

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA SUPERFÍCIE HÍDRICA E INFRAESTRUTURA URBANA NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO POR SENSORIAMENTO REMOTO

*Higor Costa de Brito¹; Rochele Sheila Vasconcelos²; Yáscara Maia Araújo Brito³; Carla Caroline
Alves Carvalho⁴; Tereza Helena Costa Nunes⁵ & Iana Alexandra Alves Rufino⁶*

RESUMO – Os processos de dominação, expansão e urbanização, nos quais o homem transforma o meio natural em artificial, com o objetivo de atender aos seus interesses, geram implicações diretas em situações de risco e vulnerabilidade socioambiental. Este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento temporal de duas classes de uso do solo - “infraestrutura urbana” e “corpos d’água” - nas quatro regiões da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco - Alto SF, Médio SF, Submédio SF e Baixo SF - a fim de verificar o comportamento de expansão ou retração desses usos ao longo do recorte temporal 1985 a 2017, com base nos dados do portal MapBiomias. Os resultados obtidos exprimem a variabilidade da disponibilidade hídrica na Bacia do São Francisco, evidenciando o baixo regime pluviométrico registrado nos últimos anos. Com a crescente urbanização da região e consequente aumento de demandas, também influenciado pela transposição. O estudo demonstra a necessidade constante de monitoramento e gestão eficientes na bacia, de forma a garantir os usos múltiplos das águas da Bacia do rio São Francisco e de todas as suas bacias receptoras das águas provenientes do Projeto de Integração Nacional.

ABSTRACT – The processes of domination, expansion and urbanization, in which man transforms the natural environment into artificial, with the objective of meeting his interests, generates direct implications in situations of risk and socio-environmental vulnerability. The article aims to analyze the behavior of two land uses - "urban infrastructure" and "water bodies" - in the four regions of the São Francisco River Basin - Upper SF, Middle SF, Lower SF and Low SF - to in order to verify the expansion or retraction behavior of these uses along the time cut from 1985 to 2017, based on data from the MapBiomias portal. The results obtained express the variability of water availability in the São Francisco Basin, evidencing the low rainfall recorded in recent years. With the increasing urbanization of the region and consequently the increase of demands, also influenced by the transposition. The study demonstrates the constant need for efficient monitoring and management in the basin in order to guarantee the multiple uses of waters of the São Francisco River Basin and all of its basins receiving water from the National Integration Project.

Palavras-Chave – Cobertura do solo, MapBiomias, Crescimento urbano.

^{1;2;3;4;5;6} Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - R. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900, (83) 2101-1461, h_igor@hotmail.com; rochelly17@hotmail.com; yascaramaiaa@gmail.com; carvcarolc@gmail.com; eng.terezanunes@gmail.com; iana.alexandra@ufcg.edu.br.

INTRODUÇÃO

O entendimento de cobertura do solo está associado às características físicas e biológicas da superfície, como é o caso da vegetação, geologia e a geomorfologia, enquanto que o uso do solo se relaciona essencialmente com as alterações que as ações antrópicas causam na superfície (NAGENDRA et al., 2004; LEITE, 2018). Assim, o uso do solo é o “total de arranjos, atividades e insumos realizados em um certo tipo de cobertura do solo (um conjunto de ações humanas) e as finalidades sociais e econômicas para as quais a terra é manejada (por exemplo, pastagem, extração de madeira, conservação)” (IPCC, 2000).

Os processos de dominação, expansão e urbanização, nos quais o homem transforma o meio natural em artificial, com o objetivo de atender aos seus interesses, gera implicações diretas em situações de risco e vulnerabilidade social e ambiental (SALLES *et al.*, 2013). Nesse sentido, vale destacar que o desenvolvimento urbano se acelerou na segunda metade do século XX com a concentração da população em espaço reduzido, produzindo grande competição pelos mesmos recursos naturais (solo e água), destruindo parte da biodiversidade natural. O meio formado pelo ambiente natural e pela população (socioeconômico urbano) é um ser vivo e dinâmico que gera um conjunto de efeitos interligados, que sem controle pode levar a cidade ao caos (TUCCI, 2008).

