

## **MODELAGEM DO RELEVO DA ZONA COSTEIRA OCIDENTAL DO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL.**

Ulisses Denache Vieira Souza<sup>1</sup>  
Antônio Cordeiro Feitosa<sup>2</sup>  
Hermann Johann Heinrich Kux<sup>3</sup>

### **Resumo**

A geração e utilização de Modelo Digital de Terreno, integrados a Sistemas de Informações Geográficas (SIG'S), são ferramentas extremamente úteis na caracterização morfológica de uma determinada área. As condições geográficas do segmento do Litoral Ocidental Maranhense denunciam o alto grau de vulnerabilidade da paisagem em função da intensa dinâmica imposta pela ocupação humana atual na área, seja através de práticas agrícolas mal elaboradas seja pela degradação ambiental, em especial dos manguezais. Este trabalho tem por objetivo a geração e análise de modelos tridimensionais, da área costeira ocidental do Maranhão com base em cartas planialtimétricas e dados de sensoriamento remoto, para a caracterização morfológica do relevo, possibilitando a análise temporal dos processos de erosão e sedimentação nesta região. A metodologia utilizada foi baseada no tratamento de dados do Radar Interferométrico da SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission). Para a realização do trabalho foram desenvolvidos os procedimentos metodológicos: levantamento e análise da bibliografia, utilização de softwares de tratamentos de dados de topografia para geração dos modelos, análise dos modelos e validação a partir do conhecimento da área. Os resultados evidenciaram feições características do relevo, auxiliando nas atividades de planejamento e monitoramento ambiental.

Palavras-chave: modelagem; Litoral Ocidental do Maranhão; Planejamento.

### **1 INTRODUÇÃO**

O conhecimento da morfologia terrestre torna-se fundamental para as atividades humanas por ser necessária na superação de obstáculos representados pelas formas do terreno encontradas pelo homem em diversas áreas.

---

<sup>1</sup> INPE/NEPA/UFMA. Email: [ulisses@dsr.inpe.br](mailto:ulisses@dsr.inpe.br)

<sup>2</sup> Prof. Dr. DEGEO/NEPA/UFM. Email: [feitos@terra.com.br](mailto:feitos@terra.com.br)

<sup>3</sup> Prof. Dr. DSR/INPE. Email: [hermann@dsr.inpe.br](mailto:hermann@dsr.inpe.br)

## **Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil.**

Ulisses Denache Vieira Souza  
Antônio Cordeiro Feitosa  
Hermann Johann Heinrich Kux

---

Em estudos dos sistemas terrestres, a chamada análise do terreno (*terrain analysis*) é uma abordagem consagrada para a medição e o tratamento de informações do relevo. Essas medições foram beneficiadas com a possibilidade de aparecimento de dados de sensoriamento remoto do qual podem ser extraídos variáveis como, altitude, drenagem, área de exposição e declividade, entre outros.

A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para tratar tais variáveis possibilita modelar a forma de superfícies representadas por campos contínuos, o mais comum é a grade ou matriz de altitudes conhecida como Modelo Digital de Elevação (MDE) (BURROUGH e MCDONNELL, 1998). Uma das principais fontes de dados referentes a variável altitude difundida nos últimos anos e utilizada em uma gama enorme de países é o MDE da Shuttle Radar Topographic Mission, ou MDE-SRTM, principalmente por sua ampla divulgação e fácil utilização (RODRIGUEZ et al., 2005).

Sobre a paisagem interna maranhense diversas informações têm sido produzidas desde as primeiras expedições exploradoras enviadas à procura de riquezas naturais, mas o conhecimento sobre a morfologia do relevo foi produzido apenas a partir do início do século XX, ainda sobre áreas restritas do território estadual.

Informações sobre feições morfológicas foram descritas por, Ab´Saber (1960), Lopes (1970), Barbosa e Pinto (1973), Feitosa (1983), IBGE (1984) e Ribeiro (2002) os quais apresentaram interpretações diversas mas convergentes, enquanto que Feitosa (2007) apresentou uma nova classificação para o relevo maranhense.

