

Uso das Imagens SAR R99B para Mapeamento Geomorfológico do furo do Ariaú no município de Iranduba-AM

Willer Hermeto Almeida Pinto¹
Ailton Luchiar¹

¹Universidade de São Paulo - USP
Avenida Prof. Lineu Prestes, 338. Cidade Universitária. CEP: 05508-080
Caixa Postal:72042 - São Paulo, Brasil.
willer.hermeto@usp.br
aluchiar@usp.br

Abstract. The study of the forms of terrestrial landscape had a significant progress with the use of modern remote sensing tools. In the Amazon region, due to extensive cloud cover, haze and smoke, almost the entire year, somehow, causes difficulty imaging with optical sensors. The best images for the region, are the pictures from Radar because this system has the advantage of acquiring images, independent of the presence of clouds or smoke. Thus, this work aimed to use pictures of the Synthetic Aperture Radar (SAR) R99B for geomorphological mapping along the “Furo do Ariaú” in the municipality of Iranduba. The methodology used in this study was based on the adaptation of the methods proposed by Lima (1995), composed of three phases: identification, analysis and interpretation. The proposed method allowed the interpretation of geomorphological features based on texture of SAR/R99B images with multiple polarizations to the lowlands to an altitude not exceeding 100m. In order to try to understand the dynamics of the Ariaú river area fieldwork and soil survey were conducted. As a result of this research a map was obtained, including the drainage map, geomorphological map of the river and the main nutrients in the soil trough Ariaú. The SAR images were effective for different geomorphological mapping to medium scale. This work, therefore, arises as a prospect for new interpretations of fluvial geomorphic low-lying areas of the Amazon.

Palavras-Chave: Synthetic Aperture Radar, fluvial geomorphology, Amazon region, Radar de Abertura Sintética, geomorfologia fluvial, Região Amazônica.

1. Introdução

Ao longo das últimas décadas, junto com o avanço computacional, o sensoriamento remoto passou a ter uma importância significativa para os estudos ambientais, principalmente nas questões envolvendo a geomorfologia, pois a identificação, o entendimento e a avaliação quanto à natureza das formas de relevo em imagens de sensores remoto é um dos grandes benefícios trazidos pelo uso dessa ferramenta (Jensen, 1949). Esses avanços têm sido de grande importância para estudos como mapeamentos geomorfológicos, sistemas lacustres e ecologia da paisagem, Almeida Filho e Miranda (2007); Florenzano (2008); Hess *et al.* (2003); Melack e Hess (2010); Novo *et al.* (2005); Souza Filho *et al.* (2006); Teixeira e Sano (2007); entre outros.

Segundo Paradella *et al.* (2005), na região Amazônica a presença de nuvens, brumas e fumaças impõe restrições ao uso de sensores ópticos. Dessa forma, os dados de radar passam a ter uma importância fundamental, pois, têm a capacidade de prover imagens de elevada resolução espacial, de modo independente de condições atmosféricas e fonte solar. Tudo isso tem uma contribuição significativa para a descrição da forma do relevo desse ambiente.

Os trabalhos desenvolvidos, utilizando dados de sensoriamento remoto para mapeamento geomorfológico em escala de detalhes, na Amazônia, em relação às terras baixas, são poucos. Apesar do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) disponibilizar imagens do Synthetic Aperture Radar (SAR) R99B para a comunidade acadêmica, poucos trabalhos relacionados à geomorfologia têm sido desenvolvidos utilizando esses dados. Segundo Cunha *et al.* (2003), a cartografia geomorfológica é um dos mais importantes veículos de comunicação e análise dos

resultados obtidos sobre as formas do relevo e dos processos que atuam em determinado local.

O principal estudo sobre o relevo da Amazônia se deu na década de 1970 com o projeto RADAMBRASIL. No entanto, apesar da grande contribuição desse projeto, o mapeamento foi realizado em pequena escala, ocasionando uma lacuna para o entendimento do relevo local, onde a pouca cobertura cartográfica sistemática, em escala de detalhamento, ocasiona dificuldade no entendimento das formas predominantes de relevo.

Desta forma, esta pesquisa teve como objetivo a identificação das formas de relevo existentes na área do furo do Ariaú, utilizando as imagens do SAR/R99B para o mapeamento geomorfológico.