Sendo assim, a ocupação do solo urbano sem planejamento tem como consequência, dentre outros impactos ambientais negativos: i) a sobrecarga no sistema de drenagem urbana por meio do aumento da impermeabilização do solo e da diminuição da infiltração; ii) a perda da cobertura vegetal por pavimentos impermeáveis, diminuindo a infiltração da água no solo e aumentando a sua quantidade e a sua velocidade de escoamento; iii) a escassez e a diminuição da qualidade dos recursos hídricos; iv) o acúmulo de resíduos sólidos nos elementos do sistema de drenagem (canais, bueiros, bocas de lobo, etc.), obstruindo-os e, com isso, ocasionando seus transbordamentos em períodos de chuva; e v) o aumento da densidade urbana em determinadas zonas, principalmente as consideradas de baixo valor especulativo imobiliário da cidade (SANTOS *et al.*, 2017).

Outro ponto a ser observado, são as mudanças climáticas e cenários incertos postos na atualidade, que são causados ora pelas atividades humanas ora por causas naturais, o que exige um planejamento que permita a adaptação a esses novos contextos (RADHAKRISHNAN, 2018). Dessa maneira, o monitoramento do uso e da cobertura do solo, por meio de informações multitemporais, é fundamental para a mitigação dos impactos ambientais (COELHO, et al., 2014).

Mediante essa realidade, destaca-se o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil, que é uma iniciativa do Observatório do Clima co-criada e desenvolvida por uma rede multi-institucional envolvendo universidades, ONGs e empresas de tecnologia com o propósito de

mapear anualmente a cobertura e uso do solo do Brasil e monitorar as mudanças do território. O projeto envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2019).

Entre as bacias hidrográficas brasileiras de grande importância econômica e social no panorama nacional, está a Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (BHSF), em que cerca de 54% do seu território se localiza no Semiárido, região historicamente pautada por eventos severos de secas e cheias, balanço hídrico negativo e conflitos pelo uso da água (AZEVEDO, 2015; SILVA, 2016; MIRANDA, 2017). Além disso, vale notar que a BHSF é a única bacia hidrográfica do país que coincide exatamente com uma das regiões hidrográficas da Divisão Hidrográfica Nacional, além de, estar diretamente envolvida em um projeto de transposição de bacias que há décadas é apontado como um atenuador dos problemas de escassez hídrica em várias bacias nordestinas. Todos esses fatores contribuem para a justificativa da escolha dessa área para o desenvolvimento desse estudo.

Dessa maneira, o artigo tem como objetivo analisar o comportamento de dois usos do solo - “infraestrutura urbana” e “corpos d’água” - nas quatro regiões da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (BHSF) - Alto São Francisco (Alto SF), Médio São Francisco (Médio SF), Submédio São Francisco (Submédio SF) e Baixo São Francisco (Baixo SF) - a fim de verificar o comportamento de expansão ou retração desses usos ao longo do recorte temporal 1985 a 2017 e determinar quais são as regiões mais e menos urbanizadas e como a área equivalente às superfícies hídricas (rios, lagos e córregos) tem se comportado.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O artigo tem como área de estudo a Bacia Hidrográfica do rio São Francisco (BHSF) que corresponde à 8% do território brasileiro, abrangendo uma área de drenagem de 639.219 km² (Figura 1). A bacia estende-se por 7 unidades da federação, sendo estas: Minas Gerais, Goiás, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e o Distrito Federal. Seu rio principal, o rio São Francisco, tem uma extensão de 2.863 km e é de grande destaque no panorama nacional quanto aos seus múltiplos usos. Nasce na Serra da Canastra (MG) e deságua no Oceano Atlântico, com sua foz na divisa dos estados de Alagoas e Sergipe (CBHSF, 2016).

