

RESERVATÓRIO DE SOBRADINHO BA – AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA SECA EM ÁREA INUNDADA UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT

Samara Calçado¹, Miriam Pedrosa², Guilherme Cardim³, Fernanda Puga⁴, Erivaldo Antônio da Silva⁵.

¹Eng^o Cartógrafa, Pós Graduando em Ciências Cartográficas da UNESP, Presidente Prudente, SP

²Matemática, Oficial do Magistério Superior da Academia da Força Aérea Brasileira AFA, Pirassununga, SP

³Bacharel em Ciência da Computação, Pós Graduando em Ciências Cartográficas da UNESP, Presidente Prudente, SP

⁴Eng^o Cartógrafa, Professora do Departamento de Eng. De Transportes e Geodésia da UFBA, Salvador, BA, fernanda.puga@ufba.br

⁵Eng^o Cartógrafo, Professor do Departamento de Cartografia da UNESP, Presidente Prudente - SP

RESUMO: Este trabalho consistiu na análise de quatro diferentes épocas do reservatório de Sobradinho a fim de verificar quantitativamente a dimensão da redução do corpo d'água devido a uma das piores secas da história do nordeste brasileiro. Foram utilizadas duas metodologias para calcular a área do espelho de água ocupada pelo reservatório em imagens multitemporais Landsat. Uma metodologia consiste em técnica de crescimento de região e a outra no índice NDWI, ambas utilizam operadores morfológicos para melhorar o resultado da determinação da área da barragem. Os resultados evidenciaram a seca ocorrida nos últimos anos, em que a área inundada foi reduzida em mais de 55% em 64 meses. De acordo com as análises feitas, fica evidente o risco de o reservatório esvaziar e conseqüentemente, parar a produção de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVES: Reservatórios, Landsat, Processamento de imagens.

INTRODUÇÃO: O Brasil é o quinto maior país em extensão territorial, com aproximadamente 8,5 milhões de quilômetros quadrados e possui cerca de 12% da água potável disponível no mundo para consumo humano, irrigação e aplicações industriais (ANA, 2005). Apesar de ser um país rico em recursos hídricos, atualmente está enfrentando uma severa crise hídrica e vários municípios têm sofrido com a falta de oferta de água. Seja por deficiências na infraestrutura, má administração de recursos naturais ou mesmo falta de investimento e esforços para a eficiência energética, nota-se que existe a necessidade de revisar as políticas e mecanismos existentes para a geração de eletricidade considerando as dimensões do país (PRADO Jr et al., 2016). A crise da oferta de água torna-se ainda mais séria, pois a matriz de geração de energia do Brasil é predominantemente baseada em fontes de energia hidrelétrica. Uma das maiores usinas hidrelétricas do país, a barragem de Sobradinho, localizada no norte na Bahia enfrentou uma das piores secas da história. Em 2015, a barragem atingiu menos de 2,5% de sua capacidade e o nível continua reduzido (ADJUTO, 2015). Se houver esgotamento do volume utilizável, a geração de energia terá que ser interrompida. Portanto, é importante avaliar e monitorar a barragem e o reservatório periodicamente. Imagens adquiridas por sensores orbitais são uma ferramenta muito útil para tarefa de detecção e monitoramento de corpos d'água. Técnicas de Sensoriamento Remoto permitem que as mudanças no reservatório sejam identificadas, pois as imagens fornecem informações sinópticas, repetitivas e oportunas em toda a área do reservatório (MIALHE et al., 2008). Além disso, a disponibilidade gratuita de imagens do programa Landsat, especialmente com as novas melhorias incorporadas no sensor operacional Land Imager (OLI) a bordo do Landsat-8, oferecem infinitas possibilidades para monitorar remotamente mudanças na superfície terrestre e tomar medidas de águas superficiais (ALSDORF et al., 2007; ROY et al., 2014). Em síntese, este trabalho apresenta de uma análise de quatro épocas diferentes do reservatório de Sobradinho para verificar quantitativamente a dimensão da redução de água no período de seca severa. Usando uma metodologia proposta por Silva et al., 2016, o trabalho utiliza técnicas de crescimento de região combinada com imagens de Landsat multitemporais. A metodologia calcula a área de espelho de água do reservatório de Sobradinho utilizando crescimento de regiões, o índice NDWI e operadores de morfologia matemática para melhorar o resultado da determinação da área da barragem. O desenvolvimento deste trabalho justifica-se pela necessidade de procurar abordagens rápidas e econômicas, que

contribuam para um monitoramento sistemático do armazenamento de água e um melhor planejamento e tomada de decisão sobre o gerenciamento da água nessas regiões críticas.

