



AVALIAÇÃO DA GEOMORFOMETRIA DE SANGRADOUROS NO BALNEÁRIO CASSINO (RS), COM USO DE SISTEMA GNSS E AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (ARP)

Julia Carballo Dominguez de Almeida¹, Miguel da Guia Albuquerque², Deivid Cristian Leal Alves³ & Jean Marcel de Almeida Espinoza⁴.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - campus Rio Grande. Rua Engenheiro Alfredo Huch, 475 | Bairro Centro | CEP: 96201-460 | Rio Grande/RS. E-mail: cdalmeida.j@gmail.com, miguel.albuquerque@riogrande.ifrs.edu.br, dclealalves@gmail.com, jean.espinoza@riogrande.ifrs.edu.br.

RESUMO

Sangradouros são canais naturais que drenam o excedente hídrico pluvial da planície costeira em direção ao sistema praial. O aumento populacional e as irregularidades na utilização da infraestrutura urbana exigem desses canais mais que o suficiente comportado no escoamento do acúmulo das águas pluviais, ampliando a suscetibilidade a alagamentos e inundações na localidade. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação de técnicas de Geoprocessamento na construção de Modelos Digitais de Superfície para dois sangradouros localizados na Praia do Cassino, município do Rio Grande - RS. Com o uso das geotecnologias, como a Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) e o receptor GNSS, foram realizados voos em três datas, dois no verão e um na primavera, sobre a porção praial dos dois sangradouros defrontantes ao Balneário Cassino. Esses mapeamentos aéreos foram realizados com a aeronave do modelo *Phantom Pro 4* dentro dos padrões estabelecidos no plano de voo elaborado previamente através do software *Drone Deploy*®, e foram processados no software *Agisoft PhotoScan*®. Foi gerado um conjunto de ortomagens da localidade imageada, com erros variando entre os modelos de 0,015 m a 0,048 m, sendo o valor estabelecido como limite igual a 0,05 m. Por fim, pode-se concluir que a metodologia aplicada apresentou excelentes respostas para os resultados já trabalhados, comprovando a

eficiência dos equipamentos selecionados, além de apresentar extrema relevância para a Gestão Costeira por servir como uma ferramenta ao poder público na análise de problemas relacionados a eventos extremos, como a suscetibilidade a inundações e alagamentos, através de programas e ações públicas no Balneário Cassino.

Palavras-chave: zonas costeiras, drenagem, alagamentos, geotecnologias.

EVALUATION OF BLOOD GEOMORPHOMETRY IN THE CASINO BALNEARY (RS), USING THE GNSS SYSTEM AND REMOTELY PILOT AIRCRAFT (ARP)

ABSTRACT

Washouts are natural channels that drain the rainwater surplus from the coastal plain towards the praial system. The increase in population and irregularities in the use of urban infrastructure require more than sufficient channels for the drainage of rainwater accumulation, increasing the susceptibility to flooding in the locality. In this context, this work aims to evaluate the application of Geoprocessing techniques in the construction of Digital Surface Models for two washouts located in Cassino beach, Rio Grande - RS. With the use of geotechnologies, such as the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and the GNSS



receiver, flights were carried out on three dates, two in the summer and one in the spring, on the beach portion above of the two washouts in Cassino beach. These aerial mappings were performed with the Phantom Pro 4 aircraft within the standards established in the flight plan previously developed using the Drone Deploy® software and were processed in the Agisoft PhotoScan® software. A set of orthoimages of the imaged locality was generated, with errors varying between the models of 0.015 m to 0.048 m, and the value established as a limit equal to 0.05 m. Finally, it can be concluded that the applied methodology presented excellent answers to the results already worked, proving the efficiency of the selected equipment, besides being extremely relevant to Coastal Management for serving as a tool to the public power in the analysis of problems related to extreme events, such as the susceptibility to floods, through programs and public actions in the Balneário Cassino.