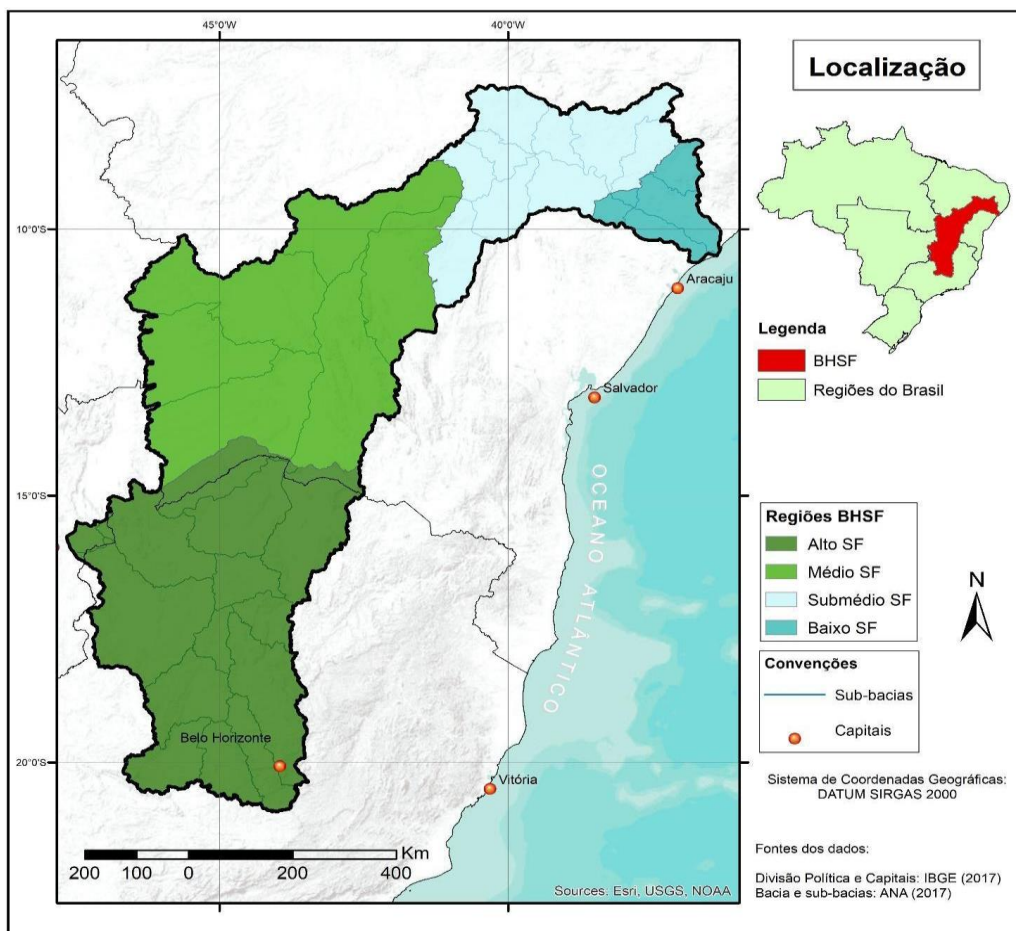


Figura 1 - Localização da área de estudo.
Fonte: Autoria própria.

A BHSF abrange 505 municípios que estão dispostos ao longo de 4 regiões fisiográficas nas quais a bacia é dividida – Alto São Francisco (Alto SF), Médio SF, Submédio SF e Baixo SF. Esta divisão ocorre, pois, há uma série de disparidades socioeconômicas ao longo da região e alguns dados de maior relevância diferenciando tais áreas pode ser visto na Tabela 1.