2. Materiais e métodos

A área de estudo situa-se na região da Bacia do Amazonas, entre os municípios de Iranduba e Manacapuru nos seguintes paralelos 3° 00' 00" S e 3° 20' 00" S e meridianos 60° 20' 00" W e 60° 30' 00" W. Essa área recobre parte das folhas SA-20-Z-D-III-1 Lago do Limão e SA-20-Z-D-III-3 Colônia Boa Vista (Figura 1).

O furo do Ariaú liga dois dos maiores sistemas fluviais do mundo, o rio Solimões/Amazonas e o rio Negro. Essa área apresenta dois ambientes bem distintos: a várzea e a terra firme. Isso propicia a existência de um diversificado ecossistema, com uma variada tipologia vegetal e pedológica. Também nessa área está concentrado um grande número de sítios arqueológicos das populações pré-colombianas que habitavam essa região (Neves, 2003).

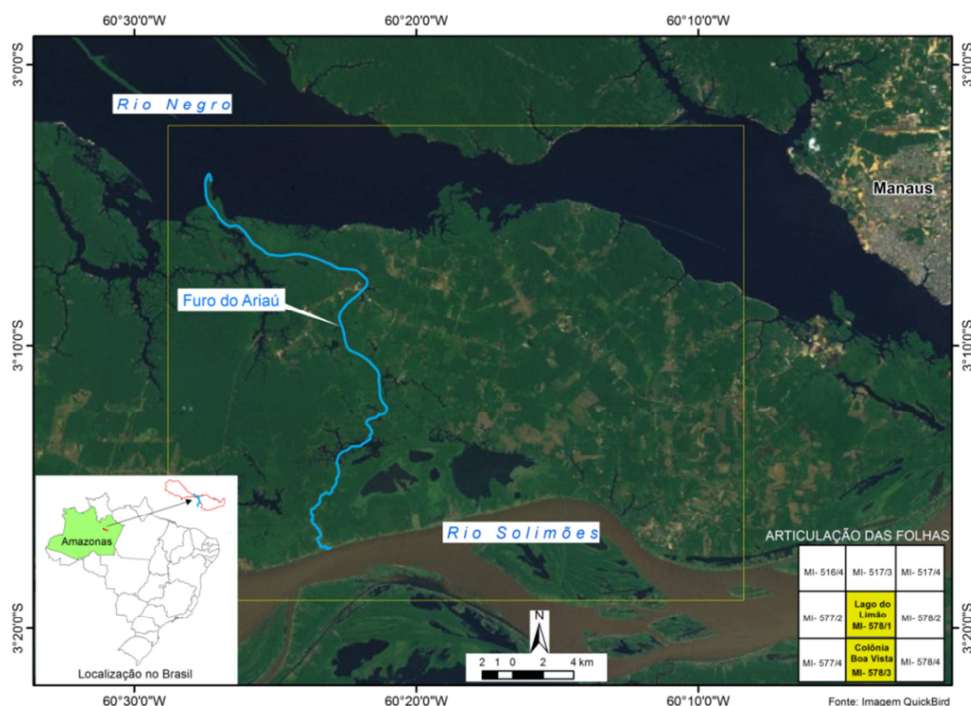


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Os dados desta pesquisa são compostos de: imagens do sensor aerotransportado SAR R99B, adquirido no modo de mapeamento Quad L + X, com combinações polarimétricas na banda L (HH, HV, VH e VV) e uma na Banda X (HH), com resolução espacial de 6 metros. Essas imagens foram adquiridas em 15 de dezembro de 2005.

A base cartográfica empregada foram as seguintes: Carta Topográfica na escala de 1:50.000 Folhas SA-20-Z-D-III-1 Lago do Limão e SA-20-Z-D-III-3 Colônia Boa Vista, DSG, 1984, assim como os arquivos vetoriais digitais da base de dado do IBGE/SIPAM,

contendo dados de drenagem, geologia, geomorfologia, vegetação e pedologia na escala de 1:250.000. A análise e o tratamento das imagens foram realizados com uso do software ENVI 4.7, ERDAS 9.1 e o acabamento, impressão e elaboração dos mapas no software ArcGis 10.