Key-words: coastal zones, drainage, flooding, geotechnology.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras, no que diz respeito à geomorfologia fluvial, têm influência direta no funcionamento de canais de drenagem das paisagens litorâneas, já que seu funcionamento é um dos fatores que definem o tipo de morfologia dos canais. Essas zonas são delimitadas pelos espaços onde a porção terrestre e marítima são constantemente afetadas pela proximidade (RODRÍGUEZ & WINDEVOXHEL, 1998).

No litoral do Rio Grande do Sul, um dos agentes de transformação da paisagem praias são os canais de drenagem natural, denominados de sangradouros. Para SERPA (2008), os sangradouros são responsáveis pela drenagem das águas pluviais retidas em regiões adjacentes à costa. Esses direcionam o fluxo hídrico para o ponto de menor altitude, no caso deste estudo, para a Praia do Cassino – Rio Grande, RS.

A dificuldade da gestão pública na administração desses recursos, em decorrência do aumento considerável no número de construções irregulares e inadequações no gerenciamento dos recursos hídricos da localidade, têm causado prejuízos à população local. O reflexo dessa ineficiência é evidenciado, principalmente, durante o período de chuvas fortes ou de longa duração, quando a demanda de escoamento dos canais é superior ao comportado por estes.

Os efeitos dessa urbanização são notados, principalmente, quando o escoamento das águas pluviais é prejudicado por barreiras e o solo impermeabilizado impede que sejam infiltradas. A interferência humana no ciclo natural dos canais de drenagem acarreta em alterações no ambiente praias, contribuindo para o desequilíbrio do ecossistema local (FIGUEIREDO & CALLIARI, 2005).

Portanto, no Balneário Cassino, os sangradouros cumprem a função natural de realizar o escoamento das águas pluviais em direção à praia. Porém, o efeito do progresso das áreas urbanas e suas intervenções no sistema naturais exigem uma capacidade superior ao comportado para tal função, ampliando a suscetibilidade a alagamentos e inundações na localidade (Figura 1).



Figura 1: Alagamento no Balneário Cassino, RS. Fonte: Jornal GauchaZH, 2013.



A geomorfometria, segundo PIKE (2000), é a área do conhecimento oriunda dos estudos da geografia, geomorfologia, geofísica e exploração do fundo do mar, que permite a composição numérica das formas do relevo e de paisagens contínuas. Logo, torna-se indispensável que estudos relativos à geomorfometria de regiões tenham como produto final um modelo digital de elevações, possibilitando a visualização dos registros encontrados.

A inserção das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) tem apresentado vasto potencial em aplicações geomorfométricas, podendo realizar voos com baixos custos, além da elaboração de modelos digitais dentro dos parâmetros topográficos (SILVA *et al.*, 2017). As imagens registradas pelo equipamento concomitantes ao uso de equipamentos de receptores GNSS permitem, a partir de processos fotogramétricos, que modelos de elevações sejam obtidos de maneira precisa e o mais próximas da realidade.

Nesse contexto, este estudo propõe-se a validar como se comportam as técnicas de Geoprocessamento na elaboração de modelos geomorfométricos das porções praias de sangradouros na Praia do Cassino (RS).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Balneário Cassino localiza-se no município do Rio Grande, sul do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 2). Cerca de 22 km de distância do centro da cidade, o balneário é um dos maiores atrativos turísticos da região no período do verão. De acordo com a Prefeitura Municipal do Rio Grande, em média, a localidade chega a receber aproximadamente 150 mil turistas de todo o Rio Grande do Sul e países vizinhos como Uruguai e Argentina.

De acordo com REBOITA *et al.* (2006), o clima na região é influenciado fortemente pelos sistemas

atmosféricos de pequena escala temporal, com ação diária ou mesmo semanal, conforme a atuação de frentes vindas do quadrante sul, por exemplo. Já os fatores interanuais, como o fenômeno *El Niño* e *Lã Niña*, possuem forte influência no regime pluviométrico.