Aquisição de Dados

Para verificação das mudanças na cobertura do solo nas quatro regiões, foi utilizada a coleção 3 do Projeto Mapbiomas (Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil). Nesta coleção, constam as classificações de uso do solo de uma série de 33 anos (1985 a 2017), processadas e classificadas através da plataforma de processamento em nuvem *Google Earth Engine* (GEE). Nas coleções do Mapbiomas, são disponibilizados dados anuais que representam a classificação do uso do solo obtidas a partir de técnicas de *machine learning* aplicadas a diferentes séries de imagens de sensoriamento remoto. Para este artigo, foram selecionados dados do Mapbiomas com intervalos, em

sua maioria, de 5 anos, nesse caso, utilizou-se as classificações para os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2017. Sequencialmente foi feita a contagem de pixels para as classificações de cobertura referentes a corpos hídricos (rios e lagos) e infraestrutura urbana.

Tabela 1 - Dados das Regiões Hidrográficas da BHSF.

Região	Área (km ²)	%	Comprimento da rede de drenagem (km)
Alto SF	254.433	40%	53.012
Médio SF	248.481	39%	39.535
Submédio SF	105.978	17%	22.792
Baixo SF	29.991	5%	6.646

Fonte: Elaborado a partir de CBHSF (2016).

Uma vez que o produto do MapBiomas foi elaborado a partir de mosaicos dos satélites Landsat (5,7 e 8), o mesmo possui uma resolução espacial de 30x30 metros, fazendo com que cada pixel corresponda a uma área de 900m². Por fim os resultados foram convertidos para unidades de área e tiveram sua série multitemporal quantificada e analisada utilizando recursos do próprio GEE e scripts do pacote estatístico R. A quantificação e comparação das classes de uso foi realizada por sub-bacia.

RESULTADOS

Analisando a Figura 2 é possível visualizar as mudanças na série multitemporal da superfície hídrica e infraestrutura urbana na bacia do Alto curso do rio São Francisco, esta possui a maior área de infraestrutura urbana e apresentou variação significativa na superfície de água ao longo da série.

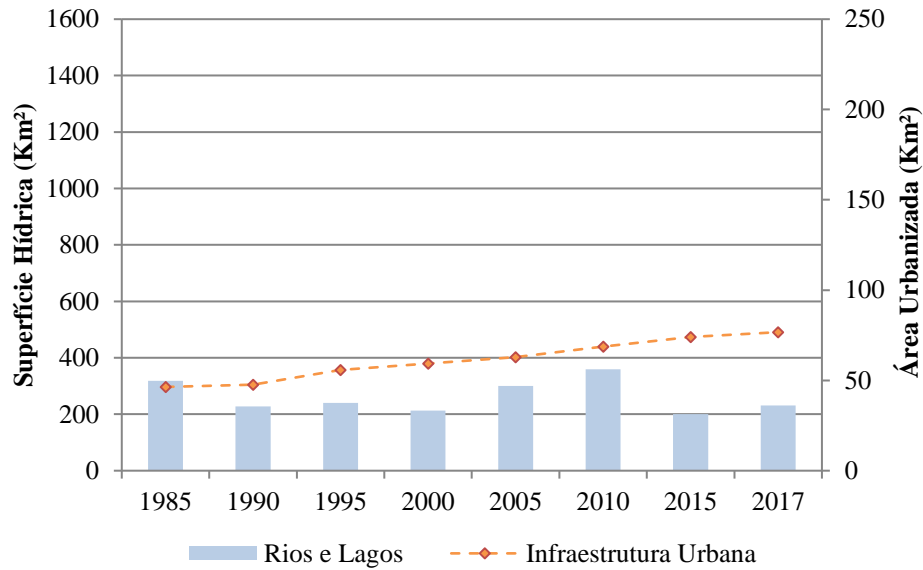


Figura 2 – Análise temporal das superfícies hídricas e infraestrutura urbana para a bacia do Alto curso do rio São Francisco.

