ação das ondas foi mais efetiva, pois com o retorno da zona de surfe, o depósito de lama da zona de surfe, face da praia e pós-praia pode ser então remobilizado pelas ondas que estavam sofrendo bloqueio (Figuras 10c, 10d, 10e).

No dia 20 de outubro, outro evento de alta energia atingiu a costa. O referido ultrapassou 3m de altura na boia do Rede Ondas durante cerca de 4 h e foi relevante, pois a praia já assumia condições de domínio das ondas no perfil praiial, as quais iam remobilizando e/ou erodindo os depósitos de lama. Logo após ocorreu o maior evento de alta energia de onda no período analisado, entre 27 e 29 de outubro de 2016, sendo o quinto evento de alta energia da temporada de monitoramento. Os dados do ondógrafo do PNBOIA (Boia Rio Grande) situado em águas mais profundas, a 100 km da costa na altura do balneário Mostardense, mostram que a altura significativa ficou acima de 6 m durante cerca de 48 h. No auge do evento, na madrugada do dia 28 de outubro, a altura significativa chegou a 9,5 m. As ondas

tiveram altura máxima de cerca de 10 m durante 72 h, chegando a 14,8 m de altura. No ondógrafo do Rede Ondas (Boia Praia do Cassino), a altura significativa das ondas chegou a 5,1 m. Este equipamento registrou altura significativa superior a 3 m durante cerca de 48 h. O período de pico característico desta ondulação foi de 15 s, permanecendo alto por mais de 72 horas a partir da entrada das grandes ondas. Segundo Oliveira et al.

(2019), este provavelmente foi o mais intenso evento de alta energia de ondas dos últimos 40 anos na costa central e sul do Rio Grande do Sul. No local impactado pela deposição de lama houve ação de energia de onda, que atingiu a praia emersa, erodindo grande parte das pequenas dunas anômalas ainda presentes (Figuras 5f, 6f). Ao norte da área de estudo, as bases das dunas frontais também foram erodidas (Figura 10f).

