

MAPEAMENTO DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS SUBMERSAS NO RIO  
XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL

**MAPEAMENTO DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS SUBMERSAS NO RIO  
XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL**

de Paula, E.M.S.<sup>1</sup>; Gorayeb, A.<sup>2</sup>; de Paula, J.M.O.<sup>3</sup>;

<sup>1</sup>UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARA

*Email:edermileno@ufpa.br;*

<sup>2</sup>UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARA

*Email:adryanegorayeb@yahoo.com.br;*

<sup>3</sup>UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARA

*Email:janauece@gmail.com;*

**RESUMO:**

Levantamentos batimétricos constituem a principal base para mapeamento geomorfológico de feições submersas. Esse artigo demonstra proposta metodológica envolvendo técnicas de processamento e classificação de imagens na região do visível e do infravermelho do espectro eletromagnético, a qual proporciona o mapeamento de feições geomorfológicas submersas em áreas extensas. Selecionou-se para aplicação da metodologia o trecho do rio Xingu na Amazônia Oriental que contém o Arquipélago do Embaubal.

**PALAVRAS CHAVES:**

*Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento; Geomorfologia Fluvial*

**ABSTRACT:**

Bathymetric surveys are the main basis for geomorphological mapping of submerged features. This article demonstrates methodological approach involving technical processing and classification of images in the visible and infrared region of the electromagnetic spectrum, which provides the mapping of submerged geomorphological features over large areas. Was selected for the application of the methodology section of the Xingu River in the eastern Amazon that contains the Embaubal Archipelago.

**KEYWORDS:**

*Remote Sensing; GIS; Fluvial Geomorphology*

# MAPEAMENTO DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS SUBMERSAS NO RIO XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL

## **INTRODUÇÃO:**

Os levantamentos batimétricos constituem a principal base para mapeamento geomorfológico das feições submersas, podendo ser realizados por equipamentos topográficos ou com auxílio de sensores remotos ativos e passivos. Sendo que levantamentos com maior capacidade de detalhamento em áreas extensas utilizam produtos oriundos de SONAR (Sound Navigation and Ranging) e LIDAR (Light Detection and Ranging) (JENSEN, 2011). Esse artigo tem como objetivo demonstrar proposta metodológica envolvendo técnicas de processamento e classificação de imagens da região do visível e infravermelho para interpretação e mapeamento geomorfológico de feições submersas em áreas extensas. A aplicação dessa metodologia somado a periodicidade de informações possíveis nos sensores orbitais, permitiu a elaboração de estudos evolutivos de relevo submerso, sem necessitar de métodos de levantamentos batimétricos, por vezes dispendiosos de recursos econômicos e de tempo. Selecionou-se para aplicação metodológica trecho do rio Xingu na Amazônia Oriental, que contém o Arquipélago do Embaubal. Esse trecho de rio é considerado uma ria (BRASIL, 1974) efetivada pela surgimento do mar, que provoca diminuição substancial da velocidade do rio fazendo que o mesmo deposite sua carga de sedimentos suspensos (JENSEN, 2011) formando ilhas e praias fluviais temporariamente inundadas. A montante desse trecho de rio estão em construção barramentos, canais, diques, reservatórios, dentre outras obras artificiais para aproveitamento Hidrelétrico. A exemplo de outras obras com barramento do fluxo fluvial natural, o Rio Xingu com a construção do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, terá uma nova dinâmica geomorfológica (MAKKAVEYEV, 1972; CUNHA, 2008). Assim, além da descrição do percurso metodológico para o mapeamento das feições de relevo submersas, essa pesquisa pode apoiar as ações de planejamento e de gestão ambiental deste trecho do rio Xingu.