As mudanças ocorridas nas bacias do Médio, Submédio e Baixo São Francisco estão ilustradas nas Figuras 3,4 e 5, respectivamente. O Médio curso do rio São Francisco dispõe da maior superfície hídrica, seguido sequencialmente pelas bacias do Submédio, Alto e Baixo São Francisco. Em toda as sub-bacias observa-se um decréscimo da área de espelhos d'água, rios e lagos, aqui denominada de superfície hídrica em contraposição a uma curva crescente de espraiamento urbano (aumento da superfície urbanizada) das cidades localizadas nestas sub-bacias.

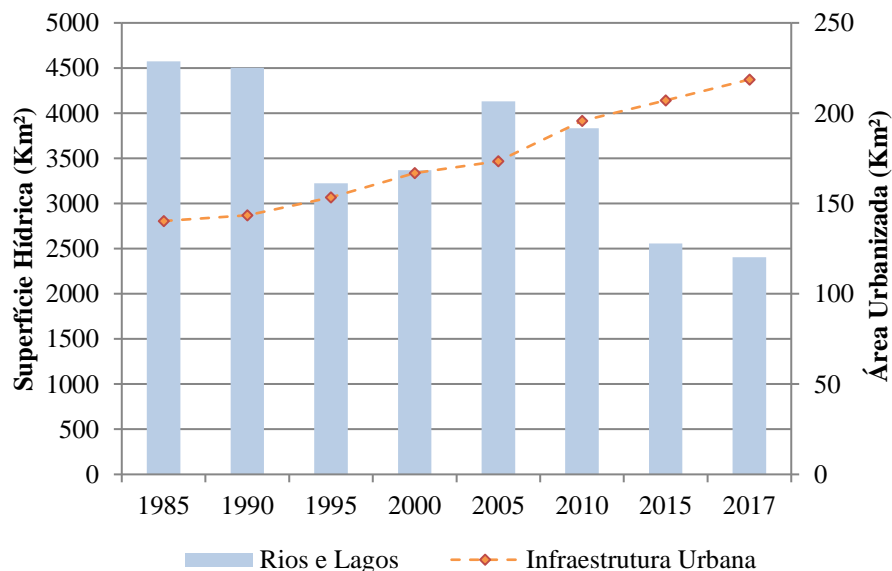


Figura 3 – Análise temporal das superfícies hídricas e infraestrutura urbana para a bacia do Médio curso do rio São Francisco.

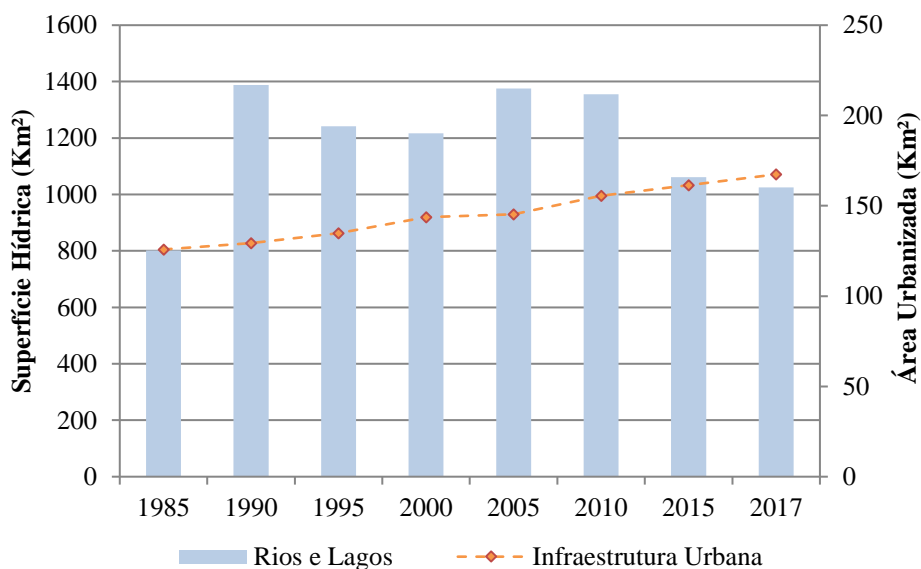


Figura 4 – Análise temporal das superfícies hídricas e infraestrutura urbana para a bacia do Submédio São Francisco.