Os métodos e procedimentos adotados nesta pesquisa foram divididos nas seguintes fases: 1- Levantamento dos dados disponíveis e pré-processamento; 2- Processamento dos dados; 3- Análise e interpretação dos resultados.

3. Resultado e discussões

O resultado da extração manual da rede de drenagem através das imagens do SAR possibilitou visualização dos cursos d'água de menor porte, onde a maioria desses cursos não é vista nas cartas topográficas e nem nas imagens dos sensores ópticos, isso porque o tipo de comprimento da onda interfere diretamente no sinal de retorno para o sistema radar.

A densidade de drenagem varia, em geral, de muito baixa a muito alta, de acordo com a quantidade de drenagens e comprimento dos vetores por unidade de área (km²). Os resultados alcançados com a densidade de drenagem extraída da área de estudo, demonstram que a rede de drenagem é mais densa próximo do furo do Ariaú e ao longo dos lagos, na região NW da área de pesquisa. Em contrapartida, na parte NE e SE da área de estudo, a densidade varia de média a baixa. Esse resultado evidencia um tipo diferenciado de solo e mesmo de relevo, pois nas áreas de alta densidade o solo pode ser extremamente impermeável.

O Planalto Dissecado Rio Trombetas-Rio Negro, também denominado de Baixos Platôs da Amazônia Oriental, está representado por colinas pequenas e médias dissecadas, vales fechados e drenagens dendríticas e subdendríticas (Silva, 2005; Dantas & Maia, 2010). Na área de estudo foram identificadas as seguintes unidades morfológicas: 1- Platô, 2-Planície Fluvial e 3-Terraço Fluvial (Figura 2).

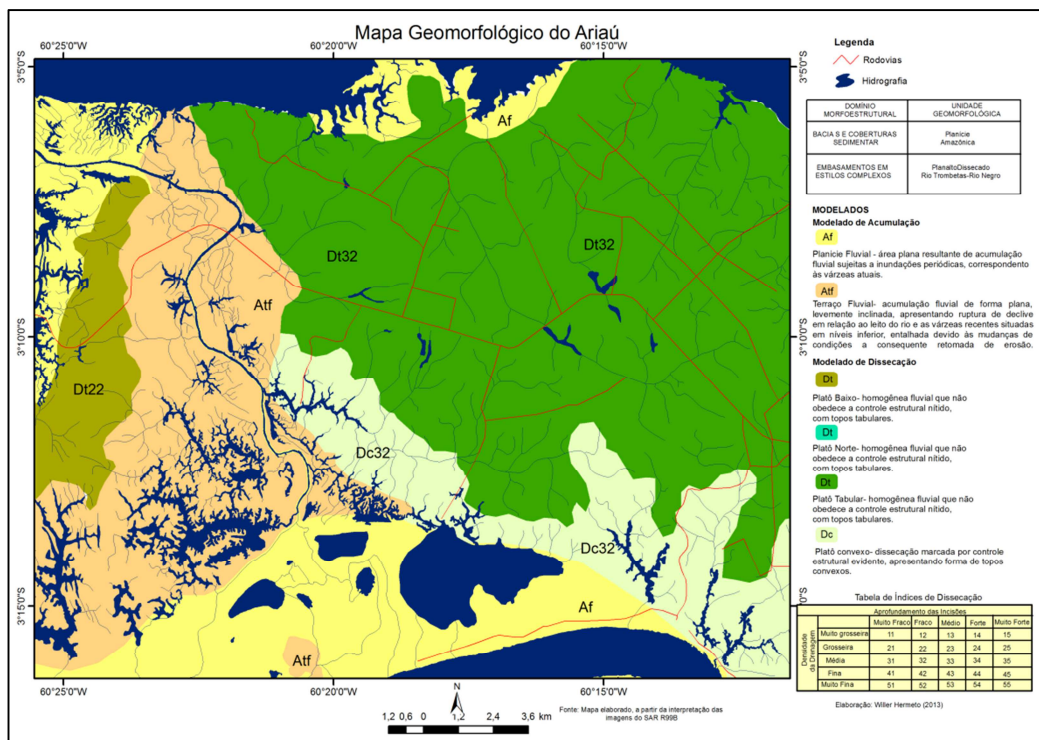


Figura 2 – Mapa geomorfológico da área do Ariaú.

