

MAPEAMENTO DA FREQUÊNCIA DE CHEIA DO RIO TARUMÃ-AÇÚ PARA ESTIMATIVA DO AVANÇO DA OCUPAÇÃO ANTRÓPICA SOBRE ÁREAS MARGINAIS.

Rogério Ribeiro Marinho¹, Andres Camilo Rodriguez Hurtado²

¹Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Departamento de Geografia, Av. General Rodrigo Octávio, 6200, Coroado I - 69077-000 Manaus-AM, Brasil. rogeo@ufam.edu.br; ²Superintendência do Patrimônio da União – SPU, SPU-AM, Rua Marechal Deodoro, 27, 14º Andar, Manaus-AM, Brasil. andres.hurtado@planejamento.gov.br

RESUMO

Este trabalho mapeou a variabilidade temporal e espacial das áreas marginais/úmidas durante eventos de cheia do rio Tarumã-açú, tributário localizado na margem esquerda do rio Negro em Manaus-AM. Foi utilizado o fatiamento da banda SWIR de um conjunto de imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 para delimitar a área alagada no período de 1986 e 2015. O mapeamento multitemporal possibilitou identificar áreas com maior e menor frequência de inundação em diferentes eventos de cheia do rio Tarumã-açú. A área em estudo apresentou significativas mudanças no uso e cobertura da terra, principalmente ao longo da margem esquerda, o que pode ter impactado no padrão espacial da área ocupada pelo rio. Pela facilidade e simplicidade de uso a metodologia utilizada apresenta potencial para a delimitação de terrenos marginais nos rios federais da região e acompanhamento da evolução da ocupação antrópica.

Palavras-chave — Terrenos Marginais, Áreas úmidas, Mapeamento de rios, Classificação de imagens.

ABSTRACT

This paper mapped the temporal and spatial variability of marginal/humid areas during flood events of the Tarumã-açú river, tributary located on the left bank of the Negro river (Manaus, Brazil). SWIR band slicing from a set of images of the Landsat 5 and Landsat 8 satellites was used to delimit the flooded area in the period 1986 and 2015. The multi temporal mapping made it possible to identify areas with higher and lower flood frequency in different flood events. The study area showed significant changes in land use and cover, mainly along the left bank, which may have impacted on the spatial pattern of the area occupied by the river. The facility and simplicity of the methodology presents potential for the delimitation of marginal lands in the federal rivers of the region and monitoring the evolution of the anthropic occupation.

Key words — Marginal land, Wetlands, River mapping, Image classification.

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento e a delimitação da variabilidade espacial e temporal de áreas marginais ao longo dos grandes rios é uma atividade de grande importância para o gerenciamento das terras públicas da União.

Ao longo dos rios federais a Secretaria do Patrimônio da União é a instituição responsável por identificar e delimitar as áreas úmidas (várzeas e igapós) [1]. Atribuição bastante complexa para a região Amazônica devido ao complexo sistema de drenagem, ausência de recursos humanos capacitados e outras características da região.

O uso de imagens de satélite contribui com esta atividade, pois possibilita uma visão ampla dos corpos d'água em diferentes recortes temporais, bem como fornecem subsídios para delimitar com boa precisão os terrenos marginais, bem como orientar ações de fiscalização do uso sustentável destas áreas. Atualmente diversos são os sensores e técnicas disponíveis para o mapeamento da extensão da área alagada, desde operações utilizando uma única banda espectral, operações e transformações entre múltiplas bandas [2].

Com esta diversidade de sensores e métodos disponíveis, a SPU vem nos últimos anos investindo na elaboração de novos métodos que possam modernizar e facilitar a delimitação das áreas de várzeas/igapós de rios federais e seus terrenos marginais, sendo aqui apresentada uma metodologia que pode ser utilizado principalmente nos grandes rios da Amazônia brasileira.

Neste contexto, o trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem metodológica para o processamento de imagens de sensores ópticos visando a extração de corpos d'água e o mapeamento da frequência de cheia, tomando como referência o rio Tarumã-açú no período 1986 a 2015.