MATERIAIS E MÉTODOS: A barragem de Sobradinho está localizada aproximadamente a 40 km das cidades de Juazeiro-BA e Petrolina-PE. O total do armazenamento deste reservatório é de 34.1 bilhões de metros cúbicos e se estende por mais de 350 quilômetros sobre a superfície de um lago artificial com 4214 quilômetros quadrados de área de superfície, o que o torna um dos maiores reservatórios do mundo (BRAGA et al., 2012). O maior objetivo com a construção da barragem de Sobradinho foi fornecer geração de energia local. Além disso, o reservatório também fornece abastecimento de água para irrigação e navegação (SOUZA et al., 2015). As imagens usadas neste trabalho são imagens dos sensores TM/Landsat-5 e OLI/Landsat-8. Ambos os sensores são multiespectrais e permitem a discriminação de diferentes alvos através de cada banda. A banda do infravermelho próximo (banda 4 do TM/Landsat-5 e banda 5 do OLI/Landsat-8), é a mais apropriada para discriminar água. Além disso, o índice de diferença normalizada usa a banda do infravermelho próximo (NIR) e a banda verde (banda 2 do TM/Landsat-5 e banda 3 do OLI/Landsat-8), para detectar a presença de água na área coberta pelas imagens. Portanto, foram utilizadas as bandas da faixa do espectro verde e infravermelho próximo dos sensores TM/Landsat-5 de junho de 2011 e OLI-Landsat-8 de junho de 2015, outubro de 2015 e outubro de 2016. As imagens têm 30m de resolução espacial e 8/16 bits de resolução radiométrica para TM/Landsat-5 e OLI/Landsat-8 respectivamente. Para cobrir toda a área do reservatório de sobradinho foram necessárias duas imagens de cada. O mosaico das imagens utilizadas está apresentado na Figura 1 (usando a banda do NIR).

Para estimar a área inundada pelo reservatório de Sobradinho foram aplicadas duas abordagens propostas por Silva et al., 2016. A primeira consiste em um método de crescimento de região usando as imagens correspondentes à banda do infravermelho próximo (NIR). Este método faz uso de amostras de características de interesse (fornecida pelo usuário) para calcular um intervalo de valores nas imagens que pode pertencer à feição de interesse. Definindo o intervalo de valores, o operador começa recursivamente a procurar em volta da amostra pontos pertencentes ao intervalo de valores calculado. Uma vez marcado, os pontos em volta são também analisados. A busca para quando não há mais região da imagem para se processar e assim, a área de interesse está detectada (SILVA et al., 2012). Este processo cria pequenos “buracos” (como os ruídos de sal e pimenta) na feição detectada que precisam ser removidos. Assim, uma abertura morfológica é realizada concluindo a etapa de detecção do reservatório nas imagens. A segunda técnica utilizada para delimitar a área inundada pelo reservatório foi o índice NDWI usando as bandas verde e de infravermelho próximo (NIR), como apresentado na equação 1. O resultado da equação consiste em um valor no intervalo de 1 a -1 que é transformado em uma imagem binária utilizando o valor 0 como limiar para a segmentação. Este processo de segmentação também produz ruído sal e pimenta. Para remover o ruído de sal foi realizado um fechamento morfológico por área para finalizar a delimitação da área do reservatório.

$$NDWI = \frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)} \quad (1)$$

Uma vez que o reservatório foi detectado pelas duas técnicas apresentadas, o passo seguinte consistiu em quantificar os pixels pertencentes ao mesmo. O tamanho da área inundada foi estimado considerando a resolução espacial e o número de pixels correspondentes ao reservatório de cada imagem. O último passo da metodologia consistiu em analisar os resultados obtidos nas quatro diferentes datas com as duas diferentes metodologias apresentadas e quantificar o tamanho da área inundada reduzida durante o período de seca. A Figura 2 apresenta os passos da metodologia e a Figura 3 os resultados obtidos com a metodologia de crescimento de regiões.