O litoral maranhense está dividido em Litoral Ocidental, Golfão Maranhense e Litoral Oriental o que pode ser justificado pela diferença em suas características geoambientais. Dentre estes três segmentos o Litoral Ocidental apresenta maior largura no sentido de oeste para leste, sendo na área das reentrâncias o local onde essa largura é mais expressiva. Nesta faixa de terras, podem ser identificados os seguintes ecossistemas: apicuns, falésias, lagunas, manguezais, pântanos salinos e salobros, praias e vasas.

As condições geográficas do segmento do Litoral Ocidental Maranhense denunciam o alto grau de vulnerabilidade da paisagem em função da intensa dinâmica imposta pela

## **Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil.**

Ulisses Denache Vieira Souza  
Antônio Cordeiro Feitosa  
Hermann Johann Heinrich Kux

---

ocupação humana atual na área, seja através de práticas agrícolas mal elaboradas seja pela degradação ambiental, em especial dos manguezais.

Este trabalho tem por objetivo a geração e análise de modelos da área costeira ocidental do Maranhão com base em cartas planialtimétricas e dados de sensoriamento remoto, para a caracterização morfológica do relevo, possibilitando a análise temporal dos processos de erosão e sedimentação nesta região.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de Estudo**

A área de estudo corresponde ao segmento do litoral maranhense denominado Litoral Ocidental, que compreende a área localizada das reentrâncias maranhenses que se estende da foz do rio Gurupi, a oeste, até a margem ocidental da baía de Cumã, a leste, tendo como limite a ponta do Guajuru, no município de Cedral (figura 01).

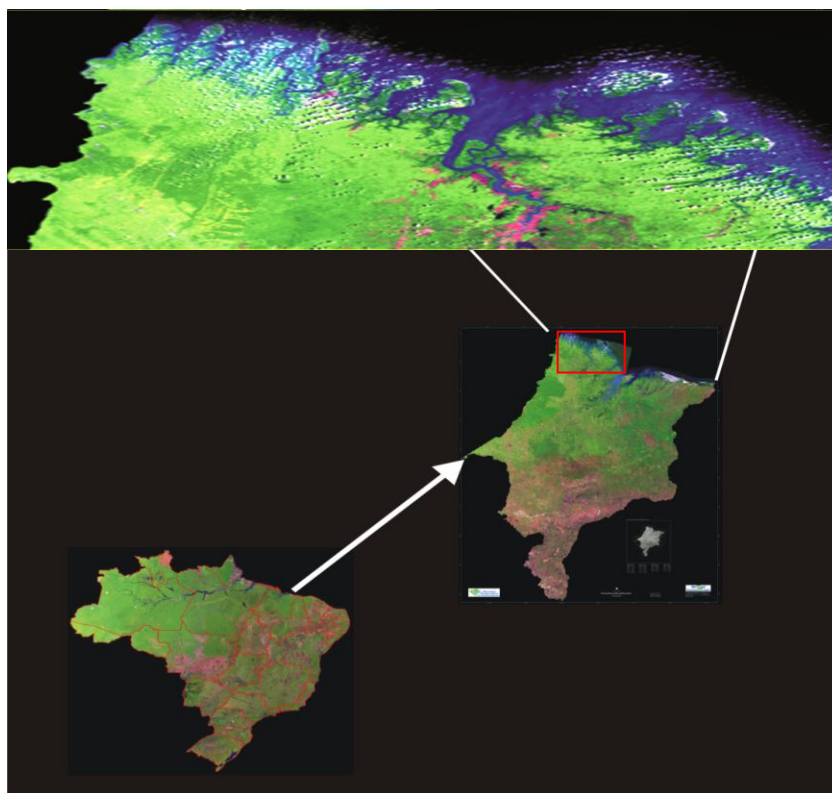


Figura 01: Mapa de Localização da área de estudo.