1- Platô- Pela interpretação das imagens SAR R99B pode-se dividir em três subunidades correspondentes à área do Ariaú: os de topos tabulares, os de topos convexos e o baixo-platô.

As subunidades dos platôs de topos tabulares estão situadas na parte central e nordeste da área de estudo. Essa subunidade é a que contém as cotas mais elevadas da área de pesquisa, variando de 80 a 100 m, inserida na formação Alter do Chão e representada, normalmente, por rochas sedimentares intemperizadas e laterizadas. O solo predominante nesta subunidade é o Latossolo Amarelo. No entanto, o Espodossolo aparece no fundo de alguns vales, geralmente encontrado em pequenas manchas nas proximidades de igarapés e, embora menos comum, no terço médio de algumas vertentes, essa classe de solo não aparece no mapa de solos devido a sua pequena extensão, bem como as manchas de solo de Terra Preta bastante comuns na área de pesquisa. Tanto o Espodossolo quanto a Terra Preta, são cobertos por uma vegetação típica de campinas e campinaranas. A vegetação predominante nesses platôs é de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. No entanto, devido à ação antrópica intensa nessa área, grande parte da vegetação original já foi retirada para o uso e ocupação do solo para agricultura. Nas imagens SAR R99B, essa unidade aparece com uma textura grossa com tons de cinza claro e médio.

Platôs de topos convexos estão situados na parte sul-sudeste da área de estudo, e são uma área de contato com a planície fluvial do rio Solimões/Amazonas. A drenagem é do tipo dendrítica, apresentando igarapés com vales afogados. O solo é do tipo Latossolo Amarelo com vegetação de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. Também apresenta vegetação secundária, capoeira, além de apresentar uma intensa modificação na paisagem pelo uso e ocupação do solo. É nessa área que se encontra a sede do município de Iranduba. Nessa unidade reúne formas de relevo caracterizadas por superfícies colinosas de topo convexo tabular, separada por vales de declive moderado. Essa subunidade aparece com uma textura muito grossa na imagem de radar do R99B, com tons de cinza variando de claro a médio.

Baixo-platô- essa subunidade apresenta nível abaixo de 50 metros e está na parte oeste da área de estudo, em contato com os terraços fluviais e com a planície de inundação. Apresenta vegetação de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas com Dossel Emergente. Essa unidade caracteriza-se por apresentar uma superfície plana levemente ondulada, com entalhamento dos vales muito fraco (<20 metros) e com um relevo de amplitude inferior a 50 metros, sendo a rede de drenagem influenciada, principalmente pelo Lago do Ubim. Conforme Silva (2005), nessa área ocorrem depósitos argilosos e siltosos com níveis arenosos intercalados, de coloração cinza. Esses depósitos são bastante utilizados pela indústria oleira para fabricação de telhas de barro e tijolos. Nos trabalhos de Silva (2005) e Soares (2007), esses depósitos estão sendo considerados como pertencente ao Quaternário, diferente do mapeamento geológico realizado pelo RADAMBRASIL, que considerou essa área como sendo da Formação Solimões. No mapa geológico do IBGE (2002) está configurado como pertencente à Formação Içá. O baixo platô aparece com uma textura fina na imagem de radar e com tons de cinza claro.

2- Planície Fluvial- essa subunidade foi dividida em duas: Planície Fluvial do rio Negro e Planície Fluvial do rio Solimões/Amazonas. De acordo com Barbosa *et al.* (1978), pelo fato do rio Solimões/Amazonas ter sua nascente na cordilheira dos Andes e drenar uma área composta de sedimentos tenros e recentes, tem um potencial de deposição bastante elevado na sua planície fluvial. Por outro lado, o rio Negro, que tem suas nascentes no Complexo Guianense, região bastante erodida, utiliza sua potência nos processos de encaixamento do seu leito. Por isso, a diferenciação no tocante à construção de suas planícies, pois, enquanto o Solimões/Amazonas carrega uma carga de sedimentos alta, o rio Negro, ao contrário, transporta pouco material em suspensão.