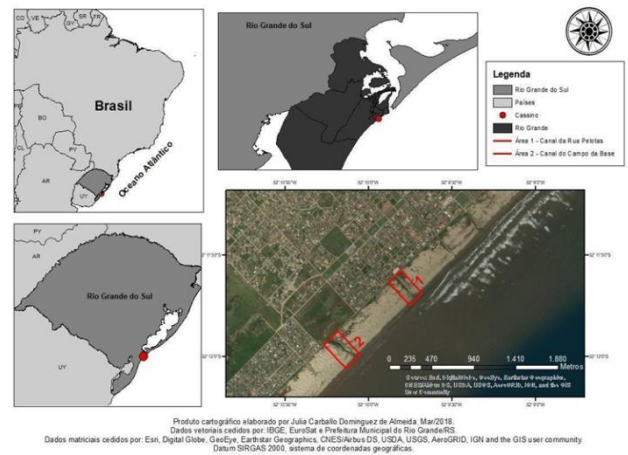


Figura 2: Localização da área de estudos. Fonte: Elaborado pela autora.

A localidade apresenta alta umidade e um regime de chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com volumes máximos registrados principalmente no período de inverno.

Na Figura 2, a delimitação das áreas um e dois é referente à porção final dos canais de drenagem avaliados neste estudo. A denominação dos canais foi definida pela autora, para facilitar o processo de identificação das feições de cada um. Estes receberam nomes conforme as vias urbanas ou localidades conhecidas que permitem acesso a eles. O primeiro recebe o nome de Canal 1, situado nas proximidades da Rua Pelotas, e o segundo é chamado de Canal 2, situado próximo ao Campo da Base.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os equipamentos listados para a realização das coletas em campo foram um receptor GNSS da marca



Leica Geosystems no modelo GS15, uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) da marca DJI no modelo *Phantom Pro 4* e corpos de prova alocados ao longo dos canais.

O equipamento GNSS funciona com duas antenas receptoras em posições diferentes, a primeira fica fixa sobre o marco topográfico de referência mais próximo da área de estudos, instalado na CORSAN (Estação de Bombeamento da Companhia Riograndense de Saneamento). Enquanto a antena do receptor móvel, juntamente com a controladora portátil, configurada no sistema de coordenadas UTM zona 22S e datum SIRGAS 2000, são responsáveis por realizar a coleta das coordenadas a partir do método *stop and go* (ou semicinemático) sobre os corpos de prova - feitos de concreto e tingidos de vermelho na parte superior, para que fossem facilmente identificados nas cenas aéreas.

A aeronave utilizada no mapeamento aéreo apresenta sistema de posicionamento por satélites internos, facilitando o processo de alinhamento das imagens nos passos metodológicos. O equipamento é de pequeno porte, tornando simples o transporte e manuseio, além de necessitar menos cargas de bateria. Contudo, o veículo é suscetível à desestabilidade durante o voo, por conta da influência dos ventos. Logo, anteriormente aos voos foi crucial verificar a velocidade dos ventos na Praia do Cassino.

Além dos equipamentos em campo, os softwares que realizaram os procedimentos laboratoriais foram: o *Drone Deploy*, que é o responsável pela elaboração do plano de voo de forma compatível a ser executado pelo *Phantom Pro 4*.

O *software Agisoft PhotoScan* realizou o processamento das imagens obtidas pelo VANT; a inclusão de um interpolador e do método SFM (*Structure From Motion*), que permitiu a construção tridimensional a partir da combinação de cenas

(fotografias digitais), garantindo que os processos realizados de forma automatizada fossem válidos e mais próximo da realidade do terreno.

Por fim, o *ArcGis*, em sua interface *ArcMap*, permitiu a elaboração dos mapas com os modelos digitais de elevação e as ortoimagens resultantes da aplicação da metodologia.

A metodologia desta pesquisa se dividiu em três etapas: planejamento, aquisição e tratamento dos dados. Cada uma das etapas foi crucial para o desenvolvimento e validação dos produtos finais, já que o avanço forçado de etapas e/ou o descuido na produção poderiam gerar erros graves, levando em consideração a escala em que os dados foram obtidos.

