



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2025



"Desafios da Hidrografia na Transformação Digital"

MODELAGEM DE SUPERFÍCIES BATIMÉTRICAS: APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS DO USO DE IA NA DETECÇÃO DE OUTLIERS

Sabino, G.O.¹; Aguilar, L.R.²

¹ Universidade Federal de Viçosa; ² Universidade Federal de Viçosa

*gabriel.o.sabino@ufv.br ; *lucas.aguilar@ufv.br

Os levantamentos hidrográficos constituem a principal atividade da hidrografia, sendo responsáveis pela coleta sistemática de dados sobre profundidades, relevo submerso, estruturas e feições do fundo marinho. Segundo a Norma S-44 da Organização Internacional de Hidrografia (IHO), esses levantamentos seguem requisitos mínimos específicos, com o objetivo de fornecer informações confiáveis para a elaboração de cartas náuticas e para aplicações como gestão ambiental, engenharia costeira e desenvolvimento portuário.

Diversas tecnologias são utilizadas na hidrografia, sendo os ecobatímetros multifeixe (MBES) destaque no cenário atual por oferecerem alta resolução e acurácia planimétrica e altimétrica, graças ao adensamento dos dados coletados, que permite uma representação quase completa do fundo marinho. No entanto, esse avanço traz o desafio do grande volume de dados gerados, tornando o processamento manual exaustivo e sujeito à subjetividade, especialmente na etapa de limpeza e remoção de ruídos. Nessa etapa, destaca-se a presença de outliers, isto é, valores discrepantes provenientes de diversos fatores, como reflexões espúrias, falhas de detecção ou interferências acústicas, e que podem comprometer a qualidade das superfícies batimétricas se não forem corretamente identificados e removidos. A Figura 1 exemplifica dados batimétricos eivados de possíveis outliers

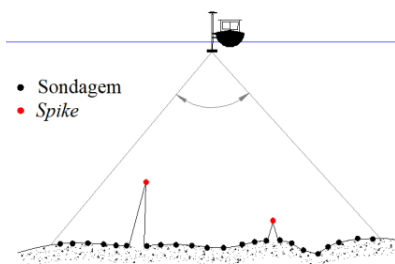


Figura 1: Perfil de sondagem multifeixe eivado de outliers.

Fonte: Adaptado de Ferreira I. O. (2018)

Diante disso, metodologias automatizadas, como o uso de Inteligência Artificial (IA), despontam como alternativas promissoras para tornar esse processo de limpeza mais eficiente e acessível. Sendo assim, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar técnicas de IA, com foco na aplicação de algoritmos de Deep Learning (DL), visando à sua integração para a modelagem de superfícies batimétricas e à detecção automatizada de inconsistências nos dados. Para isso, propõe-se a utilização de algoritmos de detecção de outliers já consolidados na literatura, como, por exemplo, o SODA (Spatial Outliers Detection Algorithm).

O algoritmo SODA, apresentado por Ferreira (2018), é uma metodologia desenvolvida para detecção de spikes (outliers) em nuvens de pontos batimétricos, especificamente aqueles gerados por ecobatímetros multifeixe, sonares interferométricos e sistemas batimétricos a laser aerotransportados. O algoritmo baseia-se em teoremas de estatística clássica e geoestatística, o que o torna robusto e eficiente. A Figura 2 abaixo mostra o resultado da utilização desse algoritmo, em um conjunto de dados batimétricos, realizando a detecção por três metodologias diferentes, onde o primeiro método obteve uma detecção significativamente maior que os demais com uma taxa de 74% de precisão.



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2025



"Desafios da Hidrografia na Transformação Digital"

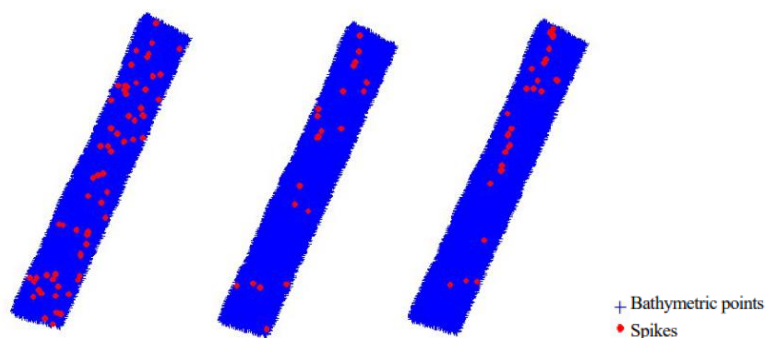


Figura 2: Possíveis outliers detectados em nuvens de pontos batimétricas.

