

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **MAPEAMENTO E ANÁLISE DOS ESPELHOS D'ÁGUA DOS PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS DA PARAÍBA POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO.**

*Antônio Helton da Silva Barbosa<sup>1</sup>; Miguel Dragomir Zanic Cuellar<sup>2</sup>; Melquisedec Medeiros  
Moreira<sup>3</sup>; Kátia Alves Arraes<sup>4</sup> & Camila Saiury Pereira Silva<sup>5</sup>*

**RESUMO** – O objetivo desta pesquisa foi mapear e analisar os espelhos d'água dos principais reservatórios das bacias hidrográficas dos rios Paraíba e Piranhas a fim de investigar a dinâmica anual de expansão e redução dos espelhos d'água durante os últimos anos de seca. Dessa forma, foi utilizada uma série temporal de imagens do Landsat 7 e 8, compreendendo um período de seis anos, de 2012 a 2017. A partir desta análise espaço-temporal foi possível estimar a dinâmica anual de ganho e perda de área apresentada pelos espelhos d'água. Deste modo, os resultados podem contribuir para a compreensão de como os reservatórios estão respondendo aos eventos de sucessivas secas, auxiliando os gestores na tomada de decisão, nos processos de planejamento ambiental, no abastecimento e também na implantação de políticas públicas voltadas a convivência com a seca no semiárido paraibano.

**ABSTRACT**– The objective of this research was to map and analyze the water mirrors of the main reservoirs of the Paraíba and Piranhas river basins in order to investigate the annual dynamics of expansion and reduction of water mirrors during the last years of drought. Thus, a time series of images of Landsat 7 and 8 was used, comprising a period of six years, from 2012 to 2017. From this space-time analysis it was possible to estimate the annual dynamics of gain and loss of area presented by the mirrors water. In this way, the results can contribute to the understanding of how reservoirs are responding to the events of successive droughts, assisting managers in decision making, environmental planning processes, supply and also in the implementation of public policies aimed at coexistence with in the semi-arid paraibano.

Palavras-Chave – Barragens; Geoprocessamento; Secas

1) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE - Centro Regional do Nordeste - CRN: Rua Carlos Serrano, 2073, Lagoa Nova - CEP: 59076-740, Natal-RN, Brasil, fone: 3204-9151, e-mail: antonio.s.barbosa@inpe.br

2) INPE - CRN: Rua Carlos Serrano, 2073, Lagoa Nova - CEP: 59076-740, Natal-RN, Brasil, fone: 3204-9150, e-mail: miguel.cuellar@inpe.br

3) MCTIC INPE - CRN: Rua Carlos Serrano, 2073, Lagoa Nova - CEP: 59076-740, Natal-RN, Brasil, fone: 3204-9148, e-mail: melquisedec.moreira@inpe.br

4) INPE - CRN: Rua Carlos Serrano, 2073, Lagoa Nova - CEP: 59076-740, Natal-RN, Brasil, fone: 3204-9150, e-mail: katia.arraes@inpe.br

5) INPE - CRN: Rua Carlos Serrano, 2073, Lagoa Nova - CEP: 59076-740, Natal-RN, Brasil, fone: 3204-9156, e-mail: camila.saiury@inpe.br

## 1. INTRODUÇÃO

Em meio à crise hídrica que afetou várias regiões do Brasil nos últimos anos, em particular a região semiárida no período de 2012 a 2017, as reservas hídricas superficiais vêm sendo bastante monitoradas, devido a sua importância como suporte à vida e desenvolvimento socioeconômico.

Por se tratar de um tema de grande relevância, visto que os recursos hídricos são imprescindíveis para a humanidade, o monitoramento periódico dos sistemas hídricos são essenciais para promover uma gestão adequada. Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto oferece uma alternativa para uma observação contínua deste recurso natural, permitindo diversas aplicações, como a detecção, o mapeamento, e a caracterização bio-óptica dos corpos d'água em larga escala (Barbosa C. *et al.*, 2019). Além disso, ainda é capaz de analisar extensas áreas em menor tempo e com menor custo.

A utilização do Sensoriamento Remoto para o estudo e monitoramento dos recursos hídricos são muito diversificados e de grande relevância. Um exemplo são as aplicações em pesquisas para o monitoramento do volume de água em reservatório (Namikawa, 2015), mapeamento dos espelhos d'água do Brasil (Martins *et al.*, 2007) e mapeamento e análise dos espelhos d'água dos principais reservatórios do semiárido do Rio Grande do Norte (Barbosa A. *et al.*, 2019).

Outro exemplo, para o Rio Grande do Norte, foi a Tese de Doutorado “Mapeamento geotécnico e reconhecimento dos recursos hídricos e do saneamento da área urbana do Município de Natal-RN: subsídios para o plano diretor” (Moreira, 2002 e Moreira *et al.*, 2018), em que foram usadas técnicas de Sensoriamento Remoto/Geoprocessamento para poder traçar um modelo do aquífero que abastece a cidade. Com essas informações espacializadas em ambiente de geoprocessamento, é possível fazer simulações no sentido de garantir à boa utilização do aquífero.