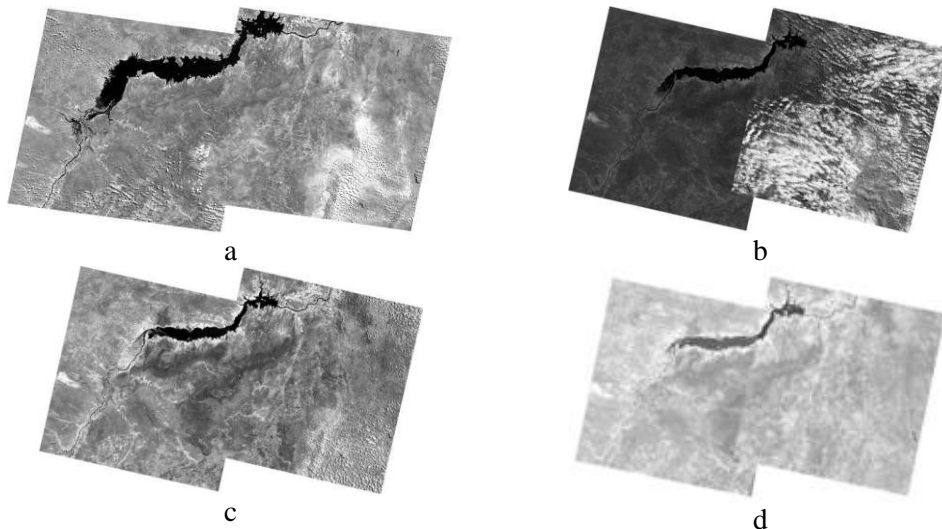


Figura 1 - Mosaico dos sensores Landsat de junho de 2011 (a), junho de 2015 (b), outubro de 2015 (c) e outubro de 2016 (d).

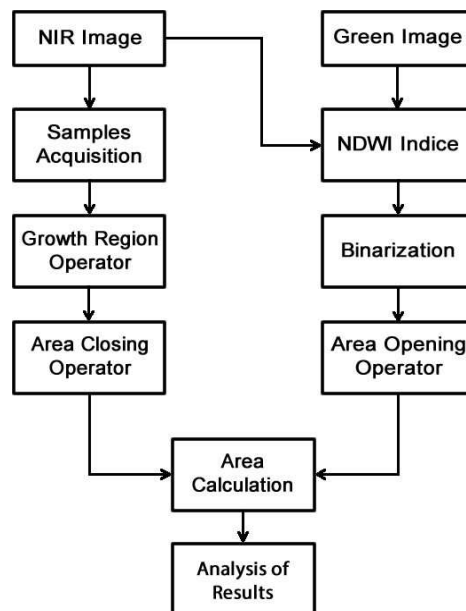


Figura 2 – Metodologia para o cálculo da área inundada do reservatório. Fonte (Silva et al., 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O primeiro passo da metodologia consistiu em detectar a área inundada pelo reservatório através das imagens Landsat. O resultado obtido pelo método NDWI se mostrou bastante consistente espacialmente com o resultado obtido com o método de crescimento por regiões. As duas técnicas de segmentação utilizadas forneceram diferentes delimitações para o reservatório estudado. Apesar das diferenças obtidas, ambas as metodologias apresentaram resultados similares para o tamanho da área inundada em todas as datas calculadas (Tabela 1), possibilitando assim, a análise da influência do período de seca entre os anos de 2011 a 2016. Comparando os valores de área calculados, é fácil perceber o período de seca severa que a região vem passando nos últimos anos. Essa análise deve ser feita com frequência para assegurar a produção de energia pela hidroelétrica localizada no reservatório. Além disso, em cinco anos de pouca precipitação de chuvas (junho de 2011- junho de 2015), a área inundada pelo reservatório reduziu por volta de 1240 km², o que representa mais de 40% da área alagada em junho de 2011. Um ano e quatro meses depois, em outubro de 2016, a área reduzida foi de 1700 km² representando uma redução acima de 55% comparada a

junho de 2011. O valor calculado em outubro de 2016, pelas metodologias propostas, representa por volta de 30% da capacidade de inundação do reservatório.

Os resultados obtidos com a metodologia apresentada são compatíveis com os resultados apresentados pelo órgão responsável pelo acompanhamento da situação dos reservatórios em todo território nacional (ANA, 2015). Como mostra a Figura 4, em março de 2012 o Reservatório de Sobradinho chegou a ter volume útil superior a 80%, mas, por conta da estiagem, os volumes reduziram gradativamente até valores da ordem de 10% a 20% em dezembro de 2014. O aumento para 30% em junho de 2015 é justificado pelo período úmido, que em média, tende a iniciar em dezembro e é o principal responsável pela reposição de água dos reservatórios (ANA, 2005).

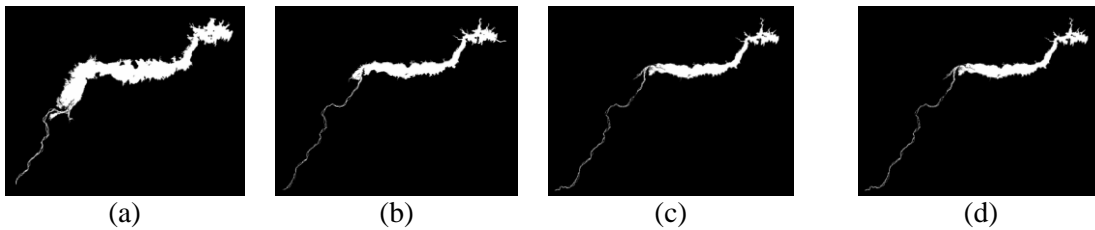


Figura 3 – Reservatório detectado usando a crescimento de regiões para as imagens de junho 2011 (a), junho de 2015 (b), outubro de 2015 (c) e outubro de 2016 (d).