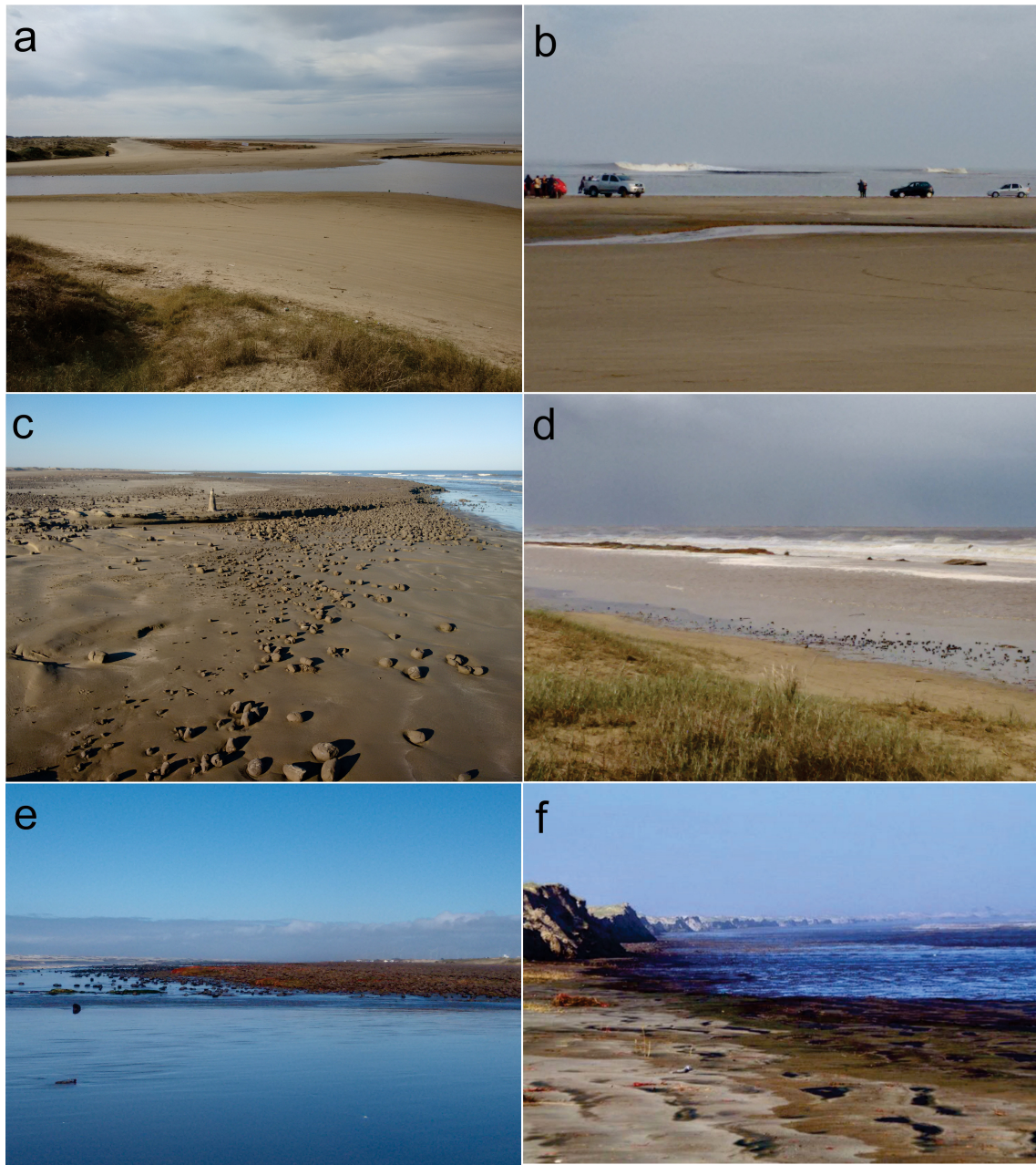


Figura 10 - a) Banco de lama e dunas anômalas no sul da área de estudo em 4/7/2016; b) Quebra de ondas retorna à porção central do bolsão de lama, tendo ainda o mesmo em sua frente, em 31/7/2016; c) Erosão do depósito de lama na praia subaérea ao norte da área em 23/8/2016; d) Ondas atingindo e erodindo as dunas anômalas em 14/9/2016; e) Erosão do depósito de lama na praia subaérea no centro da área de estudo em 25/9/2016; f) Erosão generalizada da praia ao norte da área de estudo, mais próximo aos molhes da barra, em 28/10/2016. Fotos: Ulisses Rocha de Oliveira (a, b, c, d, e). Eduardo Seta Caminha (f).

Posteriormente a este, a praia arenosa se regenerou ainda mais dos depósitos de lama. Ações de manejo na temporada de veraneio, como abertura de drenagens e valetas para separar áreas de pedestres em relação a vias para circulação de veículos automotores e a limpeza dos depósitos de lama ainda encontrados, contribuíram no processo. O sexto evento de alta energia de onda desde o início do trabalho foi registrado pela boia do PNBOIA em 10 de dezembro de 2017, com altura superior a 4 m durante 4 h. O ondógrafo do Rede Ondas não estava fornecendo dados no período. Esta sequência de eventos de alta energia de onda, possivelmente ocorreu dada a diminuição do estado de El Niño muito forte. No verão 2016-2017 os dados do PNBOIA em águas mais profundas não atestaram eventos de alta energia de onda, com menor agitação marinha se comparada ao outono-inverno-primavera de 2016. Por sua vez, nesse período se intensificavam as ações da Prefeitura Municipal de limpeza e organização da praia para a temporada de veraneio, fatos que, juntamente com a dinâmica marinha e eólica e a própria ação humana, sobretudo no auge da temporada, onde milhares de carros transitam sobre a faixa de praia, tiveram influência no contexto.

A figura 11 é uma tentativa de síntese, buscando a compreensão do processo de resiliência ocorrido na praia do Cassino em 2016. O processo de transporte da lama é complexo e em grande parte ocorre na parte subaquosa. Pereira (2010) realizou, com base no

monitoramento com câmeras de vídeo, considerações sobre o transporte da lama transversal em evento deposicional anterior na área de estudo. Segundo o mesmo, eventos de alta energia de onda transportam o material em direção a praia emersa, conforme descrito neste trabalho, enquanto que, no decaimento da energia de onda, o material é transportado em direção ao mar, havendo diluição do depósito. Observações de campo e das fotografias aéreas também mostram gradiente na energia de ondas nas laterais do depósito. Estas provavelmente dificultam a migração lateral do depósito, tendo mantido o mesmo num dado segmento de costa antes e mesmo durante sua diluição. Estudos adicionais, utilizando dados coletados na porção subaquosa, aliado a dados de ondas e correntes, podem auxiliar na melhor compreensão desse transporte sedimentar.