Fonte: EMBRAPA

## **Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil.**

Ulisses Denache Vieira Souza  
Antônio Cordeiro Feitosa  
Hermann Johann Heinrich Kux

---

### **2.2 Dados**

Foram utilizados como dados de entrada para a modelagem do relevo da porção ocidental do litoral maranhense dados relativos as variáveis: altitude, drenagem e grau de exposição que foram obtidos no portal do projeto Shuttle Radar Topography Mission, SRTM, (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>); A área de estudo está coberta pela folha SA 23, assim torna-se possível o download no formato HGT, necessário para elaborar o modelo de acordo com o formato do modelo digital de elevação (MDE) SRTM. Estes dados estão disponíveis na resolução 3 segundos de arco, ou aproximadamente 90m (RODRIGUES et al., 2005).

### **2.3 Procedimentos**

Os procedimentos metodológicos constaram de:

- Levantamento e análise do material bibliográfico existente sobre a geomorfologia do Maranhão;
- Levantamentos a partir de Projetos e Pesquisas Nacionais
  - Gerenciamento Costeiro do Maranhão (GERCO/MA, 1992/1993);
- Levantamentos a partir de Projetos e Pesquisas internacionais
  - GLOBESAR 2 - Aplicação do RADARSAT no Golfão maranhense (Cooperação Canadá/Brasil, 1998/2000).
  - Levantamento de material cartográfico e de sensoriamento remoto relacionado com a área de estudo.
- Para manipulação de dados numéricos na geração de superfícies foi utilizado SPRING v.5.1 (Câmara et al., 1996) e as versões 6.0 e 8.0 de SURFER (Golden Software Inc., 1995 e 2003).
- As operações para extração de variáveis e modelagem numérica foram organizadas na linguagem de programação interna do SIG Idrisi v.2.0 –Idrisi Macro Language (IML)-(Eastman, 1995).

- As ferramentas Global Mapper v.9.0 (Global Mapper Software LLC, 2007), Idrisi v.32 (Eastman, 2000) e UltraEdit v.14 (<http://www.ultraedit.com>), foram utilizadas para viabilizar a interoperatividade de formatos.

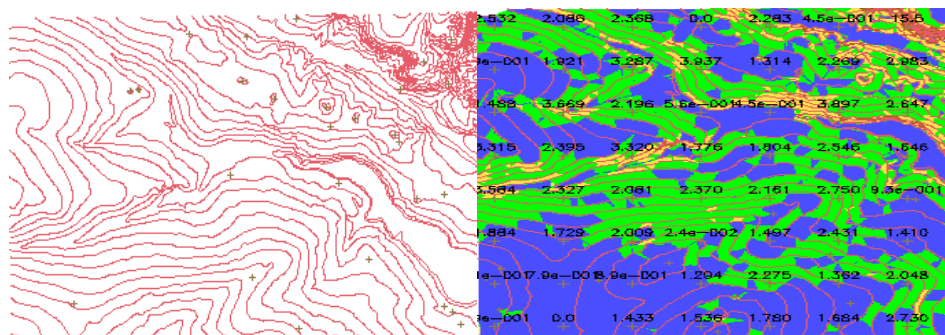
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 O Modelo Numérico de Terreno (MNT)

A criação e elaboração do modelo numérico de terreno foram executadas através da base de dados relacionada a pontos cotados, rede de drenagem e isolinhas a partir da utilização do software SPRING (e outros) que permitiram a elaboração de mapas, a estruturação de grades triangulares e retangulares correção de grades a partir de outra grade pré-estabelecida, além da criação de TIN e da possível visualização do MNT.

Um Modelo Numérico de Terreno (MNT) é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre, como, por exemplo, dados de relevo, informações geológicas, levantamentos de profundidade de rios, etc. A Figura 02 mostra a evolução da elaboração do modelo no respectivo software desde a demonstração das isolinhas, ao mapa de declividade a partir de pontos cotados até o modelo em 3D do relevo da área de estudo.