A planície fluvial do rio Negro é pobre em nutrientes. Isso devido à elevada acidez de suas águas de coloração escura, com variação de pH entre 3,8 a 4,9, apresentando uma grande quantidade de substâncias orgânicas dissolvidas, provenientes de solos arenosos cobertos por vegetação de campinarana (Carneiro, 1995; Teixeira *et al.*, 2009). Essa subunidade situa-se na

confluência do furo do Ariaú com o rio Negro, juntamente com o lago do Ubim na parte noroeste da área de estudo, e ainda, na região do Jacareubal na porção norte. É nessa subunidade que, durante o período de vazante e de seca do rio Negro encontramos zonas de praia. Segundo Albuquerque *et al.* (2012), a composição mineralógica é definida por sedimentos formados no Quaternário, cuja composição é predominantemente de areia quartzosa. Na imagem do SAR R99B essa subunidade aparece com uma textura lisa e tons de cinza claro.

Essas áreas denominadas várzeas, estão sujeitas a inundações sazonais, compondo uma planície aluvial que pode alcançar uma grande extensão, com um sistema complexo de canais, lagos, ilhas e diques marginais. Essa subunidade está localizada em toda a parte sul da área de estudo e apresenta os seguintes tipos de formação vegetal: Floresta Ombrófila Densa Aluvial com Dossel Emergente, Formação Pioneira Herbácea sem Palmeira e áreas de cultura cíclicas (IBGE, 2002). Nessa área predominam os solos aluviais (Gleissolos e os Neossolos Flúvicos), devido à dinâmica fluvial muito intensa: cheia, enchente, vazante e seca. A paisagem é bastante transformada, surgimento de inúmeras ilhas, diques marginais e cordões arenosos alongados no interior do canal. De acordo com Teixeira *et al.* (2007), os solos de várzea têm elevada fertilidade natural e desempenham um papel de suma importância na produção agrícola da região, pois são intensamente utilizados pelos pequenos agricultores ribeirinhos da região. Os pequenos agricultores ribeirinhos se configuram mais como policultores (agricultores, pescadores e extratores de recursos florestais), sendo que a maioria se dedica a cultivos de ciclo curto, isso devido ao efeito da alagação do grande rio. Essa subunidade também aparece com textura lisa na imagem do SAR R99B.

3-Terraço Fluvial- essa subunidade está localizada principalmente nas margens do furo do Ariaú. No entanto, também verifica-se a ocorrência de pequenos terraços na margem do Solimões/Amazonas, na parte sul da área de estudo. Os terraços mais recentes, holocênicos, são representados, principalmente, por depósitos de acreção lateral e de transbordamento, sujeitos à dinâmica atual dos rios. A densidade da drenagem, neste local, é de muito alta a alta nos terraços nas margens do furo do Ariaú. De maneira geral os terraços são superfícies planas e levemente inclinadas e pouco dissecadas nessa área e grande parte caracterizadas com argila. Nos terraços ao longo do furo do Ariaú ocorrem sedimentos quaternários, material essencialmente argiloso, onde essas argilas já são localmente exploradas e constituem a fonte de matéria-prima para a indústria oleira de Iranduba (Maia, 2007). Nas imagens do SAR essa subunidade aparece com uma textura média com tons de cinza claro.

O resultado da interpretação das imagens do SAR R99B para as feições fluviais foram: igarapés, furos, lagos, rios, ilhas fluviais e barras de sedimentos (Figura 3). Os igarapés se configuram em toda a área da pesquisa e são os ambientes predominantes em toda a região, sobrelevam os cursos de primeira e segunda ordem, conforme a classificação de Strahler. Os igarapés, nessa área, são feições com bacias bem definidas de pouca extensão e de largura reduzida. A feição dos furos predomina na parte oeste da área de pesquisa em toda a extensão do canal principal do furo do Ariaú, sendo que, na parte leste, não foi encontrada nenhuma dessa feição fluvial.

Em relação às feições lagos, foram mapeadas as seguintes tipologias: lago dendrítico, lago de restinga, lago de vale afogado e lago de várzea. Os caracterizados como sendo lagos dendríticos estão concentrados na parte oeste da área de estudos. Esse tipo de lago é bastante ramificado, sendo que o de maior extensão na área de pesquisa é o lago do Ubim na região noroeste. Uma rede complexa de igarapés e furos faz ligações com esses tipos de lagos.