Em 2017 a praia do Cassino retomou suas características comumente encontradas, tais como a presença de bancos e cavas e a quebra de ondas na zona de surfe ao longo de toda costa (Figura 11). Na porção subaérea da praia já passou a ser dominada pela fração arenosa, não tendo anomalias na sua geometria. Isto ocorreu devido principalmente as condições de alta energia de onda na costa, descritas acima, que removeram os depósitos de lama e promoveram a resiliência da área, que se consolidou antes da temporada de veraneio 2016-2017, mantendo-se no ano seguinte.

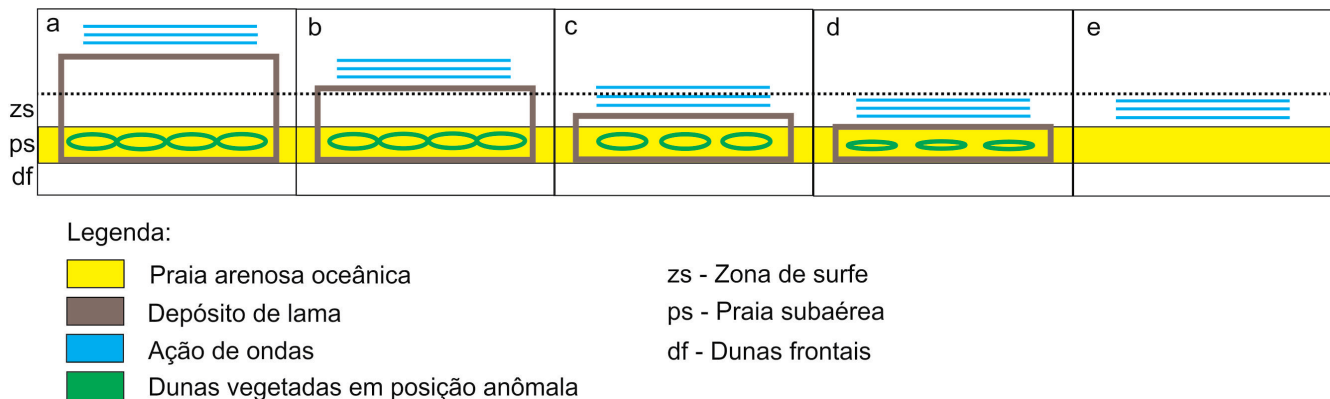


Figura 11 - Esquema da praia em planta, visando a compreensão do processo de resiliência descrito na praia do Cassino - RS. a) No início do monitoramento as condições eram o bolsão bem desenvolvido (polígono marrom), com dunas em posição anômala, sobre o pós-praia. b) Impacto das ondas, em azul, sobre o bolsão. c) Com o evento de alta energia ocorrido em julho, as ondas retornaram a zona de surfe (zs), remobilizando a lama. d) Com o retorno das ondas na praia subaérea (ps), as dunas em posição anômala começaram a serem erodidas. e) Com o impacto de um evento extremo de alta energia ocorrido em outubro de 2016, que inclusive erodiu as dunas frontais (df), houve praticamente uma remobilização completa do depósito de 2014 e das dunas em posição anômala.