## **MATERIAL E MÉTODOS:**

Três etapas principais nortearam essa pesquisa, a saber: Pesquisa Bibliográfica e Documental; Visitas Técnicas a Campo; Realce das Feições e Classificação. Ratificando as considerações de Florenzano (2008) sobre interpretação de imagens para identificação das feições geomorfológicas, mostrou-se necessário conhecimento conceitual e prático relacionado ao Sensoriamento Remoto e à Geomorfologia, assim como conhecimentos de especificidades da área de estudo. Foram realizadas visitas à área de estudo nos anos de 2011 e 2012 para reconhecimento das feições em períodos de inundação (dezembro a julho) e em nível mínimo normal (agosto a novembro). Teve-se como referências documentais os mapeamentos geológico e geomorfológico do Projeto RADAM (BRASIL, 1974) e o mapeamento geológico do Programa Geológico Brasileiro (BRASIL, 2004). Christofolletti (1980), Cunha (2008), Novo (2008b), Jensen (2011) e IBGE (2009) balizaram o conhecimento sobre mapeamento geomorfológico. Lafon et al (2002, JENSEN 2011) Sena et al (2009) Cordeiro et al (2011) e Duarte et al (2013) usaram imagens do SPOT, do LANDSAT-5, do IRS-P6 e do CBERS-2B para o estudos com objetivos semelhantes ao deste, sendo que nesta pesquisa escolheu-se

## MAPEAMENTO DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS SUBMERSAS NO RIO XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL

imagens do acervo do programa LANDSAT, em acordo com a escala de mapeamento escolhida, 1:100.000. Utilizou-se parte da cena 225/062 de julho 2011 com correção geométrica do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite LANDSAT 5, por possuir baixa presença de nuvens e corresponder a data/período do levantamento de campo. As imagens não passaram por correções radiométricas. Foram aplicadas técnicas para realce de feições disponíveis no SPRING5.2.6, tais como: Contraste, Filtros, Transformação IHS e Componentes Principais. E selecionaram-se os produtos que permitiram a melhor discriminação das feições submersas, para classificação pelo algoritmo Máxima Verossimilhança.

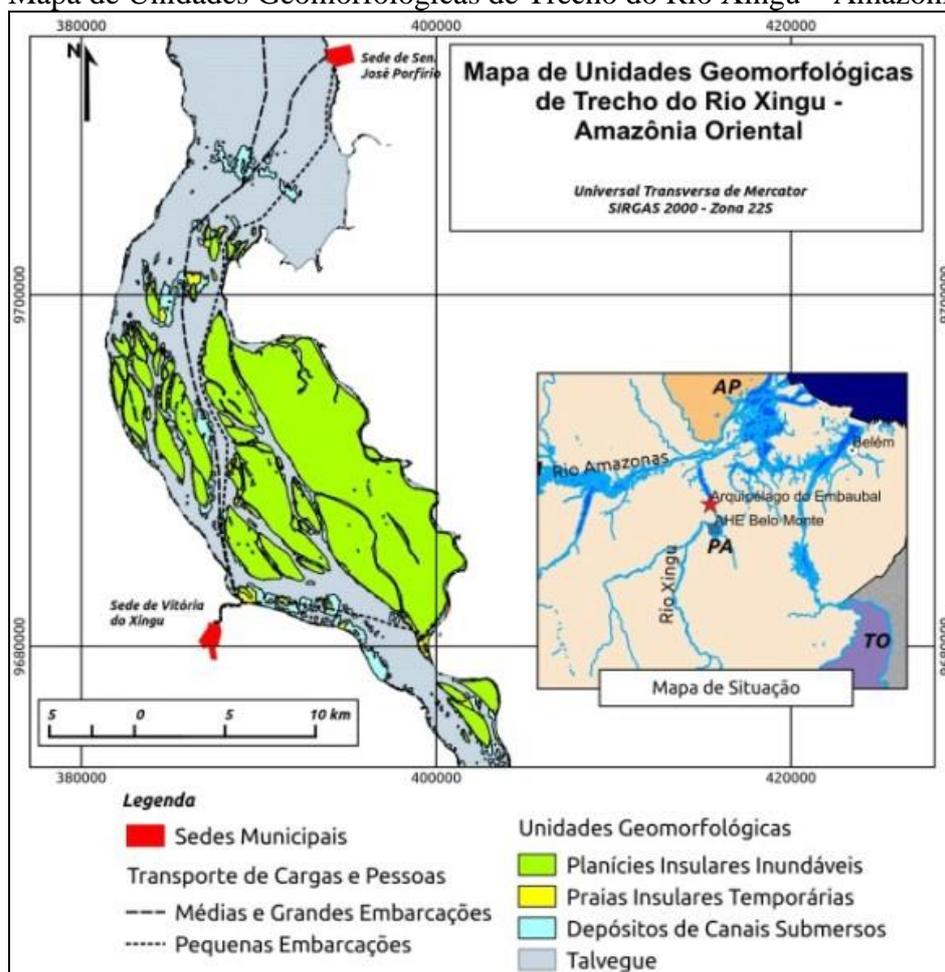
### RESULTADOS E DISCUSSÃO:

