

## GEOPROCESSAMENTO APLICADO PARA A DETECÇÃO DE ALTERAÇÕES NO RIO SÃO FRANCISCO À JUSANTE DA UHE DE XINGÓ

Daniel Brondani Ilha<sup>1</sup>, Cléiton Carvalho Alves<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eng. Florestal, Economista, Analista Ambiental do Ibama em Sergipe, Aracaju – SE, daniel.ilha@ibama.gov.br.

<sup>2</sup> Geólogo, Analista de Infraestrutura da SPU em Sergipe, Aracaju – SE, cleiton.alves@planejamento.gov.br.

**RESUMO:** Esse trabalho tem como objetivo mapear um trecho do rio São Francisco, no semiárido de Sergipe e Alagoas, a fim de detectar alterações em seu leito, identificando a emersão de afloramentos rochosos após as sucessivas reduções de defluência da UHE de Xingó, bem como identificar o avanço de ocupações irregulares e inapropriadas às margens do rio São Francisco. Para tanto foram utilizadas imagens dos satélites CBERS 2B e Sentinel-2A, com passagens no ano de 2008 e 2017, respectivamente, além de visitas de campo e interpretação de imagens de altíssima resolução disponibilizadas através do Google Earth™. O processamento das imagens foi realizado por método de classificação automática não assistida utilizando o classificador *Iso Cluster*, limitando duas classes temáticas, água e terra firme. Os resultados apontam que entre 2008 e 2017 ocorreram modificações na calha do rio, com o surgimento de ilhotas e expansão dos terrenos marginais e que estas alterações podem implicar tanto nas questões de ordenamento territorial quanto na navegabilidade do rio São Francisco.

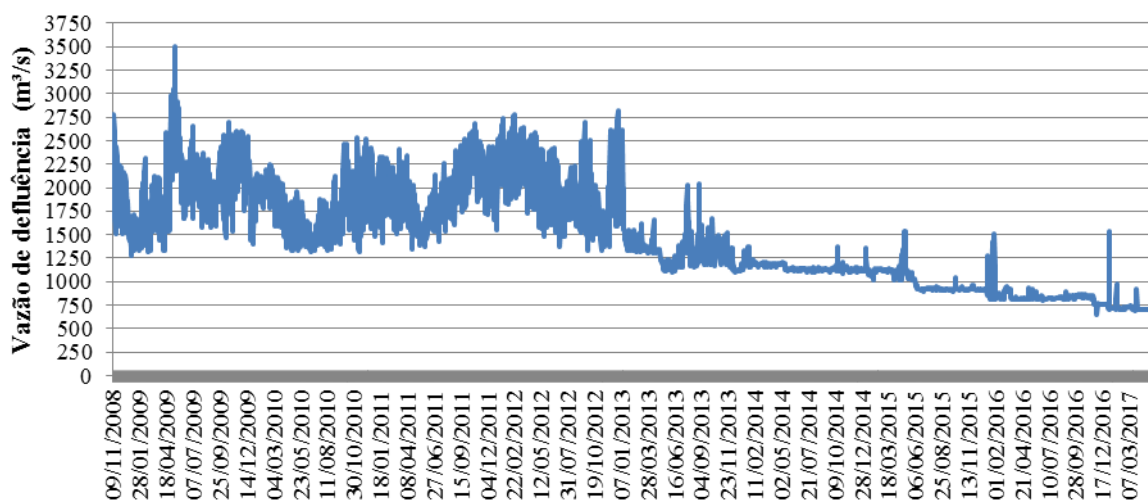
**PALAVRAS-CHAVE:** Ocupação irregular; área de risco; navegabilidade.