A etapa de planejamento foi feita em laboratório, com a construção do plano de voo, onde foram tomadas as decisões específicas a serem seguidas pelo ARP durante o período de sobrevoo, como por exemplo, a área de imageamento, a cobertura de sobreposição, as linhas de voo e outros padrões que são determinados a partir da observação da área de estudo. Como a pesquisa abordou dois canais de drenagem, foram construídos dois planos de voo para que as especificidades de cada sangradouro fossem contempladas.

O manual da aeronave indica que voos realizados com registro de ventos acima de 10 m/s podem representar risco a sua estrutura. Os parâmetros definidos para os levantamentos realizados nos dias 17/03/2018, 19/03/2018 e 05/09/2018, para os dois canais (levando em consideração as informações climáticas locais).

O trabalho em campo foi iniciado com a instalação de um somatório de 69 pontos de controle ao longo dos dois sangradores, sendo seis deles usados efetivamente no processamento das imagens. Os demais pontos serviram para que o modelo pudesse expressar maior acurácia.



A aquisição dos dados de coordenadas (X,Y e Z) foi executada através do receptor GNSS no modo stop and go que, posteriormente, deram suporte para o ajuste do modelo gerado no processamento das imagens.

Com os pontos de controle organizados e suas coordenadas obtidas pelo receptor GNSS, os voos com o *Phantom Pro 4* foram realizados seguindo o planejado no software *Drone Deploy*, sem apresentar dificuldades, por causa das condicionantes atmosféricas adversas, por exemplo.

A última etapa da metodologia foi aplicada para o tratamento dos dados de altitude nos registros do receptor GNSS a partir da conversão de elipsoidal para geoidal a partir dos valores de ondulação do modelo MAPGEO 2015 do IBGE. Com os pontos corrigidos, o software *Agisoft PhotoScan* fez a geração de Modelos Digitais de Elevação e ortomosaico dos sangradouros.

O primeiro passo da metodologia, dentro do *Agisoft PhotoScan*, foi a utilização da ferramenta *tie points*, as quais identificaram pontos homólogos através das imagens sobrepostas, organizando virtualmente o mosaico de tal forma que uma versão tridimensional das feições obtidas na cena possa ser processada e, em seguida, georreferenciada.

Em seguida, foram adicionados os seis pontos de controle de cada canal para que o modelo fosse ajustado ao local que apresenta a demarcação dos marcos georreferenciados. Esses pontos ajudam a aumentar a precisão do modelo, ou seja, fazem que o modelo tridimensional atinja o menor erro possível.

O terceiro passo foi a construção da *dense cloud*, de modo que os pontos antes em formato raster passem a ser vetoriais. Essa nuvem de pontos faz que cada ponto represente um valor altimétrico registrado pelo ARP, auxilia o processo de interpolação dos dados para a geração dos modelos digitais de elevação.

O quarto passo consistiu na interpolação da nuvem de pontos pelo método do Inverso do Quadrado da Distância (IDW), dentro do próprio *Agisoft PhotoScan*, assim gerando os primeiros resultados dos Modelos Digitais de Elevação (MDE), classificados como Modelos Digitais de Superfície, por contarem com elementos na cena além de somente o solo.

O último processamento das imagens foi a geração da ortoimagem da área de estudos. Nessa etapa, cada pixel foi orientado para a posição geométrica hipotética, que apresentariam se fossem imageados na vertical unicamente. A etapa de ortorretificação teve como foco gerar uma imagem sem distorções.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da aplicação dos métodos desenvolvidos para o estudo da porção praial dos canais de drenagem sobre os dados altimétricos do ARP e do receptor geodésico para os três dias de voo foram obtidos duas classes de resultados: Modelos Digitais de Superfície, dos dois canais de drenagem, e ortomosaicos dos dias 17/03/2018, 19/04/2018 e 05/09/2018.

