



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 627

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE PLANÍCIES
INUNDÁVEIS NA COSTA DO AMAPÁ: UMA ANÁLISE A
PARTIR DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO**

Dissertação realizada por:

LEONARDO NOGUEIRA DOS REIS

Orientador: Prof. Dr. Laurent Polidori (UFPA)

**BELÉM - PARÁ
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**
|Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R375c Reis, Leonardo Nogueira dos.
Caracterização morfológica de planícies inundáveis na costa do
Amapá: uma análise a partir de modelos digitais de elevação /
Leonardo Nogueira dos Reis. — 2023.
xviii, 86 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Laurent Polidori
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia
e Geoquímica, Belém, 2023.

1. Modelos digitais de elevação. 2. Modelos digitais de
terreno. 3. Planície de inundação. 4. Planície aluvial. 5. Rio
Amazonas. I. Título.

CDD 558.11



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DE PLANÍCIES
INUNDÁVEIS NA COSTA DO AMAPÁ: UMA ANÁLISE A
PARTIR DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:

LEONARDO NOGUEIRA DOS REIS

**Como requisito parcial à obtenção de Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOLOGIA, Linha de Pesquisa GEOLOGIA MARINHA E COSTEIRA.**

Data de Aprovação: 23 / 02 / 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Laurent Polidori
(Orientador – UFPA)

Documento assinado digitalmente

gov.br

ARNALDO DE QUEIROZ DA SILVA

Data: 17/05/2023 11:34:13-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Arnaldo de Queiroz da Silva
(Membro – UFPA)

Prof. Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho
(Membro – UFPA)

Dedico este trabalho a Raimundo de
Souza Nogueira (*in memoriam*),
Avô e pai (Avôhai).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha família, em especial aos meus pais, Marcos Reis e Regina Reis, por todo o exemplo e suporte ao longo da minha vida, sobretudo durante os últimos anos, quando mais precisei.

À minha namorada, Eliziane Pinto, por todo o amor, companheirismo e troca ao longo desses anos juntos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Laurent Polidori, agradeço pelas conversas, pela paciência e por toda contribuição ao longo desta parceria e de minha formação enquanto pesquisador.

Aos amigos da graduação em Geologia que também me acompanharam ao longo do mestrado, Wesley, Daniel e Plácido, por todo suporte e momentos de descontração. Seguimos por mais.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, em nome de seu diretor, Prof. Dr. Cláudio Lamarão, e também dos demais técnicos e funcionários que compõem o núcleo do programa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento deste trabalho a partir da concessão de bolsa de pesquisa.

À Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Amapá (SEMA-AP) pela disponibilidade no envio de dados locais, ao Governo do Estado do Amapá e ao Exército Brasileiro, autores do Projeto Base Cartográfica Digital Continua do Amapá, principal objeto de estudo deste trabalho.

À Valdenira Santos, Claudia Funi e Kerly Jardim, pesquisadoras do Amapá que contribuíram ao longo desses dois anos na aquisição de dados locais e com seus conhecimentos de especialistas na planície costeira do Amapá. Em tempos de restrição de trabalhos de campo, esse suporte foi fundamental.

Não poderia deixar de agradecer à instituição Universidade Federal do Pará, minha segunda casa, por ter contribuído na minha formação como profissional e cidadão ao longo de quase oito anos de aprendizados. Apesar de todos os obstáculos, e por todos eles, valeu muito a pena.

Tenho o caminho do que sempre quis
E um Saveiro pronto pra partir
Invento o cais
E sei a vez de me lançar
Clube da Esquina, Cais – 1972.