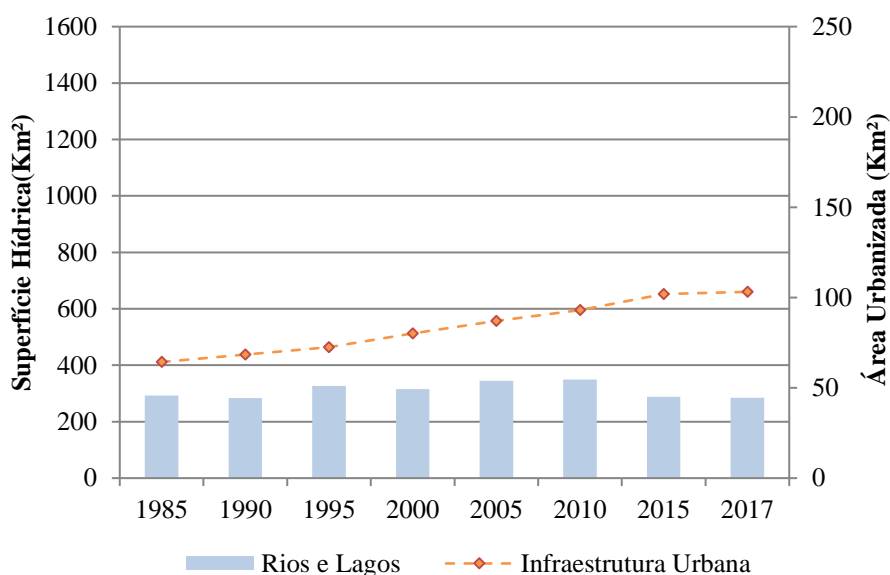


Figura 5 – Análise temporal das superfícies hídricas e infraestrutura urbana para a bacia do Baixo curso do rio São Francisco.

A variação da superfície hídrica nas bacias evidencia a crise hídrica que assolou o São Francisco a partir do ano de 2013, acarretando em decréscimos dessas áreas a partir de 2015. Também é possível identificar o processo de urbanização das bacias, que ocorreu de forma mais acentuada no Alto e Baixo São Francisco com crescimento de 65,45 e 60,46% de 1985 a 2017. A bacia do Submédio SF apresenta a menor taxa de crescimento urbano (33,07%) e a bacia do Médio São Francisco uma taxa de 55,85%, sendo esta a sub-bacia que apresenta maior infraestrutura urbana (218,7 Km²). A mesma

engloba 92 municípios entre os estados da Bahia e Pernambuco e uma população residente em 2010 de 2.065.925 habitantes (NEMUS, 2016).

Na Figura 6 é possível analisar o acréscimo ou decréscimo das superfícies hídricas para as sub-bacias em intervalos de dez anos, onde o Alto (Figura 6A) e Médio São Francisco (Figura 6B) apresentam comportamentos semelhantes de perda e ganho de superfície hídrica. O Submédio (Figura 6C) e Baixo São Francisco (Figura 6D) também apresentam o mesmo comportamento, porém com intensidades distintas.