As técnicas de realce de imagem transformam a informação espectral temporariamente ou geram novas imagens. Das técnicas disponíveis, somente a aplicação de Filtro e de Contraste resultou em produtos úteis para o mapeamento das feições geomorfológicas submersas. O contraste é considerado o processamento mais simples que imagens podem ser submetidas. Optou-se por aplicar os contrastes implementados no SPRING5.2.6, sendo que o algoritmo Equalização de Histograma permitiu a melhor identificação visual dos alvos submersos, por ter expandido os níveis de cinza ao longo de todo o intervalo (0 – 255), através de uma transformação não-linear que considera a distribuição acumulativa da imagem original (CAMARA, 1996). A análise dos resultados do contraste Equalização de Histograma nas banda de 1 a 7 do Landsat mostrou que a Banda 3 detém registros mais detalhados das feições submersas, em relação as demais bandas. Sendo que Mertes et. al. (1995), Sena et. al. (2009), Cordeiro et. al. (2011) e Duarte et. al. (2013) também indicam a faixa do vermelho em seus estudos. Em Brasil (2014) há indicação da banda 1 (0,45 – 0,52 $\mu$ m) do LANDSAT5 para levantamentos batimétricos, entretanto Jensen (2011) indica que os levantamentos batimétricos nessa porção espectral requerem que a água esteja livre de constituintes orgânicos e inorgânicos. Conforme a classificação geral proposta por Sioli (1984) para a região amazônica, o rio Xingu tem suas águas classificadas como água preta, com domínio de cargas dissolvida, sendo que nesse tipo de água Legleiter et al. (2004) observam que comprimentos de onda entre 0,56 e 0,69 $\mu$ m proporcionam melhores respostas do alvo. Quanto aos filtros, esses são aplicados no domínio espacial e espectral das imagens, sendo que os filtros mais comuns são os lineares, morfológicos e os de textura. A aplicação do Filtro Linear Passa Baixa Média 5x5 na faixa do vermelho permitiu atenuar os efeitos de ruídos provocado pela diferença de sensibilidade dos detectores do sensor remoto, e preservou os componentes de baixa frequência. Percebeu-se que as feições submersas têm baixa frequência espectral nas imagens, e que os demais filtros implementados no SPRING5.2.6 ora não permitiram a discriminação das feições submersas, ora não atenuaram o ruído provocado pelo sensor TM. A imagem resultante do processo de realce das feições geomorfológicas submersas foi classificada de forma supervisionada pelo valor do pixel. Esse processo classificatório atribui a cada pixel da imagem um rótulo de acordo com classe pré-estabelecidas. Foram indicadas 5 classes: Nuvens, Planícies Insulares Inundáveis, Praias Insulares

## MAPEAMENTO DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS SUBMERSAS NO RIO XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL

Temporárias, Depósitos de Canal Submersos e Talvegue. O classificador Máxima Verossimilhança ponderou as distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, e no processo de pós-classificação a classe Nuvens foi reclassificada utilizando-se técnicas de classificação visual de imagens. A figura 1 representa o mapeamento resultante das aplicação metodológica. A área do canal fluvial mapeada como talvegue corresponde à região de maior profundidade do canal. Os depósitos de canal submersos constituem locais de deposição sedimentar temporários ou permanentes que podem originar praias fluviais. As praias insulares fluviais são depósitos de canal localizados no entorno das ilhas fluviais, que surgem no período de vazante dos rios. Essas praias poderiam ser mapeadas sem a necessidade de realce de feições no período de nível mínimo do rio Xingu, porém imagens na região espectral do visível com cobertura de nuvens adequada para execução do mapeamento no período de vazante são raras. As planícies insulares inundáveis constituem depósitos de canais cobertos por vegetação arbórea de várzea. Pode-se refinar os limites dessa classe utilizando a faixa espectral do infravermelho próximo, que permite maior distinção entre os limites da água e da cobertura vegetal.