Dentro de alguns usos do MNT, pode-se citar: armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos, análises de corte-aterro, elaboração de mapas de declividade e de modelos tridimensionais que auxiliam no cruzamento de informações para avaliação do grau de vulnerabilidade de determinada área.



## **Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil.**

Ulisses Denache Vieira Souza  
Antônio Cordeiro Feitosa  
Hermann Johann Heinrich Kux

---

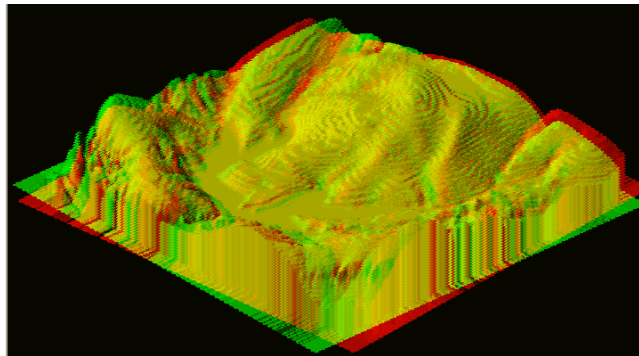


FIGURA 02: Etapas de Elaboração do MNT.

### **3.2 A morfologia do relevo**

Para Feitosa (2007) o relevo do território maranhense apresenta feições típicas das litologias dominantes em bacias sedimentares submetidas a longos períodos de atividades dos agentes externos, modelando as formas tabulares e subtabulares das superfícies erosivas e deposicionais.

Na Figura 03 os diferentes níveis de cinza obtidos a partir dos valores de altimetria ressaltam as características do relevo dessa porção do litoral maranhense onde ocorre o domínio do fator climático, com poucas evidências de controle litológico, pois o fator hidrológico responsável por grande parte dos processos geomorfológicos, nas áreas emersas, é dependente da convergência dos agentes climáticos. As delineações da drenagem e das áreas oceânicas se encontram mais escuras enquanto que as áreas que sofrem processo de dissecação são ressaltadas pela coloração com o nível de cinza mais claro.

Perante esta interpretação visual se pode perceber a extensa planície deste segmento maranhense corresponde aos terrenos com amplitudes altimétricas inferiores a 200 m, que adentram a porção interior sempre acompanhando os vales dos rios. Segundo Feitosa (2007) as áreas mais expressivas localizam-se nos vales inferiores de todos os rios que banham terras do Estado do Maranhão.

O segmento do Litoral Ocidental apresenta tanto a planície sublitorânea que corresponde ao prolongamento da faixa costeira em direção ao oceano, abrangendo a Plataforma Continental que é larga a oeste, onde atinge até 250 km, e estreita a leste com

## **Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil.**

Ulisses Denache Vieira Souza

Antônio Cordeiro Feitosa

Hermann Johann Heinrich Kux

---

profundidades de até 200 m, como a planície litorânea que é modelada por agentes e processos marinhos e fluviomarinhos responsáveis por originar às praias, mangues, vasas, pântanos, apicuns, lagunas e falésias, enquanto na área de fluxo indireto, maré dinâmica, ocorrem os pântanos e campos inundáveis.

As falésias também são encontradas nessa porção do litoral maranhense tendo sido configuradas a partir do solapamento das estruturas sedimentares que originam à formação de barreiras sobre o qual a dinâmica dos processos erosivos acarreta o recuo da barreira e o conseqüente avanço da linha da costa contribuindo para a retificação do litoral.

O modelo classificado a partir do fatiamento em cinco classes é o resultado da averiguação da variável altitude fornecida pelo SRTM. Na Figura 04 se pode constatar um conjunto de recortes da antiga linha da costa, marcada por paleofalésias e antigas rias, onde desaguam muitos cursos fluviais como o Turiaçu, o Maracaçumé e o Tromaí, além de uma infinidade de pequenos cursos que dão origem a igarapés. Nos baixos cursos desses rios a maré enchente penetra vários quilômetros para o interior (ANDRADE, 1969).