Este trabalho é uma contribuição da URGeo-Norte ao Projeto Validação e capacitação em metodologia para a gestão da geoinformação, no âmbito do Programa de Modernização da Gestão do Patrimônio Imobiliário da União – GeoSPU [3].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O rio Tarumã-açu é um tributário da margem esquerda do baixo rio Negro e está localizado a oeste da área urbana de Manaus (Figura 1). A bacia do Tarumã-açu possui uma área de drenagem de 1.353 km², perímetro de 229 km e comprimento do canal principal da ordem de 42 km [4], em sua foz o canal possui uma largura aproximada de 1.200 metros.

Grande parte da margem esquerda do baixo curso do Tarumã-açu é ocupada por loteamentos residenciais de alto padrão [5]. Por outro lado, a margem direita é utilizada principalmente pela população ribeirinha residente na Área de Proteção Ambiental Margem Esquerda do rio Negro-Setor Tarumã-açu e do Projeto de Assentamento Tarumã-Mirim.

O presente trabalho foi realizado no trecho de 20 km de extensão entre o Igarapé Leão a foz do rio Tarumã-açu. Entre os meses de janeiro e junho concentra-se o período mais intenso de chuvas na região, onde os rios se expandem lateralmente e ocupam os terrenos marginais, áreas localmente conhecidas como igapós, áreas com florestas periodicamente inundadas por rios de águas escuras com baixo pH e poucos nutrientes, ambientes muito comum na bacia do rio Negro [6].

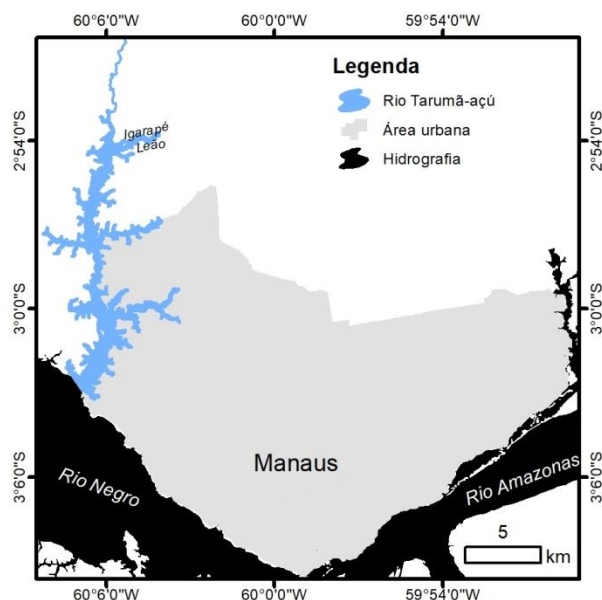


Figura 1. Localização da área de estudo.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas um conjunto de imagens dos satélites Landsat 5 (sensor TM) e Landsat 8 (sensor OLI), da órbita/ponto 231-62 fornecidas pelo Serviço Geológico Americano – USGS [7]. As imagens analisadas possuem processamento *Level-1T* que corresponde a imagens com correções radiométricas baseadas nos dados coletados pelo próprio sensor e

correções geométricas realizada com pontos de controle coletados com o auxílio do MDE-SRTM. Estas imagens possuem resolução espacial de 30 metros, resolução radiométrica de 8 bits (Landsat 5) e de 16 bits (Landsat 8), são distribuídas no formato GeoTIFF, reamostradas através do método de convolução cúbica, projetadas no sistema de coordenadas UTM utilizando o datum WGS 84.

Para a seleção das imagens foi levado em consideração cenas com ausência de nuvens e data de imageamento próxima da cota de cheia do rio Negro registrada na estação fluviométrica do Porto de Manaus, entre o período de 1986 a 2015. Os dados de nível do rio Negro em Manaus estão disponíveis no portal Hidroweb [8]. Esta estação fluviométrica foi selecionada por ser a mais próxima da área de estudo.

Esta proposta metodológica baseia-se no uso de uma técnica de classificação supervisionada que utilize poucos dados de entrada e não necessite de muito recurso computacional. Neste sentido, a extração dos corpos d'água foi realizada por meio da técnica de fatiamento dos números digitais da banda espectral localizada na região do infravermelho de ondas curtas (*SWIR*), que correspondem as bandas 5 e 6 nos satélites Landsat 5 e Landsat 8, respectivamente.

Imagens de sensores que operam na região espectral do infravermelho de ondas curtas possuem bom desempenho para delimitar corpos d'água, principalmente em função da baixa resposta espectral da água em relação a outros alvos, como vegetação, solo exposto e áreas urbanas, que possuem maior resposta nesse comprimento de ondas [9].