Os resultados caracterizam os modelos digitais de elevação a partir de uma paleta de cores em escala, onde as tonalidades mais próximas do vermelho indicam regiões mais elevadas e as cores próximas do azul, indicam regiões com menor elevação.

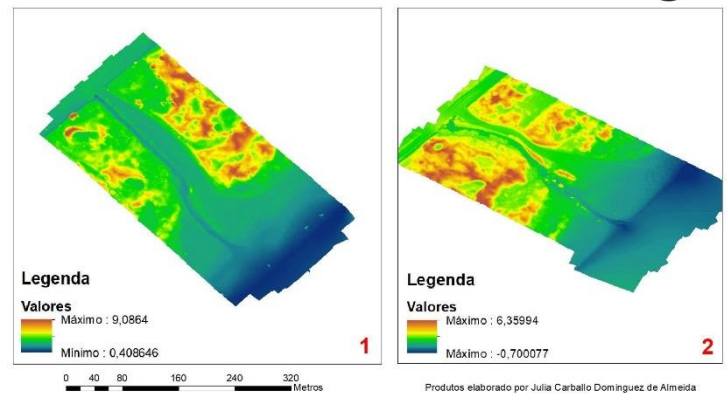
Para o dia 17 de Março de 2018 (Figura 3), foi possível identificar pela tonalidade assimilada as feições das porções praias dos sangradouros e áreas adjacentes, que as regiões de maior profundidade são os próprios canais e a zona próxima ao mar, onde o valor mínimo registrado foi 0,86 m para o canal 1 (Rua Pelotas) e 0,32 m no canal 2 (Campo da Base); enquanto as regiões de maior elevação são dunas imageadas pela Aeronave Remotamente Pilotada,



admitindo valores máximos de 9,04 m para o canal 1 e 6,44 m no canal 2.

O Canal da Rua Pelotas teve sua resolução espacial horizontal no valor igual a 5,15 cm/pix e o Canal do Campo da Base registrou resolução igual a 5,13 cm/pix. Ou seja, neste modelo tridimensional o detalhamento foi altíssimo, pois em cada pixel a informação apresentada foi referente à cerca de cinco centímetros do plano horizontal.

Modelos Digitais dos sangradouros no Balneário Cassino (RS) no dia 19/Abril



Modelos Digitais de Superfície dos sangradouros no Balneário Cassino (RS) no dia 17/Março

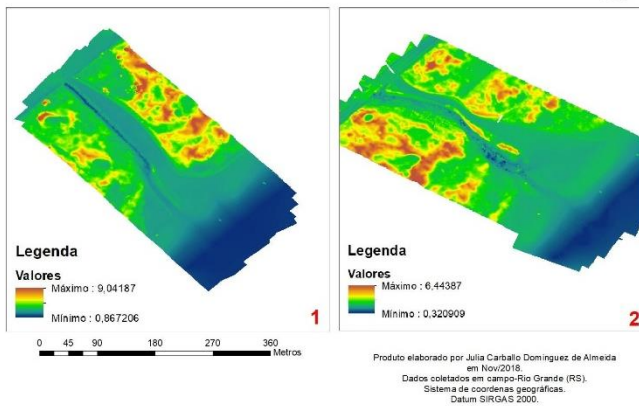


Figura 3: Resultados da modelagem digital de elevação do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 17 de Março. Fonte: Elaborada pela autora.

O Modelo Digital (Figura 4) do canal 1 no dia 19 de Abril de 2018 apresentou uma resolução espacial igual a 5,51cm/pix e para o canal 2 o valor atribuído para a resolução espacial que é de 5,26cm/pix.

Figura 4: Resultados da modelagem digital de elevação do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 19 de Abril. Fonte: Elaborado pela autora.

O segundo dia de voo apresentou poucas diferenças na escala da altitude em comparação com o primeiro dia de voo. O Canal 1, próximo a Rua Pelotas, ilustra a cota máxima de 9,08 m e mínima de 0,40 m. O Canal 2, situado nas proximidades do Campo da Base, teve como valor máximo de altitude 6,3 5m e mínimo igual a -0,70 m.