Segundo Feitosa (2007) as antigas rias foram transformadas em braços-de-mar pelo predomínio atual dos processos de deposição sobre os de erosão, que deram origem a extensas superfícies aluviais demarcadas por um grande conjunto de baías conectadas por canais divagantes e furos que delimitam exuberantes manguezais intercalados por ilhas, cordões litorâneos, lagoas, vasas e praias cuja largura, muitas vezes, supera 1 km.

## Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil.

Ulisses Denache Vieira Souza

Antônio Cordeiro Feitosa

Hermann Johann Heinrich Kux

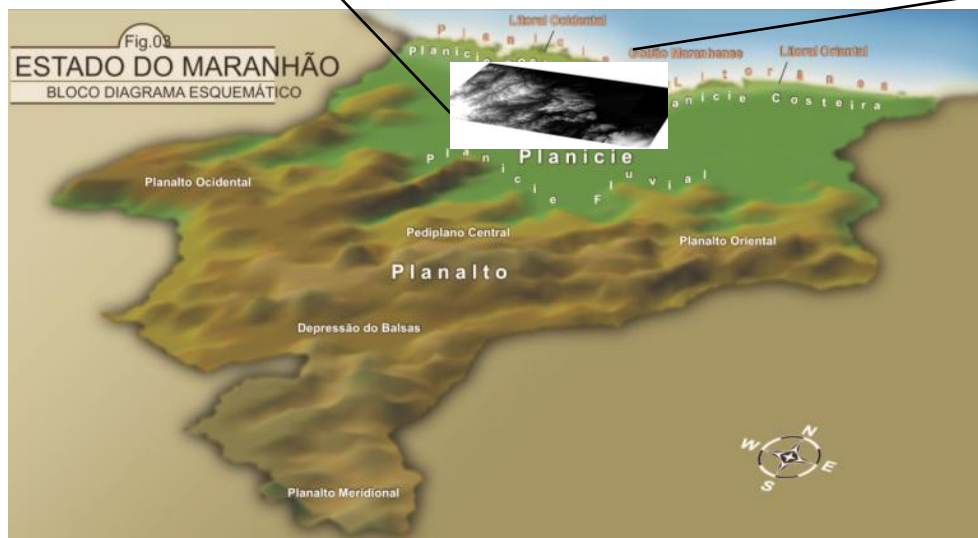
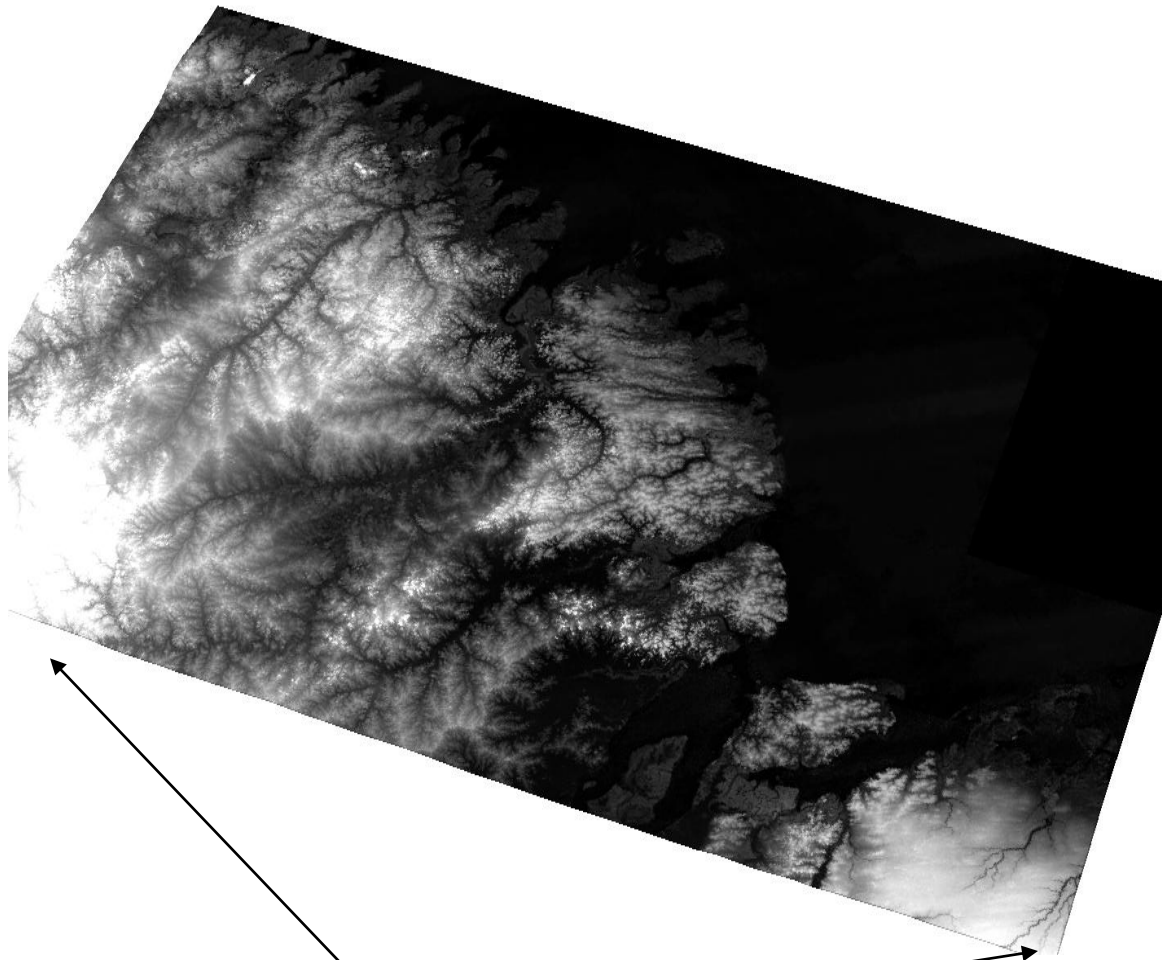