Fonte: Adaptado de Ferreira I. O. (2018)

Os resultados obtidos com o SODA e outros métodos similares serão utilizados como dados de entrada supervisionados para o treinamento de algoritmos de Deep Learning, permitindo que a rede aprenda a reconhecer automaticamente padrões de ruído em dados brutos provenientes de ecobatímetros multifeixe. A abordagem proposta pretende combinar técnicas clássicas e redes neurais profundas, com foco especial em arquiteturas voltadas ao processamento direto de nuvens de pontos, como a PCPNet, cuja capacidade de extrair propriedades geométricas locais de forma eficiente a torna ideal para a tarefa de classificação e filtragem de pontos. O fluxograma abaixo ilustra a metodologia a ser seguida nesta pesquisa.

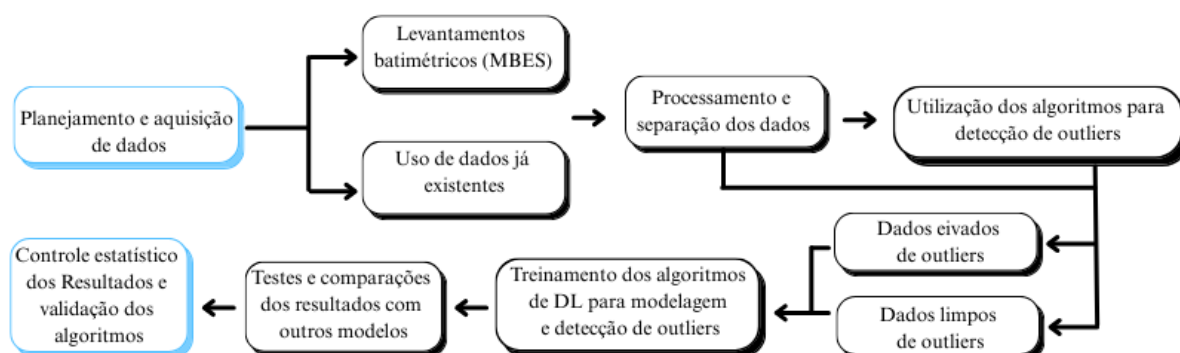


Figura 3: Metodologia a ser seguida pela pesquisa.

Diante disso, espera-se que os resultados contribuam significativamente para a redução da intervenção manual e para o aumento da eficiência da limpeza de dados provenientes dos levantamentos hidrográficos de alta resolução. Os resultados de (Long et al., 2023), apontam dentro do âmbito da pesquisa uma promissora abordagem, a qual consiste na aplicação de uma arquitetura baseada em aprendizado profundo, aliada a um abrangente método de aumento de amostras, capaz de simular diferentes tipos de outliers presentes nos dados batimétricos multifeixe. Dessa forma, tem-se como desafio desenvolver uma superfície automatizada de pré-processamento de dados batimétricos, capaz de aliar a acurácia dos métodos tradicionais com a escalabilidade proporcionada por modelos de aprendizado profundo.

Palavras-chave: Levantamentos Hidrográfico, Sonar Multifeixe, Outlier, Inteligência Artificial, Deep Learning.



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2025



“Desafios da Hidrografia na Transformação Digital”

REFERÊNCIAS

FERREIRA, I. O, et.al. Spatial Outliers Detection Algorithm (SODA) applied to multibeam bathymetric data processing. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 25, n. 4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1982-21702019000400020>.

LONG, Jiawei; ZHANG, Hongmei; ZHAO, Jianhu. A comprehensive deep learning-based outlier removal method for multibeam bathymetric point cloud. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2023.3242095>.

GUERRERO, Paul; KLEIMAN, Yanir; OVSIJANIKOV, Maks; MITRA, Niloy J. PCPNet: Learning local shape properties from raw point clouds. Computer Graphics Forum (Proceedings of Eurographics), v. 37, n. 2, p. 75–85, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cgf.13343>.