O fatiamento dos números digitais da banda *SWIR* consiste na seleção de um intervalo de valores de números digitais que representem regiões homogêneas de corpos d'água na imagem avaliada. Assim, os valores selecionados podem ser agrupados em uma única classe que represente os corpos d'água e os valores fora deste intervalo são agrupados na classe temática "não água". Trabalhos anteriores mostram que esta técnica possui bom desempenho em áreas de terrenos planos, sem ocorrência de sombras de relevo e de cicatrizes de queimadas [10 e 11].

Após a classificação das imagens foi realizada a integração dos mapas para visualizar a frequência de permanência da água ao longo do período analisado. Esta etapa consiste em realizar uma operação de soma das imagens classificadas contendo as classes água, com número digital 1, e não água, com número digital 0. Desta forma, os maiores números digitais correspondem às áreas com maior frequência de permanência da água sobre a área analisada (Figura 2). Estes processamentos podem ser executados com o uso da calculadora *raster* em qualquer sistema de informações geográficas ou programa de processamento digital de imagens.

Por fim, os resultados obtidos na classificação das imagens e o mapa de frequência de inundação foram analisados em conjunto com os dados de nível do rio para identificar possíveis mudanças no padrão espacial da área

ocupada por água durante períodos de cheia do rio Tarumã-açu.

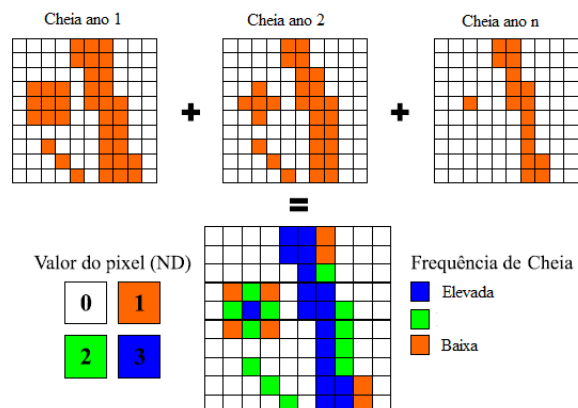


Figura 2. Representação da operação de geoprocessamento utilizada para o mapeamento da frequência de cheia. Fonte: adaptado de [12].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rio Tarumã-açu possui seu regime hidrológico controlado pelo rio Negro. O nível médio do rio Negro observado no período de janeiro de 1986 a dezembro de 2015 foi de 23,75 metros (nível local) com cota de cheia e seca de 27 e 19 metros, respectivamente. Nesta região o período de cheia dos rios ocorre entre os meses de abril a julho, com máximos ocorrendo entre os meses de junho e julho.

A maior cheia registrada no período ocorreu em 2012, quando o rio Negro alcançou 29,97 metros, maior cheia registrada na série histórica, e a segunda maior cheia foi observada em julho de 2009. No período analisado os anos de 1989, 1994, 1999, 2009, 2012, 2013, 2014 e 2015 tiveram níveis máximos com registros superiores a 29 metros (Figura 3).

Devido ao período de cobertura de nuvens ser maior durante o primeiro semestre no ano, grande parte das imagens disponíveis sem presença de nuvens é adquirida entre os meses de junho e setembro. Neste sentido um total de 15 imagens foram selecionadas para mapear a cheia do rio Tarumã-açu, sendo 13 cenas do satélite Landsat 5 e 02 do satélite Landsat 8. A Figura 3 apresenta variabilidade do nível do rio Negro observado no período e as imagens analisadas, todas acima do nível de cheia.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos na estimativa da área ocupada pelo rio Tarumã-açu após o processo de classificação das imagens. Em média a área ocupada por água no período de cheia correspondeu a 18.666 km² ($\pm 1.57\%$), com valores variando de 20.180 km² em 1989 a 15.942 km² em 2015. Os dados de nível e área inundada não apresentaram uma relação direta, o que pode sugerir que os registros de nível do Porto de Manaus não são bem correlacionados com a área analisada.