FIGURA 03: Visualização do dado SRTM da Folha SA-23 em escala de cinza.

FONTE: portal do projeto Shuttle Radar Topography Mission

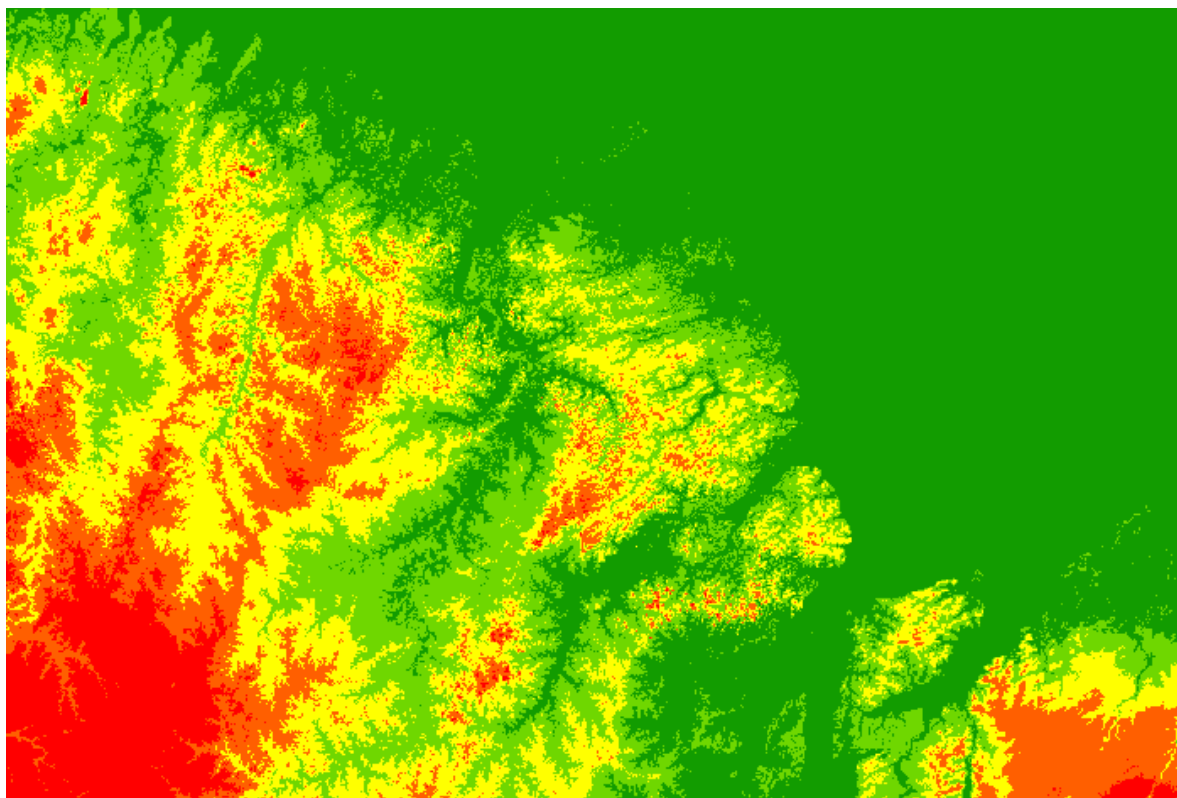


## Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil.

Ulisses Denache Vieira Souza  
Antônio Cordeiro Feitosa  
Hermann Johann Heinrich Kux

---

Na porção ao norte estão as baías de Turiacu, Lençóis, Capim, Cabelo de Velha, Cumã, Mutuoca, Maracaçumé, Carará, Piracaua, Tromai e Iririaçu, Iririmirim e Gurupi, circundadas por ilhas de extensão e forma variadas, resultantes da dinâmica sedimentar.



### LEGENDA

0 - 28    28,00000001 - 77    77,00000001 - 131    131,00000001 - 196    196,00000001 - 255

Figura 04: Fatiamento em 05 classes.

O modelo evidencia a presença de inúmeras baías, entre elas estão situadas as de Turiacu e de Lençóis, onde se encontra o arquipélago de Maiaú, onde se destacam as ilhas Mirinzal, Lençóis, Maiaú, Aracajá e Malhada e, entre as baías do Capim e Cabelo de Velha, se encontra o arquipélago de Cabelo de Velha, formado pelas ilhas Mangunça, Caçacueira, São João Mirim, São Lucas, Perus e Bicuava.

### **Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil.**

Ulisses Denache Vieira Souza  
Antônio Cordeiro Feitosa  
Hermann Johann Heinrich Kux

---

A modelagem do relevo desse segmento do litoral denunciam alto grau de vulnerabilidade da paisagem em função da intensa dinâmica sedimentar. As atividades humanas não representam fator de desequilíbrio, exceto nas áreas de influência direta dos povoados por causa do predomínio do emprego de técnicas ainda rudimentares na pesca e na extração de recursos como o sururu e madeira de mangue (Figura 05).



Figura 05: Manguezais ao longo da baía de Turiaçu, Litoral ocidental do MA.  
Fonte: Feitosa, 2007.

No território maranhense os terrenos aluviais ocupam grandes extensões, distribuindo-se ao longo da planície litorânea, formada por aluviões marinhos e fluviomarinhos, avançando em direção ao interior do Estado, na planície costeira, onde predominam aluviões fluviais com influência eólica, na costa de dunas e restingas, e com influência lacustre na Baixada Maranhense (FEITOSA, 2007).