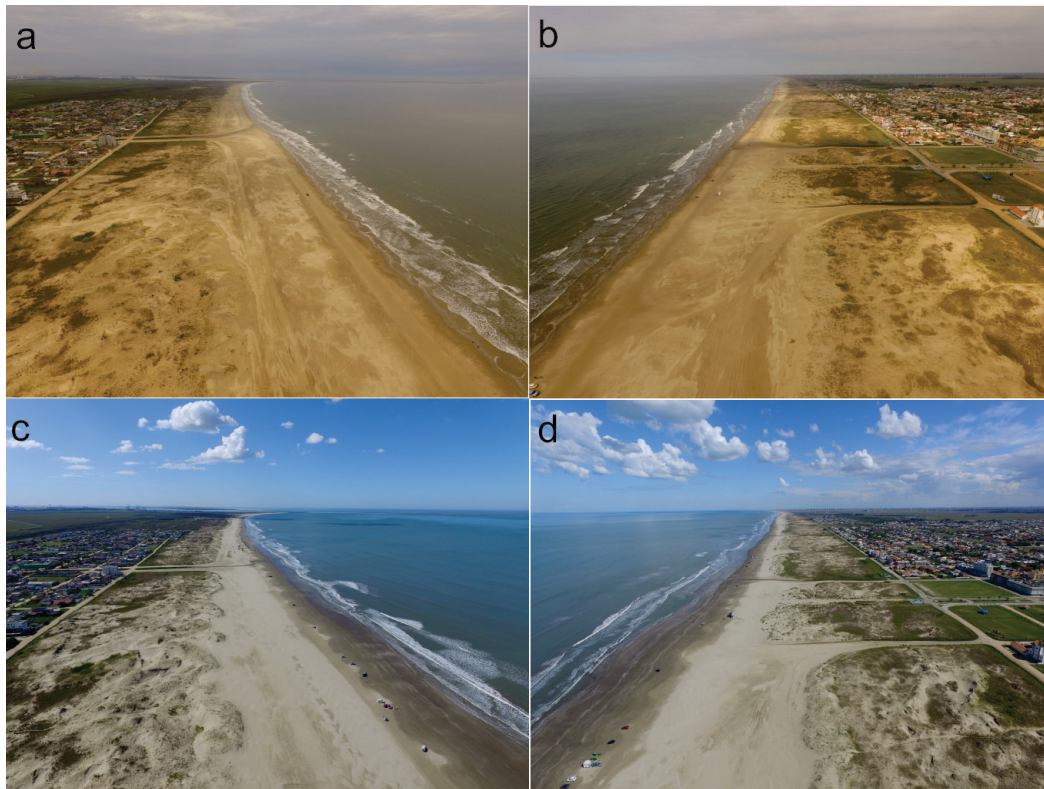


Figura 12 - Fotografias aéreas oblíquas da praia do Cassino a partir do local monitorado por este trabalho em 14/7/2017 e 19/4/2018, mostrando uma praia arenosa oceânica dominada por ondas, regenerada dos depósitos de lama descritos neste trabalho. Fotos: Ulisses Rocha de Oliveira e Rodrigo Simões.

5. Considerações Finais

Entre 2014 e 2016, um dado segmento de costa da praia do Cassino - RS, com aproximadamente 7 km de extensão, foi impactado por um depósito de lama. A praia ficou praticamente sem energia de onda por cerca de 2 anos nesse segmento. As características encontradas no início do trabalho foram: ausência de zona de surfe; praia mais larga que nas adjacências; presença de lama na praia subaérea e subaquosa; dunas com vegetação numa posição anômala em relação as dunas frontais comumente encontradas, estas ocasionadas pela persistência da baixa energia de onda. No caso da presença de lama, retrata-se que, como já havia se passado cerca de 2 anos do depósito de lama, depósitos de fração arenosa foram posteriormente depositados, cobrindo parcialmente o depósito de lama em certos locais, embora o mesmo mantivesse sua configuração. O presente trabalho caracterizou um processo de resiliência, isto é, o retorno das características comumente encontradas, no caso a de uma praia arenosa dominada por ondas.

No outono-inverno-primavera de 2016, uma sequência de grandes ondulações, geradas por ciclones

extratropicais, atingiram a costa da área de estudo, rompendo uma zona de atenuação, ocasionada pela lama. Foram diagnosticados pelo menos seis eventos durante o período monitorado, destes pelo menos um considerado como evento extremo de alta energia de onda. Após o evento de 29 de julho de 2016, as ondas começaram a quebrar novamente em toda a costa. Posteriormente, o evento de 27 de outubro, um dos mais significativos das últimas décadas no local, foi responsável pela recomposição de uma praia dominada por ondas. Ressalta-se que a ação das ondas não gerou depósitos de lama na praia, simplesmente os transportou da ante-praia (praia subaquosa) para o pós-praia (praia subaérea). Com o retorno do espriamento das ondas à porção subaérea, houve regeneração do sistema praial emerso. Estes eventos não ocasionaram erosão significativa das dunas frontais nesta porção de costa, mas sim a supressão do banco de lama e a erosão de praticamente todas as pequenas dunas, chamadas anômalas, formadas no período de baixa energia, relatado no início do monitoramento. Ressalta-se que foram necessários diversos eventos de alta energia, sendo um deles provavelmente o mais intenso dos últimos anos.

Condições de alta energia de onda na costa nem sempre geram prejuízos socioambientais, como muitas vezes é descrito. Neste caso de estudo, estas recomuseram um ambiente arenoso impactado por lama, possibilitando um processo de resiliência desta praia arenosa do sul do Brasil.

Agradecimentos:

Edital MCTI/CNPQ/Universal 14/2014, processo 446963/2014-3, que possibilitou a compra do “drone” utilizado no trabalho. Ao advogado Hélder Salvá, do Grupo SOS Cassino, agradecemos pela leitura e considerações sobre este manuscrito.