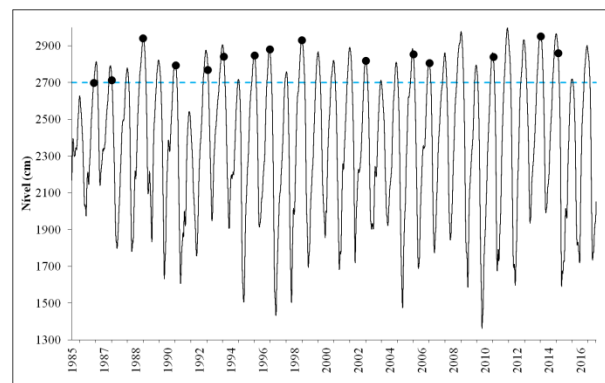


Figura 3. Variabilidade do nível do rio Negro em Manaus (linhas) e imagens selecionadas (pontos). A linha tracejada em azul representa o nível médio de cheia.

Tomando como referência os níveis do rio Negro observado em 01/07/1989 (29,40 m) e 06/07/2014 (29,50 m), cheias de mesma magnitude, observamos diferença na área alagada de 3.279 km². Avaliando o comportamento temporal do mapeamento realizado observamos uma tendência de redução da área ocupada pelo rio Tarumã-açu durante seu período de cheia.

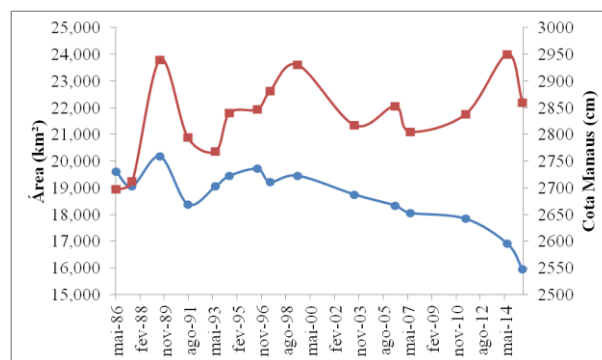


Figura 4. Estimativa da área ocupada pelo rio Tarumã-açu durante período de cheia (linha azul). A linha vermelha representa a cota registrada na data de aquisição das imagens.

O mapeamento da variabilidade temporal e espacial dos terrenos marginais possibilitou identificar áreas de menor e maior frequência de cheia do rio Tarumã-açu (Figura 5). Áreas de menores valores no mapeamento realizado podem indicar alterações no uso dos terrenos marginais deste sistema fluvial, uma vez que nesta área em estudo as margens são poucas alteradas pela ação erosiva da água corrente [13].

No trecho compreendido entre a foz do rio Tarumã-açu e o igarapé da Bolívia grande parte das áreas com menor frequência de cheia estão localizadas na margem esquerda, região com a maior presença de empreendimentos residenciais. Já no trecho entre o igarapé do Mariano e o igarapé Leão o mapeamento destaca uma área de média frequência de cheia que provavelmente corresponde a uma área com a presença de igapó.

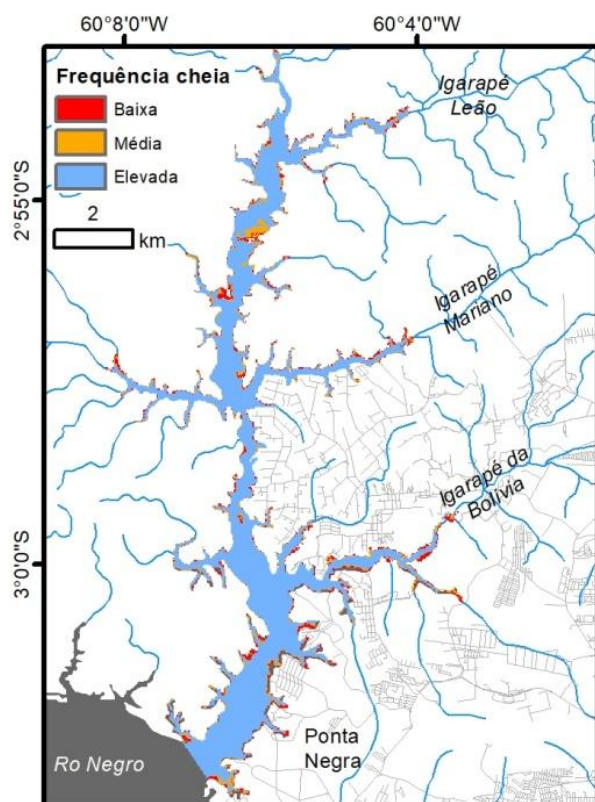


Figura 5. Frequência espacial das cheias 1986-2015.