Assim, os produtos do Sensoriamento Remoto têm apresentado grandes aplicabilidades para o monitoramento e gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi mapear e analisar, por meio de Sensoriamento Remoto, a dinâmica de expansão e redução dos espelhos d'água dos principais reservatórios das bacias hidrográficas dos rios Paraíba e Piranhas a fim de investigar a dinâmica de ganho e perda de área apresentada pelos reservatórios durante os últimos seis anos de seca, compreendendo os anos de 2012 a 2017.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo engloba os principais reservatórios inseridos, geograficamente, na porção semiárida das duas maiores bacias hidrográficas da Paraíba. O Estado da Paraíba está dividido em

onze bacias hidrográficas, sendo a Paraíba (20.071,83 km<sup>2</sup>) e Piranhas (26.047,49 km<sup>2</sup>) as maiores em área e disponibilidade hídrica superficial (Figura 1), ocupando mais de 80% do território paraibano (AESAs, 2019).

Nessas bacias, foram construídos vários reservatórios a fim de se criarem reservas hídricas superficiais e promover o uso múltiplo das águas nessa região. Com isso, alguns trechos dos rios Paraíba e Piranhas foram perenizados a jusante das barragens com maior capacidade hídrica.

Desse modo, foram mapeados os reservatórios estratégicos para o abastecimento do estado da Paraíba e que possuem capacidade hídrica acima de 14 milhões de metros cúbicos. Tais informações foram coletadas a partir de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs).

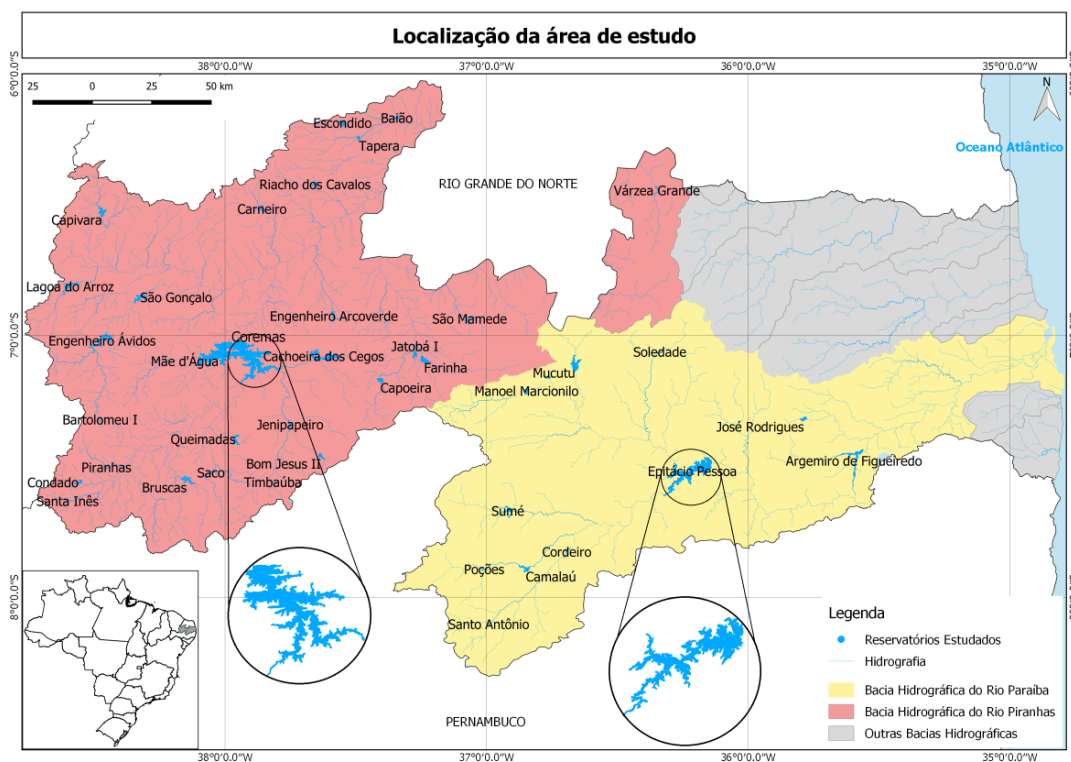


Figura 1 – Localização dos reservatórios estudados.

## 2.2 Geoprocessamento dos dados

A proposta para mapear e analisar como as principais reservas hídricas superficiais do semiárido Paraibano se comportaram durante os últimos anos de precipitações abaixo da média foram utilizadas as plataformas *Google Earth Engine* (GEE) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS.

No GEE, foram carregadas imagens dos satélites Landsat 7 para os anos de 2012 e 2013 e, Landsat 8 para os anos de 2014 a 2017, todas referentes ao mês de janeiro, em virtude deste mês

marcar o início do período chuvoso na região. Logo depois, foi realizada a composição colorida RGB 3,4,5 para o Landsat 7; e 6,5,4 para o Landsat 8.