Em paralelo com o primeiro modelo, a modelagem do Canal do Campo da Base apresentou uma pequena formação de duna próxima ao sangradouro com altitude considerável. Essa modificação na forma pode ter ocorrido devido a eventos pluviais na localidade.

No dia 05 de Setembro de 2018 (Figura 5), os modelos compreenderam valores de resolução espacial iguais a 5,2 cm/pixel para o Canal 1 e 5,05 cm/pixel no segundo canal. Em comparação com os demais modelos, este é o que apresentou de forma mais nítida as feições da porção praiial dos canais de drenagem.

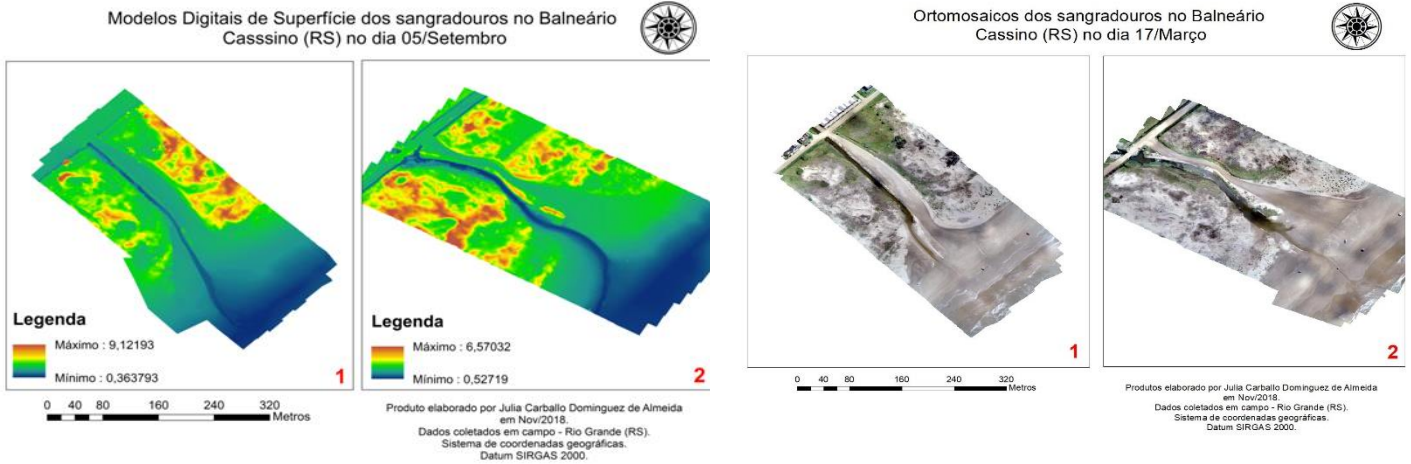


Figura 5: Resultados da modelagem digital de elevação do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 05 de Setembro. Fonte: Elaborado pela autora.

As maiores altitudes continuaram sendo registradas no cordão de dunas imageadas pelo veículo aéreo em que os valores chegaram a 9,21 m no primeiro canal e 6,57 m no segundo canal. Os valores de altitude mais baixos estão localizados justamente nos canais e na linha de costa, onde atingem 0,36 metros no Canal da Rua Pelotas e 0,52 metros no Canal do Campo da Base.

Além da representação da superfície tridimensional pelos Modelos Digitais de Superfície, o outro resultado obtido a partir da execução dos primeiros passos da metodologia foi a geração de um conjunto de ortomosaicos.

O primeiro resultado dos ortomosaicos foi do dia 17 de Março de 2018 (Figura 6) e cada um apresentou a visada azimutal da área imageada pelo Phantom Pro 4 no dia da coleta. A partir desses modelos foi possível identificar o comportamento do meandro do canal entre as datas estudadas. O segmento do canal que quase não atinge a costa indicou que o fluxo de água não foi intenso.

Figura 6: Resultados dos ortomosaicos do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 17 de Março. Fonte: Elaborado pela autora.