Os lagos de restingas denominados por Nascimento *et al.* (1976), são os que se encontram na margem do rio Negro, na região noroeste da área de estudo. No entanto, apesar da denominação lago de restinga, esses lagos ainda têm contato direto com os rios. Apesar do processo de colmatagem, que gerou vários furos e canais de ligação direta, pode-se aventar

que o processo de colmatagem que vem ocorrendo nessa área tem sido originado pelos sedimentos vindo do furo do Ariaú.

Os lagos de vales afogados, também chamados de rias fluviais por Barbosa *et al.*, (1978) ou mesmo de rias de água doce por Guerra (1962), estão representados na parte nordeste, sul e central da área de pesquisa. Na parte nordeste e central os lagos não apresentam o que Sternberg (1950) chamou de dilatação lacustre, ocasionada na boca dos vales provocada pelos sedimentos depositados ocasionando joelho de fratura. Há de se destacar que na parte central, o único lago encontrado com essa feição de vale afogado foi o lago do Limão. Esse lago, também no período da cheia, tem contato com o rio Solimões/Amazonas por meio do lago Grande. Os de vales afogados, que se concentram na da parte sul, são mais retilíneos e neles se verifica a presença da colmatagem de sedimentos, ocasionando um barramento do canal.

Os lagos de várzea são os mais presentes na área de estudo e estão concentrados todos na parte sul. Esses tipos de lagos estão diretamente, ou parcialmente, relacionados com a dinâmica fluvial do rio Solimões/Amazonas: ora são alimentados pelo transbordamento do rio principal; ora através dos canais de ligação (furos). Segundo Ayres (1995), esses tipos de lagos são bastante cobertos por vegetação arbustiva, pantanosa e são quase intransponíveis no período da seca.

Em relação ao mapeamento dos rios na área de pesquisa, isto é, os dois caudais, rio Negro e Solimões/Amazonas já foram bastante discutidos ao longo deste trabalho. Desta forma, só apresentaremos as outras feições a eles que integram a geomorfologia fluvial.

As feições de ilhas são encontradas tanto no canal do rio Negro quanto no do Solimões/Amazonas. Porém, as ilhas do rio Negro em menor proporção, sendo que algumas só aparecem no período da seca na região. Quanto às do Solimões/Amazonas, devido à dinâmica maior do rio e de sua velocidade, as ilhas nesse canal estão em processo muito grande de colmatagem e apresentam, geralmente, lagos em seu interior. Segundo Latrubesse (2002), essas ilhas são planícies de inundação caracterizadas por barras em crescente. Essas barras são truncadas pelo canal principal do rio como pelo seu braço lateral (paraná).

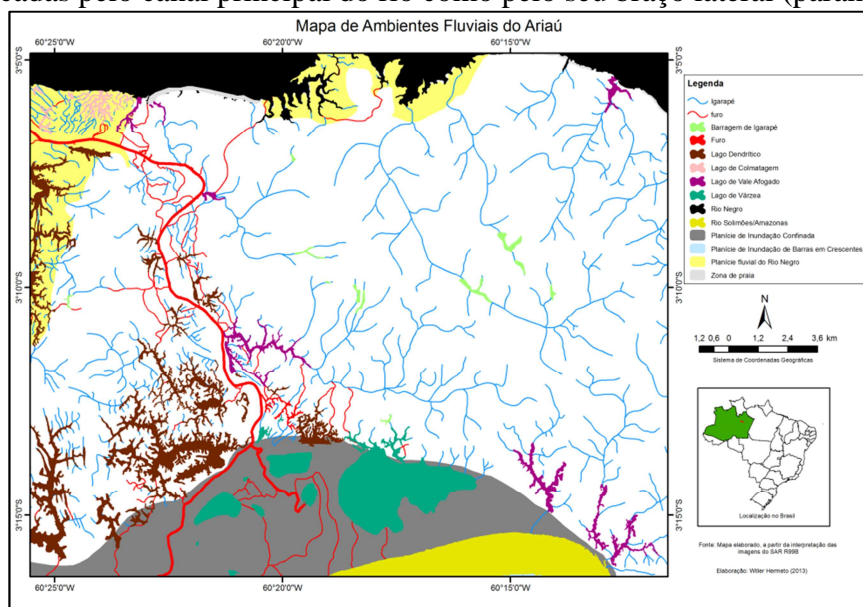


Figura 3 – Mapa de Ambientes Fluviais da área do Ariaú.