#### **4. CONCLUSÕES**

Os estudos de modelagem auxiliam na visualização das formas do relevo, facilitando desde interpretações em caráter geral até análises de micro feições quando a escala do modelo é refinada de forma a discriminar unidades morfológicas em escala local.

No que tange o relevo do Litoral Ocidental do território maranhense, poucos estudos contemplam detalhamento e esforços devem ser realizados no intuito de se produzir informações que demonstrem a configuração do relevo em escalas mais refinadas a partir da disponibilidade de dados de novos sensores e de levantamentos topográficos mais minuciosos.

Com base no modelo pode se perceber que a planície corresponde aos terrenos que dominam o setor norte do segmento litorâneo Ocidental, com largura variável de oeste para leste, apresentando um conjunto significativo de compartimentos que se diferenciam mais por características locais do que por grandes amplitudes topográficas, os recortes podem ser bem identificados no modelo assim como as áreas mais altas e planas, auxiliando assim atividades de planejamento regional que venham a auxiliar na gestão dessas áreas costeiras.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AB´SABER, Aziz Nacib. **Contribuição à geomorfologia do Estado do Maranhão.** Notícia Geomorfológica. Campinas: 3(5): 35-45, abr. 1960.
- BARBOSA, Getúlio Vargas e PINTO, Maria Novaes. **Geomorfologia da Folha AS. 23 São Luís e parte da folha SA 24 Fortaleza.** In: Proj RADAM. Rio de Janeiro, 1973. v. 3.
- BURROUGH, P.A.; MCDONNELL R.A. **Principles of Geographical Information Systems.** New York: Oxford University Press, 1998. 333p.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS U. M.; GARRIDO, J.; MITSUO F. I. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling.** Computers & Graphics, v.20, n.3, p 395-403, 1996. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html> . Acesso em mar.2011.
- EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows: user's guide.** Versão I32.11 Worcester: Clark University, 2000.

**Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil.**

Ulisses Denache Vieira Souza  
Antônio Cordeiro Feitosa  
Hermann Johann Heinrich Kux

---

FEITOSA, Antonio Cordeiro. **Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão**. Rio Claro: IOGCE/UNESP, 1989. Dissertação de mestrado.

\_\_\_\_\_ **O Maranhão primitivo: uma tentativa de constituição**. São Luís: Ed. Augusta, 1983.

FEITOSA, Antonio Cordeiro e TROVÃO, José Ribamar. **Atlas escolar do Maranhão: espaço geo-histórico-cultural**. João Pessoa: Ed. Grafset, 2006.

FEITOSA, A. C. **Relevo do Estado do Maranhão: Uma nova proposta de Classificação Topomorfológica**. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2007, Goiânia. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia – Anais. Goiânia: UFG, v. 1: 1-11.

GLOBAL MAPPER LLC. **Global Mapper. Software Versão 9.0: user's manual**. 2007. 177p. Disponível em [http://www.globalmapper.com/helpv9/Help\\_Main.html](http://www.globalmapper.com/helpv9/Help_Main.html). Acesso em jun.2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do Maranhão**. Rio de Janeiro: IBGE, 1984.

LOPES, Raimundo. **Uma região tropical**. Rio de Janeiro: Cia. Editora Fon-Fon e Seleta, 1970.

MUÑOZ, V.A. ; VALERIANO, M. M.; VIANA, D. R. . **Estimativa da Altura Topográfica por Geoprocessamento para Modelagem do Relevo**. In: II SIMGEO, 2008, Recife (PE). Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2008.

RIBEIRO, Francisco de Paula. **Memórias do Sertão Maranhense**. São Paulo. Siciliano. 2002.

RODRIGUEZ, E.; MORRIS, C.S.; BELZ, J.E.; CHAPIN, E.C.; MARTIN, J.M.; DAFFER, W.; HENSLEY, S. An assessment of the SRTM topographic products. Pasadena, California: Jet Propulsion Laboratory, 2005. 143 p. (JPL D-31639). Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/srtmBibliography.html>. Acesso em: 21.fev.2011.