**INTRODUÇÃO:** Em 1987 teve início a construção da usina hidrelétrica (UHE) de Xingó para o aproveitamento energético do rio São Francisco entre os municípios de Piranhas/AL e Canindé do São Francisco/SE. Em meados da década de 90, a UHE de Xingó passou a operar em regime de fio d'água. Quando da sua construção, já existiam a seu montante outras UHE, como o Complexo Paulo Afonso, Itaparica e Sobradinho, todas construídas no estado da Bahia, além da UHE de Três Marias localizada no estado de Minas Gerais (CHESF, 2017). Com a construção das UHEs de Três Marias e Sobradinho nas décadas de 60 e 70, respectivamente, a vazão do rio São Francisco passou a ser regulada. Estima-se que 85% da água do rio São Francisco é oriunda do bioma Cerrado e que 72% de sua vazão advém do estado de Minas Gerais (RAMOS, 2003). A partir de 2013, em consequência de condições climáticas adversas, com vazões e precipitações abaixo da média, os reservatórios de Três Marias e Sobradinho atingiram níveis abaixo do esperado (ANA, 2017a). A expansão da agricultura intensiva em importantes regiões de recarga da bacia hidrográfica do rio São Francisco também tem contribuído para essa redução (ZELLHUBER e SIQUEIRA, 2016). Para preservar os reservatórios de Sobradinho e Xingó as vazões de defluência dessas usinas vêm sendo reduzidas gradativamente nos últimos anos. Entre abril de 2013 e janeiro de 2017 a vazão de defluência da UHE de Xingó foi reduzida de 1.300 m<sup>3</sup>/s para 700 m<sup>3</sup>/s (ANA, 2017a). Na ausência de afluentes que possam aumentar de modo significativo a vazão do rio São Francisco a jusante do reservatório da UHE de Xingó, a água liberada pela usina tende a determinar o regime hídrico rio abaixo (SILVA et al., 2010), estabelecendo sua vazão e cota, especialmente nos trechos mais próximos ao reservatório. Assim, o presente estudo tem como objetivo identificar com o uso de geoprocessamento alterações na paisagem do rio São Francisco nos municípios de Piranhas/AL e em Canindé do São Francisco/SE, após as recentes reduções das vazões de defluência da UHE de Xingó, detectando o afloramento de material rochoso do leito do rio, bem como de terrenos marginais e de áreas sujeitas à ocupação irregular.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Área do estudo corresponde a um trecho de aproximadamente 10 km do rio São Francisco a jusante a UHE de Xingó, medidos a partir da sua barragem de enrocamento, abrangendo os municípios de Canindé de São Francisco, em Sergipe e Piranhas no estado de Alagoas. A área fica a aproximadamente 170 km da Foz do rio São Francisco. Localiza-se entre as longitudes 37° 47' 36" e 37° 43' 48" Oeste e latitudes 9° 37' 24" e 9° 37' 44" Sul. A região apresenta clima semiárido quente e seco, com temperatura média anual do ar superior a 18°C. A precipitação anual média é de 485,5 mm/ano, com evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual. As