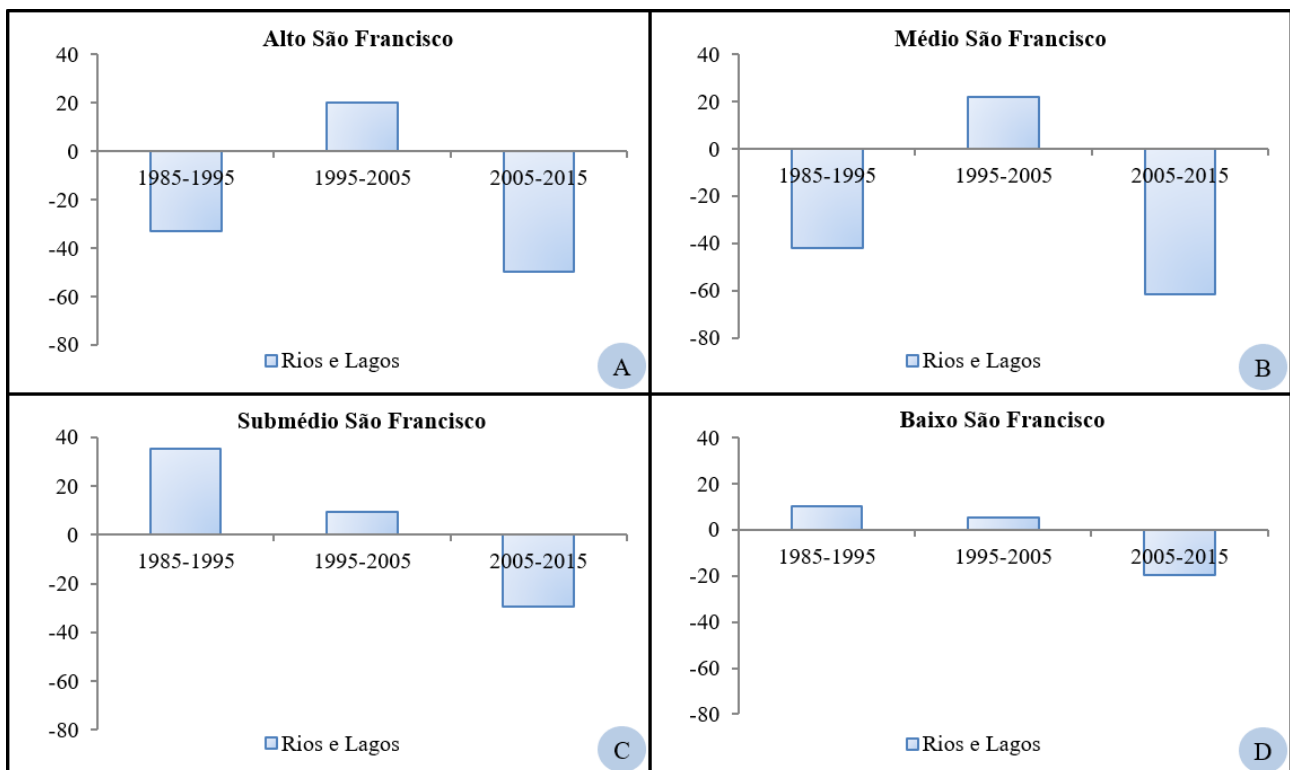


Figura 6 – Análise percentual de perda/ganho de superfícies hídricas em intervalos de 10 anos nas sub-bacias do rio São Francisco.

Considerando os resultados apresentados na Figura 6, percebe-se que, de uma forma geral, nenhuma das sub-bacias tem apresentado um aumento de suas superfícies hídricas que no caso destas bacias são majoritariamente planícies inundadas de reservatórios de abastecimento humano e de geração de energia do complexo hidroelétrico da CHESF (Companhia Hidroelétrica do São Francisco). Pode-se inferir, portanto que, a redução da superfície destes espelhos d'água somadas ao assoreamento crescente dos rios e açudes por deficiência na preservação de suas matas ciliares são determinantes na redução dos volumes dos reservatórios. A redução destes volumes, diminui a segurança hídrica e energética das populações das zonas rurais e urbanas destas sub-bacias, sendo que, nas áreas urbanizadas estes problemas são ainda maiores por causa do crescimento urbano observado nas áreas quantificadas.