Mapa de Unidades Geomorfológicas de Trecho do Rio Xingu – Amazônia



# MAPEAMENTO DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS SUBMERSAS NO RIO XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL

## CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Percebe-se que através do processamento e classificação de imagens na faixa do vermelho da região do visível para águas com constituintes orgânicos e inorgânicos dissolvidos é possível interpretar e mapear feições geomorfológicas submersas em áreas extensas sem auxílio de tecnologias como SONAR e LIDAR. A aplicação de filtro e de contraste resultou em produtos úteis para processo de classificação de feições geomorfológicas submersas, sendo que essas técnicas estão disponíveis em diversos sistemas de processamento digital de imagem. O uso do Filtro Linear Passa Baixa Média na faixa do vermelho permitiu atenuar os efeitos de ruídos provocados pela diferença de sensibilidade dos detectores do sensor remoto, e preservou os componentes de baixa frequência. Mesmo não sendo objetivo dessa pesquisa, a metodologia proporciona produtos que podem auxiliar a navegação, embora não podendo ser utilizados de forma exclusiva.

## AGRADECIMENTOS:

Ao Laboratório de Geoecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental - LAGEPLAN/UFC

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA:

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam: Folha SA.22 Belém – Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, 1974.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. Programa Geologia do Brasil. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: SA.22 – Belém. Brasília, 2004. CD-ROM

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Ministério da Ciência e Tecnologia. Os satélites LANDSAT 5 e 7. Principais características e aplicações das bandas TM e ETM dos satélites LANDSAT 5 e 7. Disponível em: <[http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57\\_PT.php](http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php)>. Acesso em: 12 jun. 2014.

CAMARA, G et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.  
CHEN, H. S. Space remote sensing systems: An introduction. Orlando Academic Press, Inc., 1985, 269 p.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Editora Blucher, 1980. 12ª reimpr.,  
CORDEIRO, E. F. et al. Caracterização de feições morfoestruturais submersas na região

MAPEAMENTO DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS SUBMERSAS NO RIO  
XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL

do estuário do Rio Jaguaribe (CE) a partir do processamento de imagens Landsat 5 TM. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.7426

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 20ed., Bertrand Brasil, 2008. p. 211-252.

DUARTE, C. R. et al. Realce de feições emersas e submersas no estuário do Rio Choró (CE) através do processamento de imagens Landsat 5 TM e IRS-P6 LISS III . Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE . Disponível em [www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1160.pdf](http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1160.pdf) acesso em 21/05/2014.

FLORENZANO, T. G. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual técnico de geomorfologia. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009. 182 p.

JESEN, J. R. Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphany (Coordenador)... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2011. 2ªed.

LAFON, V., et al. SPOT Shallow Water Bathymetry of A Moderately Turbid Tidal Inlet Based on Field Measurements. Remote Sensing of Environment, 81: 136-148. 2002.

LEGLEITER, C. J., et al. Passive Optical Remote Sensing of River Channel Morphology and in-stream Habitat: Physical Basis and Feasibility. Remote Sensing of Environment, 93: 493-510.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Blucher, 2008a.

NOVO, E. M. L. M. Ambientes Fluviais. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008b. p. 219-246

MAKKAVEYEV, N. I. The impact of large water engineering projects on geomorphic process in stream valleys. Soviet Geography: Review and Transactions. 13: 387-393, 1972.

MAPEAMENTO DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS SUBMERSAS NO RIO  
XINGU – AMAZÔNIA ORIENTAL

MERTES, L. A. K., et al. Spatial patterns of hydrology, geomorphology, and vegetation on the floodplain of the Amazon river in Brazil from a remote sensing perspective. *Geomorphology*, Volume 13, Issues 1–4, September 1995, Pages 215-232

SENA, I. P. da S. et al. Uso de imagens CBERS2B-CCD para mapeamento de feições submersas na Folha Touros-RN (SB.25-V-C-II). *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2185-2191.

SIOLI, H. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses and river types. In: SIOLI, H. (Ed.). *The Amazon: limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin*. Boston: Dr. W. Junk, 1984.