4. CONCLUSÕES

Por meio do uso da banda SWIR dos satélites Landsat 4 e Landsat 8 foi mapeado a variabilidade temporal das cheias do rio Tarumã-açu em Manaus, Amazonas. Observamos que em cheias de mesma magnitude a área inundada apresentou tendência de redução, apesar dos registros de nível não indicar comportamento semelhante. Áreas mapeadas com menor frequência de inundação podem indicar possíveis avanços de empreendimentos imobiliários sobre terrenos marginais, dados que podem orientar ações de fiscalização dos órgãos de controle em campo e em estudos hidrológicos detalhados.

O método utilizado se mostrou de simples aplicação e possível de replicação em terrenos marginais de rios federais da Amazônia. No entanto, ressaltamos que o uso de imagens de sensores ópticos permite apenas mapear rios com margens expostas. Em terrenos marginais com a presença de vegetação alagada recomenda-se o uso conjunto de sensores ópticos e de imagens de radar de abertura sintética (SAR).

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Secretaria do Patrimônio da União pelo apoio no desenvolvimento do projeto de Validação e

capacitação em metodologia para a gestão da geoinformação.

6. REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Decreto-lei nº 9.760, de 05 de setembro de 1946. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del9760compilado.htm>. Acesso em: 03/04/2018.
- [2] Zani, H.; Marinho, R.R.; Gavlak, A.A. Avaliação de métodos para extração de corpos d'água e áreas inundadas em imagens Landsat-TM. In: Simpósio Nacional De Geomorfologia, 8., 2010, Recife. Anais... 2010
- [3] BRASIL. Ministério do Planejamento. Unidades Regionais de Geoinformação. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/geoinformacao/urgeo>>. Acesso em: 03/09/2018.
- [4] Costa, E.B.S.; Silva, C.L.; Silva, M.L. Caracterização física de bacias hidrográficas na região de Manaus – AM. Caminhos de Geografia, v. 14, n. 46, pp. 93-100, 2013.
- [5] Bartoli, E. Apropriação da terra urbana na cidade de Manaus: A natureza loteada no bairro Tarumã. ACTA Geográfica, Ed. Esp. Cidades na Amazônia Brasileira, pp.49-69, 2011.
- [6] Oliveira, A.A.; Daly, D.; Vicentini, A.; Cohn-Haft, M. Florestas sobre Areia: Campinaranas e Igarapós. In: Oliveira, A.A.; Daly, D.C. Florestas do Rio Negro. São Paulo : Companhia das Letras: UNIP, 2001.
- [7] United States Geologic Survey (USGS). The USGS global visualization viewer. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov/>>. Acesso em 15 de abril de 2018.
- [8] Agencia Nacional de Águas - ANA. Portal HidroWeb. Disponível em: <www.snirh.gov.br/hidroweb/index.html>. Acesso em 11 de abril de 2018.
- [9] Alfoldi, T.T. Remote sensing for water quality monitoring. In: C.J. Johannsen & J.L. Sanders, Remote sensing for resources management. Iowa: Soil Conservation Society of America, pp. 317-328, 1982.
- [10] Zani, H.; Rossetti, D. F. Multitemporal Landsat data applied for deciphering a megafan in northern Amazonia. International Journal of Remote Sensing, v. 33, n. 19, pp. 6060-6075, 2012.
- [11] Marinho, R.R.; Filizola, N.P.; Armijos, E. N. Variabilidade hidrológica no arquipélago de Anavilhanas observada por sensoriamento remoto orbital. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18. (SBSR), 2017, Santos. Anais... São José dos Campos: INPE, 2017. p. 2624-2629. Internet. ISBN 978-85-17-00088-1. Disponível em: <urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3PSLQU4>.
- [12] Zani, H. Detecção e caracterização do megaleque Viruá (RR) com dados multisensores e geológicos: influência nos padrões atuais de vegetação. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.
- [13] Carvalho, J.A.L. Terras caídas e consequências sociais: Costa do Miracauera – Paraná da Trindade, Município de Itacoatiara – AM, Brasil. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.