A resolução espacial do Canal da Rua Pelotas foi igual a 1,29 cm/ pixel e o valor para o Canal do Campo da Base é de 1,28 cm/ pixel. O erro associado para estes canais, em metros, no primeiro dia de coleta foi de 0,015m para o Canal 1 e 0,022m para o Canal 2. O erro por pixel atingiu valores iguais a 0,324 no Canal da Rua Pelotas e 0,286 para o Canal do Campo da Base. Os erros máximos estipulados para esta pesquisa eram 0,05 metros e 0,5 pixel, o que caracteriza os modelos como satisfatórios dentro do padrão.

O conjunto de ortoimagens do dia 19 de Abril (Figura 7) apresentou comportamento do canal é mais claro, em comparação ao primeiro dia de voo. Foi possível observar que o parcela praial do canal segue o mesmo curso que o anteriormente observado, porém é provável que tenha ocorrido algum fenômeno meteorológico na região, já que os canais apresentaram maior conteúdo em seu interior.

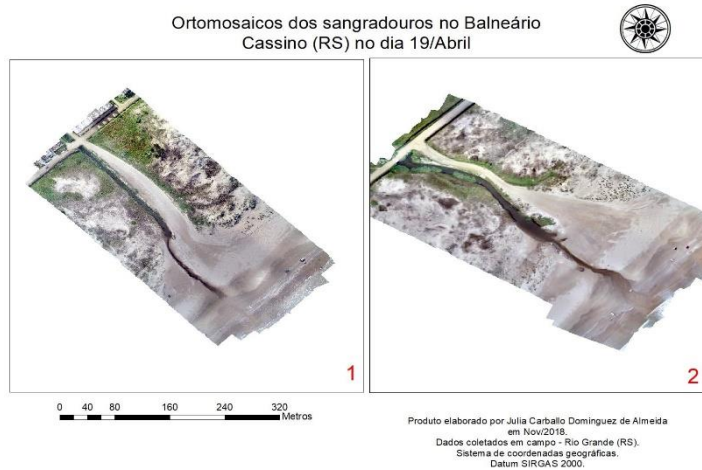


Figura 7: Resultados dos ortomosaicos do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 19 de Abril. Fonte: Elaborado pela autora.

A resolução espacial foi de 1,38 cm/ pixel no primeiro canal e de 1,31 cm/ pixel para o segundo canal. Para esse dia de voo, os erros foram de 0,019 metros no Canal da Rua Pelotas e 0,048 metros no Canal do Campo da Base; enquanto o erro em pixels foram de 0,397 para o canal 1 e 0,374 no canal 2. Caracterizando, também, o produto como dentro dos parâmetros impostos aos modelos.

A resolução espacial expressa pelos ortomosaicos para o dia 05 de Setembro de 2018 (Figura 8) foi de 1,3 cm/ pixel no primeiro canal e 1,26 cm/ pixel no segundo canal. Além disso, os erros associados aos modelos foram de 0,025 metros e 0,020 metros para os canais 1 e 2, respectivamente. Os erros por pixel registrados atingiram o total de 0,278 para o Canal da Rua Pelotas e 0,400 para o Canal do Campo da Base.

O terceiro dia de voo indicou um comportamento diferenciado para os canais de drenagem da Praia do Cassino. O primeiro canal mostrou um movimento retilinizado e tendendo para a direção esquerda no fluxo de escoamento do excedente hídrico do continente. O segundo canal apresentou um comportamento mais nítido e voltado para a esquerda

e, ainda, com uma largura menor que as registradas anteriormente nesta pesquisa.