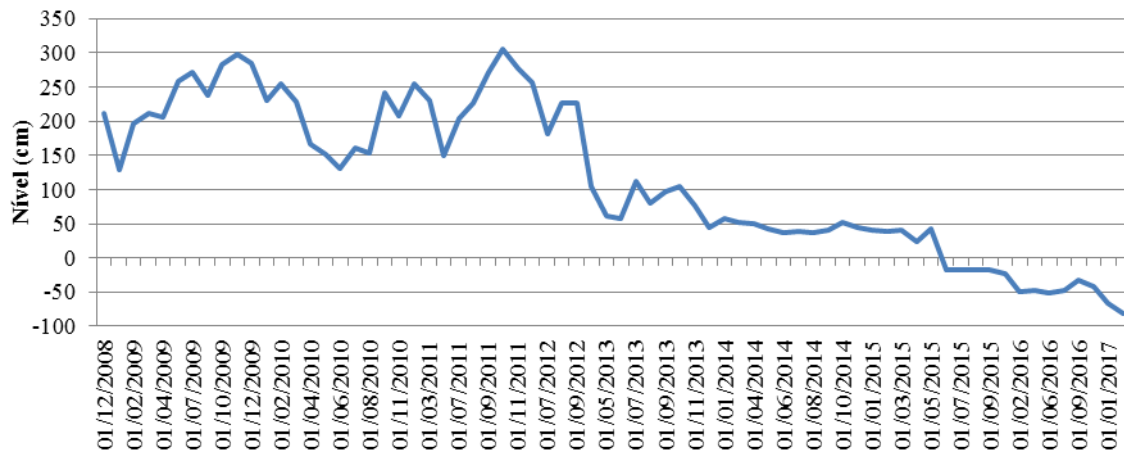
chuvas são irregulares e mal distribuídas durante o ano, sendo concentradas entre os meses de março e julho (SEMARH, 2011). A área de estudo está situada na Faixa de Dobramento Sergipana, mais precisamente no Domínio Canindé de idade neoproterozóica. Seu limite sul é marcado por uma zona de cisalhamento dúctil contracional, e ao longo do domínio existe várias falhas transcorrentes sinistrais de direção NE-SW (SANTOS et al., 1998). A litologia predominante na área são os granitóides diversos (principalmente os granitos, granodioritos e monzogranitos). Neste contexto geológico a área apresenta um relevo marcado por serras e morrotes que margeiam ao longo do rio, fator este que explica a ausência de praias fluviais arenosas, com exceção para as desembocaduras de afluentes que na maioria das vezes está associada às falhas transcorrentes de direção NE-SW. Sobre a hidrogeologia da região, devido às características estruturais e litológicas, a drenagem mostra-se encaixada e os aquíferos são do tipo fissural. Para a identificação das alterações ocorridas no leito do rio São Francisco foram utilizadas imagens dos sensores CCD e HRC do satélite CBERS 2B, com passagem em 09 de novembro de 2008. Estas imagens foram fusionadas, elevando a resolução espacial da imagem gerada para 2,7 metros. Foi utilizada também imagem do satélite Sentinel-2A, captada pelo sensor MSI em 16 de maio de 2017, com resolução espacial de 10 metros. As imagens foram processadas por método de classificação automática não assistida utilizando o classificador *Iso Cluster*, limitando duas classes temáticas, água e terra firme. Os dados sobre as vazões de defluência da UHE de Xingó foram obtidos junto a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017b). De acordo com estes dados foram registradas nos dias 09 de novembro de 2008 e 16 de abril de 2017, vazões de defluência de 2.159 m<sup>3</sup>/s e 699 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Nos dias anteriores a estas datas foram registradas vazões de defluência de 2.549 m<sup>3</sup>/s e 702 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Para identificação de ocupações irregulares e inapropriadas às margens do rio São Francisco foram consultadas imagens de altíssima resolução espacial disponíveis no *software* Google Earth™, com passagens em 12 de dezembro de 2012 e 16 de julho de 2016. Estas imagens também auxiliaram na detecção das mudanças ocorridas no leito do rio São Francisco, como o afloramento de rochas e o alargamento dos terrenos marginais. Nos dias 28 e 29 de setembro de 2016 e 23 de novembro de 2016 a área do estudo foi percorrida, a fim de evidenciar *in loco* as mudanças ocorridas no leito do rio São Francisco, como o afloramento de material rochoso, bem como identificar ocupações nas suas margens.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Figura 1 evidencia o processo de redução da vazão de defluência da UHE de Xingó nos últimos anos. Em 12 de maio de 2009 foi registrado o pico de vazão de defluência com 3.449 m<sup>3</sup>/s. A partir do ano de 2013, observa-se um viés de redução da vazão de defluência da UHE de Xingó, atingindo valores mínimos em 2017, com vazão de 700 m<sup>3</sup>/s (ANA, 2017b).