5- Conclusões

De acordo com os objetivos propostos nesta pesquisa de identificação das formas de relevo existentes na área do furo do Ariaú, utilizando as imagens do SAR/R99B para o mapeamento geomorfológico. A metodologia aplicada na área de estudo, permitiu individualizar as diferentes feições do relevo nas terras baixas no município de Iranduba por meio da chave de interpretação das informações extraídas dessas imagens.

Os resultados demonstraram o potencial do emprego das imagens do sistema de radar imageador SAR/R99B como uma eficaz ferramenta para o mapeamento geomorfológico, em áreas de relevo pouco dissecado e de baixa amplitude altimétrica, principalmente, na diferenciação das feições fluviais. Desta forma, foi possível identificar os modelados de acumulação, planícies e terraços fluviais, bem como os modelados de dissecção, os diferentes tipos de platôs na área do Ariáú.

Apesar das imagens do SAR R99B já tenham coberto mais de 60% da Amazônia Legal, tenha uma boa qualidade radiométrica, uma excelente resolução espacial, com áreas imageadas desde 2004 e pelo fato dessas cenas estarem disponíveis de forma gratuita, no entanto, poucos estudos têm sido evidenciados em relação ao mapeamento geomorfológicos, ficando evidente uma lacuna a ser preenchida.

6. Referências

ALBUQUERQUE, A. R. C.; ALBUQUERQUE, C.; RODRIGUES, E. G. FEIÇÕES DE RELEVO DA MARGEM DIREITA DO RIO NEGRO: MUNICÍPIO DE IRANDUBA (AM). In: IX Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro. Anais do IX Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012.

ALMEIDA FILHO, R.; MIRANDA, F.P. Mega capture of the Rio Negro and formation of the Anavilhanas Archipelago, Central Amazônia, Brazil: Evidences in an SRTM digital elevation model. *Remote Sensing of Environment*, v.110, 2007, p.387- 392.

AYRES, J.M.C. As matas de várzea do Mamirauá. Brasília, DF: CNPq; Tefé, AM: Sociedade Civil Mamirauá, Brasil. 1995.

BARBOSA G.V. COSTA, R.C.R., NATALI T. FILHO, OLIVEIRA A.B. 1978. In: BRASIL. Projeto RADAM. Geomorfologia da Folha SA.20-Manaus. DNPM, Geomorfologia, Levantamento de Recursos Naturais, Rio de Janeiro, 167-224.

CARNEIRO, A. E. V. Análise quantitativa do sedimento depositado nas planícies de inundação do rio Solimões/Amazonas, utilizando a técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia. São Paulo, 1995. 232p. Tese (Doutorado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

CUNHA, C. L. M.; MENDES, I.A; SANCHEZ, M.C. A Cartografia do Relevo: Uma análise comparativa de técnicas para a Gestão Ambiental. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 2003. 4: 1-9.

DANTAS, Marcelo Eduardo ; MAIA, Maria Adelaide Mansini . Compartimentação Geomorfológica. In: Maria Adelaide Mansini Maia; José Luiz Marmos. (Org.). Geodiversidade do Estado do Amazonas. Manaus: CPRM, 2010.

FLORENZANO, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GUERRA, A. T. Vales submersos na Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia*: Sumário do número de julho-setembro de 1962.

HESS, L.L; MELACK, J.M.; NOVO, E.M.L.M; BARBOSA, C.C.F.; GASTIL, M. Dual-Season Mapping of Wetland Inundation and Vegetation for the Central Amazon Basin. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 87: 404428.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Mapa Geomorfológico Folha Manaus – SA 20Z-D, escala 1 :250.000 Diretoria de Geociência, 2002.

JENSEN, J.R. (1949). Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. EIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R; SANTOS, A.R.; RUDORFF, B.F.T.; ALMEIDA, C.M.; GALVÃO, L.S. (Tradução). São José dos Campos: Parêntese. 2009.