RESUMO

Modelos Digitais de Elevação (MDE) consistem na representação digital de valores de elevação em diferentes pontos de uma área geográfica específica. O uso de um MDE requer uma definição explícita da superfície física a ser modelada, pois o termo é genérico e representa qualquer superfície, seja um modelo digital de superfície (MDS), que descreve o dossel florestal e outros objetos artificiais ou naturais acima do solo, ou um modelo digital de terreno (MDT), que representa valores altimétricos a nível do solo. Os principais produtos disponíveis globalmente e gratuitamente, como o SRTM, são MDS, enquanto que muitos estudos geocientíficos necessitam do reconhecimento da superfície do solo, o que só é possível a partir de um MDT. Em planícies, esse problema é acentuado, visto que a altura da vegetação, a cobertura do dossel e os erros da técnica de medição de elevação podem ser maiores que a amplitude altimétrica real da superfície topográfica, criando falsos relevos e comprometendo uma correta interpretação geomorfológica. Por ser uma área com ampla cobertura vegetal, sazonalmente inundada, de difícil acesso e extensos períodos de precipitação e nebulosidade, a Zona Costeira Amazônica é desafiadora para estudos de campo e mesmo para análises de sensoriamento remoto. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar e comparar o desempenho de oito MDE, sendo um MDT obtido de radar de banda P aerotransportado e sete MDS (AW3D30, ASTER GDEM, Copernicus DEM, NASADEM, SRTM, Topodata e um MDS obtido de radar de banda X aerotransportado radar) na caracterização morfológica de uma planície de inundação na costa amazônica. Foi selecionada como área teste uma planície de inundação nos arredores do município de Mazagão, na porção sul da costa do Amapá, Brasil. Todos os MDE foram reamostrados para o mesmo tamanho de malha de 30 m e comparados por controle visual e análise estatística com base na elevação e na declividade. O comportamento da extração automatizada da rede hidrográfica também foi analisado. A comparação demonstrou que o MDT obtido a partir de imagens de radar da banda P foi o mais consistente em relação às formas do terreno, pois é menos sensível à vegetação. Verificou-se também que mesmo o MDT não foi capaz de detectar linhas de drenagem ou feições correspondentes a variações de elevação centimétricas. Em vez de exigir técnicas mais refinadas ou melhores resoluções espaciais, o que pode resultar em custos operacionais inacessíveis, sugerimos que o uso de dados 2D externos, como imagens de satélite ou bancos de dados existentes, possa fornecer um mapeamento 3D implícito para modelagem de bacias hidrográficas em áreas onde as elevações não tenham a precisão necessária. A abordagem também foi aplicada na detecção e caracterização de paleodrenagens em regiões de planície. Essas feições são tipicamente marcadas pela presença de vegetação nos diques marginais e/ou

no centro dos paleocanais e registram a evolução dos cursos de rios ao longo do Quaternário. Ainda que os MDS sejam mais adequados para esse tipo de análise, foi possível verificar com a seleção de pontos altimétricos do MDT que essas feições são passíveis de serem reconhecidas a partir da superfície do terreno, embora o erro do produto seja maior que a variação das margens ao centro dos paleocanais.

Palavras-chave: modelos digitais de elevação; modelos digitais de terreno; planície de inundação; planície aluvial; rio Amazonas.

ABSTRACT

Digital Elevation Models (DEM) consist of the digital representation of elevation values at different points in a specific geographic area. The use of a DEM requires an explicit definition of the physical surface to be modeled, as the term is generic and represents any surface, whether a digital surface model (DSM), which describes the forest canopy and other artificial or natural objects above ground, or a digital terrain model (DTM), which represents altimetric values at ground level. The main products available globally and free of charge, such as the SRTM, are DSM, while many geoscientific studies require ground surface recognition, which is only possible from an DTM. In plains, this problem is accentuated, since the vegetation height, the canopy cover and the errors of the elevation measurement technique can be greater than the real altimetric amplitude of the topographic surface, creating false reliefs and compromising a correct geomorphological interpretation. As an area with extensive vegetation cover, seasonally flooded, difficult to access and extensive periods of precipitation and cloud cover, the Amazon Coastal Zone is challenging for field studies and even for remote sensing analyses. In this context, this study aimed to evaluate and compare the performance of eight DEMs, one DTM obtained from airborne P-band radar and seven DSMs (AW3D30, ASTER GDEM, Copernicus DEM, NASADEM, SRTM, Topodata and an MDS obtained from X-band airborne radar) in the morphological characterization of a floodplain on the Amazon coast. A floodplain on the outskirts of the municipality of Mazagão, in the southern portion of the coast of Amapá, Brazil, was selected as a test area. All DEMs were resampled to the same 30 m mesh size and compared by visual control and statistical analysis based on slope elevation. The behavior of automated extraction from the hydrographic network was also analyzed. The comparison showed that the DTM obtained from P-band radar images was the most consistent with respect to terrain shapes, as it is less sensitive to vegetation. It was also found that even the DTM was not able to detect drainage lines or features corresponding to very small elevation variations. Rather than requiring more refined techniques or better spatial resolutions, which can result in unaffordable operational costs, we suggest that using external 2D data such as satellite imagery or existing databases can provide implicit 3D mapping for watershed modeling. hydrographic surveys in areas where elevations are not accurate enough. The approach was also applied in the detection and characterization of paleodrainages in lowland regions. These features are typically marked by the presence of vegetation on the banks and/or in the center of the paleochannels and record the evolution of river courses throughout the Quaternary. Although DSM are more suitable for this type of analysis, it was possible to verify, with the selection of altimetric points of the DTM,

that they are likely to be recognized from the ground surface, although the product error is greater than the height variation. from the margins to the center of the paleochannels.

Keywords: digital elevation models; digital terrain models; floodplain; alluvial plain; Amazon river.