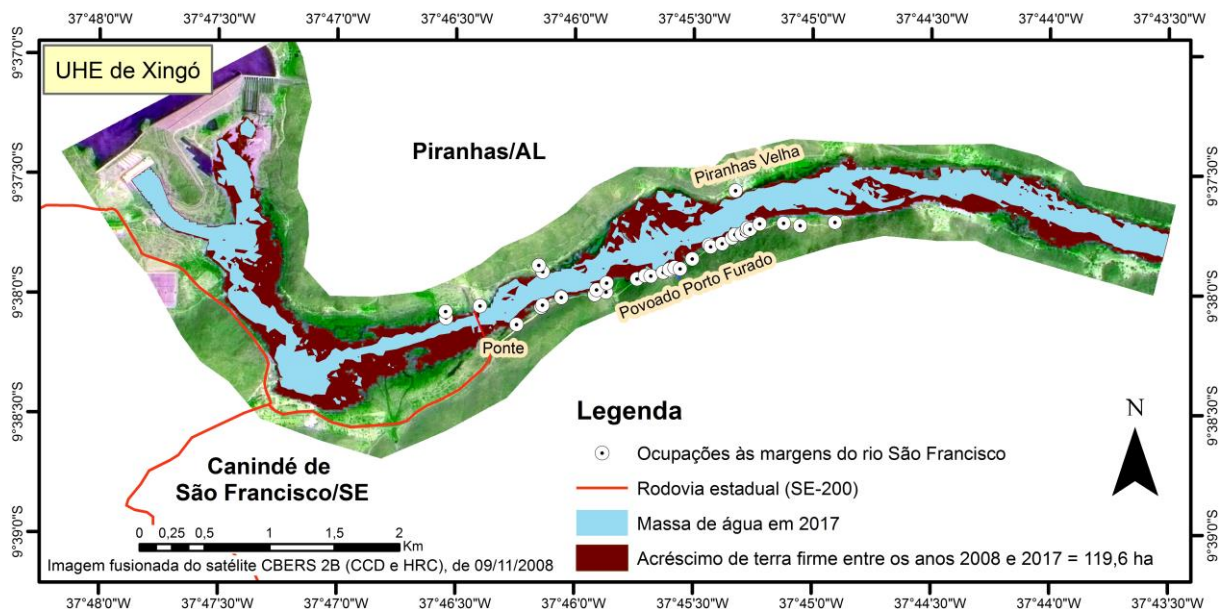
**Figura 1.** Vazão de defluência da UHE de Xingó entre 09/11/2008 e 16/05/2017. Fonte: ANA (2017b).

No mesmo período a cota do rio medida na estação fluviométrica do município de Piranhas/AL (Figura 2), foi reduzida gradativamente, atingindo valores negativos a partir de meados de 2015. Em janeiro de 2017 foi atingida a cota mínima mensal de -82 cm (ANA, 2017c).



**Figura 2.** Cotas médias do rio São Francisco registradas na estação fluviométrica do município de Piranhas/AL, entre novembro de 2008 a fevereiro de 2017. Fonte: ANA (2017c).

Diante desse quadro, após o ano de 2008 ocorreu na área do estudo à emersão de ilhas rochosas e alargamento de terrenos marginais, efeito das interferências na dinâmica hídrica do local, além de prejudicar a navegação nesse trecho do rio São Francisco, principalmente de embarcações de turismo de maior porte, como os catamarãs, comuns na região, que apesar do seu baixo calado ficam sujeitos a colisões com os afloramentos rochosos que emergiram na região com a redução do nível do rio São Francisco (Figura 3). Considerando os acréscimos de terra firme às margens (terrenos marginais e acrescidos) do rio São Francisco, estima-se que após a vazão de defluência da UHE de Xingó ter sido reduzida de 2.549 m<sup>3</sup>/s para 702 m<sup>3</sup>/s ocorreu à emersão de 119,6 hectares de terra firme, referente ao afloramento do leito rochoso do rio São Francisco e de suas margens.



**Figura 3.** Modificações no leito do rio São Francisco entre 2008 e 2017 com emersão de terra firme (material rochoso do leito do rio São Francisco e de suas margens).