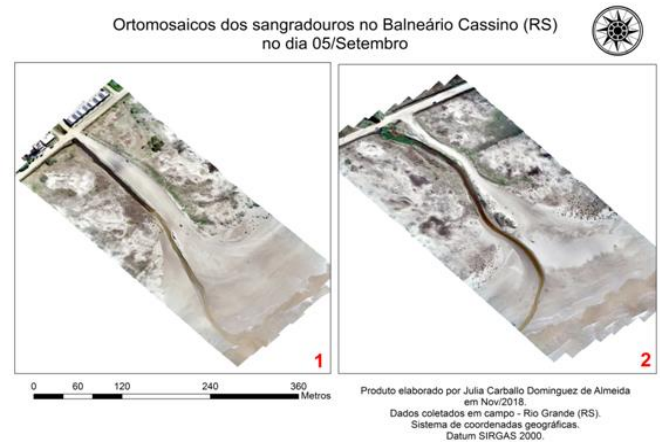


Figura 8: Resultados dos ortomosaicos do Canal da Rua Pelotas (1) e do Canal do Campo da Base (2) no dia 05 de Setembro. Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, em uma análise generalizada sobre os resultados obtidos revela que as variações, que podem ser tanto antrópicas quanto climatológicas, alteram o comportamento do campo de dunas, assim como o das feições dos canais que apresentam variação na delimitação das feições nos diferentes produtos.

CONCLUSÃO

Com base nos modelos obtidos, foi possível considerar que a metodologia aplicada foi satisfatória para a elaboração da pesquisa. O padrão de precisão dos modelos, assim como o baixo erro metros/pixel foram provas de que a aplicação de geotecnologias tem grande potencial na construção de produtos geomorfométricos.

Contudo, para que os modelos passem a apresentar uma precisão maior do que a estabelecida seria essencial que em trabalhos futuros houvesse a coleta de dados batimétricos dos sangradouros. Ao relacionarem-se com os modelos digitais gerados possibilitam o complemento da resposta quantitativa esperada para a pesquisa.



As limitações impostas por outros métodos de aquisição de dados planialtimétricos, como estações totais ou receptores GNSS, tornam tais levantamentos dispendiosos em tempo e custos de campo, além de resultar em produtos com menor detalhamento.

Portanto, futuramente, também seria de extrema relevância que fossem realizados outros aerolevantamentos com um ARP de outra marca e porte, possibilitando a comparação dos resultados e avaliação da qualidade dos produtos gerados por diferentes tipos de veículos aéreos.

Por fim, é possível concluir que essa pesquisa torna-se uma ferramenta para a Gestão Costeira por garantir ao poder público, a partir da análise da geomorfometria dos canais de drenagem, a possibilidade de avaliar problemas relacionados a eventos extremos, como as inundações e os alagamentos, no Balneário Cassino, por meio do manejo adequado dos sangradouros e do planejamento da ação pública efetiva.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao IFRS - *campus* Rio Grande e ao Fomento Interno pela concessão da bolsa de pesquisa. E aos orientadores Miguel Albuquerque e Deivid Alves.

REFERÊNCIAS

- FIGUEIREDO, S.A. & CALLIARI, L.J. Sangradouros: Distribuição Espacial, Variação Sazonal, Padrões Morfológicos e Implicações no Gerenciamento Costeiro. **GRAVEL**, v.1, n.3, p. 47-57, 11/2005.
- PIKE, R. J. **Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis**. Los Angeles: US Geological Survey, 2000.
- REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; PICCOLI, H. C.. Climate variability in Rio Grande, RS, Brazil: a quantitative analysis of contributions due to atmospheric systems. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Brasil, p.256-270, ago. 2006.
- RODRÍGUEZ, J. J. & WINDEVOXHEL, N. J. *Análisis regional de la situación de la zona marina costera Centroamericana*. Banco Inter-Americano de Desenvolvimento BID. Washington, D. C. No. ENV – 121. 1998.
- SERPA, C. G. **Estudo da influência dos fatores climáticos e hidrológicos no ciclo morfodinâmico praiado de um sangradouro intermitente, Praia do Cassino, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio Grande Escola de Engenharia Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica. 2008.
- SILVA, J. M. F.; OKA-FIORI, C.; SILVEIRA, C. T.. Geomorfometria: uma análise de conceitos, métodos e aplicações em geografia física. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Pernambuco, v.10, n.2, 2017.