Referências Bibliográficas:

- CALLIARI, L.J. e FACHIN, S., Laguna dos Patos. Influência nos Depósitos Lamíticos Costeiros. **Revista Pesquisas em Geociências**, v.20, n.1, p.57-69, 1993.
- CALLIARI, L.; MACHADO, A.; MARROIG, P.; VINZON, S.; GIANUCA, N. Mud deposits at Cassino beach: role of dredging. **Geo-Marine Letters**, v. SI, p. 1-13, 2020.
- COLLEONI, A. **Mapeamento do bolsão de lama na praia do Cassino, RS, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Oceanologia). Instituto de Oceanografia. Universidade Federal do Rio Grande. 2016. 32p.
- DISPERATI, A.A. **Fotografias aéreas inclinadas**. Editora UFPR. 1995. 113p.
- FERREIRA, L.G.B., CARAMORI, P.H., MORAIS, H., NITSCHKE, P.R., COSTA, B.F. 2017 **Fenômeno El Niño de 2015/16 e seus impactos na chuva do Paraná**. LAPAR/Governo do Paraná. 13p.
- GOULART, E.S. e CALLIARI, L.J. Morfodinâmica do Banco das Três Marias – Barra do Rio Grande. **Atlântica**, v.33, n.2, p.123-139, 2011. doi: 10.5088/atl.2011.33.2.123
- HARTMANN, C. e SCHETTINI, C.A.F. Aspectos hidrológicos na desembocadura da laguna dos Patos, RS. **Revista Brasileira de Geociências**. v.21, n.4, p.371-377, 1991.
- MARTINS, L.R.; MARTINS, I.R.; TABAJARA, T.T. Ocorrência de fragmentos de lama na praia do Cassino, RS, Brasil. **Gravel**. v.1, p.47-53, 2003.
- MÖLLER, O. e FERNANDES, E. Hidrologia e hidrodinâmica. In: SEELINGER, U. e ODEBRECHT, C. **Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações**. Editora da FURG. 2010, 180p.
- OLIVEIRA, D.B. **Dragagens no porto do Rio Grande: Um estudo sobre os impactos e conflitos de uso**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas e da Informação. Universidade Federal do Rio Grande. 2015. 80p.
- OLIVEIRA, U.R.; SIMÕES, R.S, CALLIARI, L.J.; GAUTÉRIO, B.C. Erosão de dunas sob ação de um evento extremo de alta energia de ondas na costa central e sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 20(1), p. 137-158, 2019.
- NETO, J.A.B.; SILVA, M.A.M. Ocorrência e origem de bolas de lama nas praias da enseada de Jurujuba (baía de Guanabara), Niterói-RJ. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 49, p. 53-61, 2001. Editora da UFPR
- PEREIRA, P.S. **Morfodinâmica da praia do Cassino (RS): variabilidade temporal dos bancos arenosos e alterações das ondas pela presença de depósitos lamíticos**. Tese (Doutorado em Oceanografia). Universidade Federal do Rio Grande. 2010, 134p.
- PEREIRA, P.S.; CALLIARI, L.J.; BARLETTA, R.C. Heterogeneity and homogeneity of Southern Brazilian beaches: A morphodynamic and statistical approach. **Continental Shelf Research**, v.30, p.270-280, 2010.
- PORTO, F.S. **Variabilidade morfossedimentar do sistema praia duna ao largo do balneário Cassino – RS no período de 2006 a 2016**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas e da Informação. Universidade Federal do Rio Grande. 2016. 98p.
- ROMEU, M.A.R.; FONTOURA, J.A.S.; MELO FILHO, E.; MACHADO, V.B. Estimativa dos cenários de agitação marítima para a região oceânica do RS utilizando dados de reanálise do modelo WW3. **Vetor**, v.21, n.1, p.91-109, 2012.
- SHORT, A.D. Beaches. In: SHORT, A.D. (Org.), **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. Jonh Wiley & Sons, 1999. pp. 3-20.
- SIMÕES, R.S. **Mobilidade do limite praia duna no balneário Mostardense – RS: monitoramento por drone**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas e da Informação. Universidade Federal do Rio Grande. 2018. 128p.
- TOMAZELLI, L.J., BARBOSA, E.G., DILEMBURG, S.R., ROSA, M.L.C.C. Origem e significado geológico da “Barra Falsa”: Uma feição geomorfológica peculiar da margem leste da lagoa dos patos/RS, Brasil. **Gravel**. v.12, n.1, p.1-14, 2014.

TOZZI, H.A.M. **Influência das Tempestades Extratropicais sobre o estoque subaéreo das praias entre Rio Grande e Chuí, RS.** Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

Porto Alegre. 1999. 115p.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. Geologia costeira da Província costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, v.8, p.1-45, 1995.