No trecho do rio que antecede a ponte interestadual que interliga os municípios de Piranhas/AL e Canindé de São Francisco/SE, é observado o estreitamento do canal do rio, com a exposição do seu leito rochoso, além da fixação de vegetação arbórea com predomínio da espécie *Prosopis juliflora*,

vulgarmente conhecida como algaroba. Foram identificadas diversas edificações próximas ao leito do rio São Francisco, na margem de Sergipe principalmente na localidade denominada Porto Furado. Enquanto, que na margem de Alagoas destacam-se edificações recentes próximas à cabeceira da ponte que interliga os dois estados, e o núcleo urbano da cidade velha de Piranhas, que é tombado pelo Patrimônio Histórico Nacional. Algumas destas construções aparentemente estariam suscetíveis a alagamento e inundação quando da ocorrência de vazões de defluência iguais ou superiores a 2.549 m<sup>3</sup>/s, como ocorrido em 2009, quando foram registradas vazões de defluência acima de 3.500 m<sup>3</sup>/s. Assim, são necessários estudos complementares de maior precisão para determinação das cotas de inundação à jusante da UHE de Xingó, com base em levantamentos batimétricos e planialtimétricos realizados com equipamentos de precisão, pois há possibilidade de que a UHE de Xingó volte a operar em regime de vazões mais altas, tão logo seja restabelecido o nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Sobradinho e Três Marias, situadas a montante da UHE de Xingó. O que poderá oferecer risco às edificações construídas recentemente em terrenos marginais e acrescidos. Destaca-se que conforme o atual Código Florestal é vedado à regularização de áreas urbanas consolidadas situadas em Áreas de Preservação Permanente, caso estas sejam identificadas como áreas de risco.

**CONCLUSÕES:** As alterações ocorridas nos últimos anos no leito do rio São Francisco puderam ser detectadas através do uso de geoprocessamento, com celeridade e eficiência, permitindo realizar valiosas análises sobre os impactos ambientais decorrentes do processo gradativo de redução das vazões de defluência da UHE de Xingó. Assim, seu uso é recomendado para o mapeamento das modificações ocorridas nos demais trechos do Baixo São Francisco.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em <www.ana.gov.br>. Acesso em 1 de jan. 2017a.
- \_\_\_\_\_. Sistema de Acompanhamento de Reservatórios – SAR. Disponível em <http://sar.ana.gov.br/Medicao>. Acesso em 09 de jan. 2017b.
- \_\_\_\_\_. Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/Estacao.asp?Codigo=49370000>. Acesso em 13 de jan. 2017c.
- ALVES, N. M. S. et al. Dinâmica geoambiental, processos morfodinâmicos e uso das terras em Brejo Grande, Baixo São Francisco–Sergipe. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 2, p. 11-21, 2007.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 24 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 07 jun. 2017.
- COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO - Chesf. Disponível em: <https://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/Xingo.aspx>. Acesso em 07 de junho de 2017.
- HOLANDA, F.S.R.; SANTOS, L.C.G.; ARAÚJO FILHO, R.N.; PEDROTTI, A.; GOMES, L.J.; SANTOS, T.O.; CONCEIÇÃO, F.G. Percepção dos ribeirinhos sobre a erosão marginal e a retirada da mata ciliar do Rio São Francisco no seu baixo curso. **Ra’e Ga**, 22: p.219-237, 2011.
- RAMOS, M. M.; PRUSKI, F. F. Quantificação e análise da eficiência do uso da água pelo setor agrícola na Bacia do São Francisco. **Relatório do Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na Bacia do São Francisco**, Viçosa, MG, 2003.
- SANTOS, R.A. dos; MARTINS, A.A.M.; NEVES, J.P. das; LEAL, R.A. **Geologia e recursos minerais do estado de Sergipe**: texto explicativo do mapa geológico do estado de Sergipe. Brasília: CPRM; Aracaju: CODISE, 1998. 107p.
- SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Plano de manejo do monumento natural Grota do Angico**. Aracaju: SEMARH, 2011. 55f.
- SILVA, W. F.; MEDEIROS, P. R. P.; VIANA, F. G. B.. Quantificação preliminar do aporte de sedimentos no Baixo São Francisco e seus principais impactos. In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2010, Fortaleza. **Anais X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2010.
- ZELLHUBER, A.; SIQUEIRA, R. Rio São Francisco em descaminho: degradação e revitalização. Cadernos do CEAS: **Revista crítica de humanidades**, n. 227, p. 3-24, 2016.