CONCLUSÕES

A disponibilização de um mapeamento da cobertura e uso do solo a nível nacional como o MapBiomas surge como uma ferramenta eficiente de monitoramento, permitindo expandir a capacidade de análise dos dados de mudança de uso e cobertura do solo atualmente disponível. Os resultados obtidos exprimem a variabilidade da disponibilidade hídrica na Bacia do São Francisco, evidenciando o baixo regime pluviométrico registrado nos últimos anos. A crescente urbanização na bacia contribui com o aumento das demandas hídricas, principalmente nas áreas urbanizadas. Em um contexto atual da transposição do rio São Francisco percebe-se assim, a necessidade constante de monitoramento e gestão eficiente na bacia, de forma a garantir o múltiplo uso das águas nas regiões adjacentes. A bacia do Submédio São Francisco indica ser menos sensível a esses problemas, por apresentar menor taxa de crescimento urbano.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa está inserida no âmbito do Projeto Nexus I: Pesquisa e Desenvolvimento em Ações Integradas e Sustentáveis para a Garantia da Segurança Hídrica, Energética e Alimentar nos Biomas Caatinga e Cerrado. Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) pelo apoio financeiro concedido aos pesquisadores.

REFERÊNCIAS

- AZEVÊDO, Andrea Carla de. (2015). *Verso e reverso das políticas públicas de água para o Semiárido Brasileiro*. Revista Política e Planejamento Regional, v. 2, n. 2, p. 373-392.
- COELHO, Victor H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. das N., LIMA, E. R. V.; NETO, A. R; MOURA, G. S. S. de. (2014). *Dynamic of land use/cover change processes in a Brazilian semiarid watershed*. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 64-72.
- CBHSF. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Resumo Executivo [Water Resources Plan for the São Francisco River Basin: Executive Summary]. Salvador: CBHSF (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco), 2016.

IPCC, 2000 - Robert T. Watson, Ian R. Noble, Bert Bolin, N. H. Ravindranath, David J. Verardo and David J. Dokken (Eds.). Land Use, Land-Use Change, and Forestry. Cambridge University Press, UK. pp 375.

LEITE, Antonio Celso de Sousa. Análise térmica temporal e influência urbana utilizando índices espectrais e parâmetros biofísicos por sensoriamento remoto. 2018. 114 f. Dissertação (Mestrado) curso de Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

MAPBIOMAS, 2019. Conheça o MAPBIOMAS: O Projeto e Perguntas Frequentes. Disponível em: < <http://mapbiomas.org>> Acesso em 28 abr. 2019.

MIRANDA, Livia Izabel Bezerra de. (2017). “A Crise Hídrica e a Gestão das Águas Urbanas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba” in: ENANPUR,17, 2017, São Paulo. Anais. São Paulo: Enanpur, 2017. p. 1 - 19.

NAGENDRA, H.; MUNROEB, D.; SOUTHWORTH, J. (2004). *From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change*. Agriculture Ecosystems and Environment, v.101.

NEMUS - Gestão e Qualificação Ltda. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2016-2025), 2016. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursos_hidricos/>. Acesso em 26 abr. 2019.

RADHAKRISHNAN, Mohanasundar et al. (2018). *Flexible adaptation planning for water sensitive cities*. Cities, v. 78, p. 87-95.

SALLES, Maria Clara Torquato; GRIGIO, Alfredo Marcelo; SILVA, Márcia Regina Farias da. (2013). *The urban sprawl and environmental conflict: brief description of the problem of Mossoró, RN (Brazil)*. Sociedade & Natureza, v. 25, n. 2, p. 281-290.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. (2017). *Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB*. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, p. 1-10.

SILVA, Suênio Anderson Feliciano da. (2016). Análise multicritério espacial no gerenciamento dos recursos hídricos de Sumé - PB. 2016. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

TUCCI, C.E.M. (2008). *Águas urbanas. Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 97-112.