Tabela 1 – Cálculo da área inundada

Data	Área inundada em Km ²	
	Crescimento de regiões	NDVI
Junho de 2011	2989.5615	3086.2404
Junho de 2015	1740.6972	1845.7974
Outubro de 2015	1484.4046	1522.4796
Outubro de 2016	1279.3917	1327.4685



Figura 4 - Gráfico de volume útil nos Reservatórios de Três Marias, Sobradinho e Itaparica entre 2012 e 2014. Fonte: ANA, 2015.

CONCLUSÕES: É sabido que imagens obtidas por sensores remotos podem fornecer informações confiáveis sobre corpos d’água. Com o objetivo de avaliar os efeitos de um extenso período de seca na região do maior reservatório do nordeste brasileiro, foram utilizadas imagens de sensores Landsat para calcular a área de superfície ocupada pelo reservatório de Sobradinho em diferentes datas. Os resultados evidenciaram a seca ocorrida nos últimos anos, em que a área inundada foi reduzida em mais de 55% em 64 meses. Além disso, de acordo com a última análise feita (outubro de 2016), fica evidente o risco de o reservatório esvaziar e

consequentemente, parar a produção de energia elétrica. É importante pontuar que a área calculada em outubro de 2016 representa apenas 30% da capacidade do reservatório. De modo geral, este trabalho utiliza uma simples e eficiente metodologia capaz de lidar com a variabilidade temporal e espacial do armazenamento do reservatório, que pode ser usada como ferramenta efetiva na gestão hídrica e no processo de tomada de decisão. Imagens orbitais são as ferramentas mais rentáveis para obter um conhecimento adequado das capacidades de armazenamento sem a necessidade de realizar extensas pesquisas de campo. O investimento direto em desenvolvimento sustentável é necessário para manter a eficiência energética ao mesmo tempo em que reduz o impacto ambiental e socioeconômico adverso.

REFERENCIAS

ANA - **Agência Nacional de Águas**. Resolução n.411, de 22 de setembro de 2005. Brasil http://arquivos.ana.gov.br/projetos/pisf/Resolucao_n411_2005.pdf.

ANA – **Agência Nacional das Águas (Brasil)**. Conjuntura dos recursos hídricos do Brasil: Informe 2015. Brasília: ANA 2015. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_informe_2015.pdf>. Acesso em julho de 2017.

ADJUTO, G. 2015. **Report on the EBC Agência Brazil**. Disponível em <<http://www.agenciabrasil.etc.com.br/geral/noticia/2015-11/menor-reservatorio-do-nordeste-sobradinho-tem-secahistorica>>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

ALSDORF, D. E.; RODRIGUEZ, E., LETTENMAIER, D. P. 2007. Measuring surface water from space. **Reviews of Geophysics**,45, pp. 1–24.

BRAGA, B. P. F.; GONDIM FILHO, J. G. C.; VON BORSTEL SUGAI, M. R.; DA COSTA, S. C.; RODRIGUES, V. 2012. Impacts of Sobradinho Dam, Brazil. In **Tortajada C., Altinbilek, D., Biswas, A. K. (eds.) Impacts of Large Dams: A Global Assessment**, Berlin and Heidelberg: Springer, pp. 153-170.

MIALHE, F.; GUNNELL, Y.; MERING, C. 2008. Synoptic assessment of water resource variability in reservoirs by remote sensing: General approach and application to the runoff harvesting systems of south India. **Water Resources Research**, 44, W05411.

ROY, D. P.; WULDER, M.A.; LOVELAND, T.R.; WOODCOCK, C.E.; ALLEN, R.G.; ANDERSON, M.C.; HELDER, D.; IRONS, J.R.; JOHNSON, D.M.; KENNEDY, R.; et al. 2014. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote Sens. Environ.**, 145, pp. 154–172.

SOUZA, J. A.; CONTE, A. E.; CAVALCANTI, A. J. C. T.; VASCONCELOS, A. A. 2015. The Sobradinho Reservoir and the São Francisco River Control During Xingo Dam Construction. Document of Comitê Brasileiro de Barragens. Brazil http://www.cbdb.org.br/documentos/the_sobradinho_reservoir.pdf (03 Dec. 2015).

SILVA, E. A.; CARDIM, G. P.; BEST, R. 2012. Semiautomatic Algorithm to Extraction of Cartographic Features in Digital Images. **Journal of Communication and Computer**, 9, pp. 1247-1251.

SILVA, E. A; PEDROSA, M. M; AZEVEDO, S. C.; CARDIM, G. P; CARVALHO, F. P. S. Assessment of surface water at the Sobradinho reservoir under the effects of drought using multi-temporal Landsat images. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Volume XLI-B8, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.