LATRUBESSE E.M. & FRANZINELLI E. The Holocene alluvial plain of the middle Amazon River, Brazil. *Geomorphology*, 2002, 44:241-257.

LIMA, M. I. C. Introdução à interpretação radargeológica . Rio de Janeiro: IBGE, 1995. Série de Manuais Técnicos em Geociências, n.3, 124p.

MAIA, Maria Adelaide Mansini. Projeto materiais de construção na área Manacapuru –Iranduba – Manaus – Careiro: domínio Baixo Solimões. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007.

MELACK JM, HESS LL .Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin. In: JUNK, W.J.; PIEDADE, M. (eds) Amazonian floodplain forests: ecophysiology, ecology, biodiversity and sustainable management. Ecological Studies, vol. 210, part 1. 2010, Springer, pp 43–59

NASCIMENTO, D.A. do; MAURO, C.A., de; GARCIA, M. das G.L. Geomorfologia In: BRASIL Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha AS.21 Santarém. Rio de Janeiro, 1976. 522p. (Levantamento de Recursos Naturais, 10).

NEVES, E. G. Programa de Levantamento e Salvamento Arqueológico no Âmbito do Gasoduto Coari-Manaus. 2003.

NOVO, E.M.L.; FERREIRA, L.; BARBOSA, C.; CARVALHO, C.; SANO, E.; SHIMABUKURO, Y.; HUETE, A.; POTTER, C.; ROBERTS, D.; HESS, L.; MELACK, J.; YOSHIOKA, H.; KLOOSTER, S.; KUMAR, V.; MYNENI, R.; RATANA, P.; DIDAN, K.; MIURA, T. Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. Acta Amaz. [online]. 2005, vol.35, n.2, pp. 259-272. ISSN 0044-5967. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200016>>.

PARADELLA, W. R.; SANTOS, A. R.; VENEZIANI, P.; CUNHA, E. S. P. Radares imageadores nas geociências: status e perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1847-1854.

RADAMBRASIL. Folha SA. 20 Manaus: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 628p (Levantamentos de recursos naturais, 18). 1978.

SILVA, C.L. "Análise da tectônica cenozóica na região de Manaus e adjacências". Rio Claro. Tese de doutorado em geologia regional, defendida no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (Unesp). 2005.

SOUZA FILHO, P. W. L. ; PARADELLA, W. R. ; SOUZA Jr., C.; VALERIANO, D. M. ; MIRANDA, F. P. . Sensoriamento Remoto e Recursos Naturais da Amazônia. Ciência e Cultura (SBPC), v. 3, p. 37-41, 2006.

SOARES, E.A.A. Depósitos pleistocenos da região de confluência dos rios Negro e Solimões, Amazonas. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007, 205p.

STERNBERG, H.O'R. Vales Tectônicos da planície Amazônica? Revista Brasileira de Geografia. 1950, Ano XII (4), 3– 26.

TEIXEIRA, C.V.; SANO, E. E. . Utilização de Imagens Ópticas e de Rada pra Delimitação de Áreas e Identificação de Alvos Representativos na Várzea Amazônica: Proposta Metodológica. In: II Simpósio Brasileiro de Geomática e V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2007, Presidente Prudente - SP. Anais do II Simpósio Brasileiro de Geomática e V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2007. p. 1030-1033.

TEIXEIRA, W.G.; PINTO, W.H.; LIMA H.N.; MACEDO, R.S.; MARTINS, G.C.; ARRUDA, W.D.C. Os solos das várzeas próximas a calha do Rio Solimões – Amazonas no Estado do Amazonas, in: IBAMA (Ed.), Workshop Geotecnologias Aplicadas às Áreas de Várzea da Amazônia, Ibama, Manaus. 2007, p. 29 – 36.

TEIXEIRA, W. G. ; PINTO, W. H. A. ; SILVA, C. B. S. ; LIMA, H. N. ; MACEDO, R. S. . O solo de várzea nas margens do rio Negro Amazonas - Brasil. In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009, Fortaleza. XXXII CBCS: O solo e a produção de bionergia: perspectivas e desafios. Fortaleza : Universidade Federal do Ceará, 2009. p. 494-494