Em seguida, para determinar áreas com água, denominados “espelhos d’água”, foi utilizado o método de converter a imagem RGB para HSV (IHS ou HLS) (*Intensity, Hue, Saturation*), e criar uma imagem pancromática utilizando a componente *Hue* (Darwish *et al.*, 2003).

A extração dos corpos d’água por meio desta técnica consiste em desagregar a informação espectral nas componentes matiz (*Hue*) e saturação (*Saturation*), e a espacial na componente intensidade (*Intensity*), contribuindo no realce de objetos e feições (Florenzano, 2011).

Dessa forma, foi utilizada a banda matiz, ou seja, o componente *Hue* para gerar uma imagem pancromática com informações sobre os alvos de superfície onde os corpos d’água se diferenciam dos outros alvos, facilitando o processo de identificação e extração dos espelhos d’água.

Posteriormente, foram exportados do GEE as imagens correspondentes aos valores de *Hue* e água (espelhos d’água) da área de estudo. Em seguida, os dados matriciais foram importados para o SIG QGIS para a etapa de processamento e quantificação das áreas dos espelhos d’água. Assim, foi possível realizar uma análise visual preliminar sobre a dinâmica de contração e expansão dos corpos d’água ao longo dos seis anos mapeados, bem como as análises quantitativas dessas mudanças.

Por fim, de posse dos dados de área ocupada, foram elaborados gráficos e mapas temáticos sobre o histórico dos espelhos d’água. O mapeamento e quantificação das áreas permitiram examinar o comportamento dos espelhos d’água nos 39 reservatórios estudados, sendo 11 na bacia do rio Paraíba e 28 na Piranhas. Os resultados de todo o mapeamento estão disponíveis no site: <[http://geopro.crn.inpe.br/RH\\_reser\\_Paraiba.htm](http://geopro.crn.inpe.br/RH_reser_Paraiba.htm)>.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises indicaram que dos 11 reservatórios mapeados na bacia do Rio Paraíba, apenas os reservatórios de Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Sumé, mantiveram os espelhos d’água com área superior a 1 km<sup>2</sup> durante o período analisado. Entre os reservatórios citados, a barragem Epitácio Pessoa apresentou a maior redução, chegando a perder quase 87% de sua área. Já o reservatório Argemiro de Figueiredo apresentou a segunda maior redução, com aproximadamente 81%.

Cabe destacar que os reservatórios Epitácio Pessoa (Figura 2) e Argemiro de Figueiredo possuem as maiores capacidades hídricas desta bacia, 411 milhões de metros cúbicos e 253 milhões de metros cúbicos (Tabela 1), respectivamente, estando localizadas no médio curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba. A capacidade hídrica e quantidade de água armazenada nesses mananciais foi, sem dúvida, um dos fatores que contribuíram diretamente para o cenário de manutenção dos espelhos d’água durante o período analisado.

A Tabela 1 mostra os valores das áreas mapeadas para os meses de janeiro de cada ano, com a diferença percentual da área de espelho d'água perdida durante o período pesquisado, assim como a capacidade hídrica dos reservatórios.

Tabela 1 – Capacidade hídrica e área dos espelhos d'água dos reservatórios da bacia do rio Paraíba.

Reservatórios	Capacidade (m <sup>3</sup> )	Área Km <sup>2</sup> dos Espelhos D'Água						% Área Reduzida
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Argemiro de Figueiredo	253.000.000	11.20	7.52	6.40	4.64	3.41	2.02	81.96
Camalaú	48.107.240	1.92	1.14	0.87	0.69	0.37	0.30	84.38
Cordeiro	69.965.945	5.79	2.87	1.82	0.50	0.00	0.00	100.00
Epitácio Pessoa	411.686.287	31.38	18.12	13.30	8.96	4.34	3.99	87.28
José Rodrigues	22.332.348	1.45	1.00	1.05	1.02	0.75	0.72	50.34
Manoel Marcionilo	15.148.900	2.28	0.08	0.00	0.02	0.00	2.51	0.00
Mucutu	25.370.000	2.97	1.68	1.12	0.66	0.37	0.08	97.31
Poções	29.861.562	2.95	1.35	1.42	0.68	0.75	0.60	79.66
Santo Antônio	24.424.130	3.27	1.82	1.57	0.67	0.39	0.05	98.47
Soledade	27.058.000	2.02	0.96	0.49	0.03	0.00	0.00	100.00
Sumé	44.864.100	4.31	2.67	2.76	2.31	1.41	1.26	70.77

A montante das barragens citadas anteriormente, no alto curso do rio Paraíba, as barragens de Soledade e Cordeiro apresentaram ausência do espelho d'água a partir do período de 2016, e assim se mantiveram também em janeiro de 2017. Nessa perspectiva, o reservatório de Manoel Marcionilo retratou este cenário de perda total somente para o período de 2014 e 2016, voltando a expandir sua área em 2017 (2.51 km<sup>2</sup>) com valor superior ao ano de 2012 (2.28 km<sup>2</sup>).

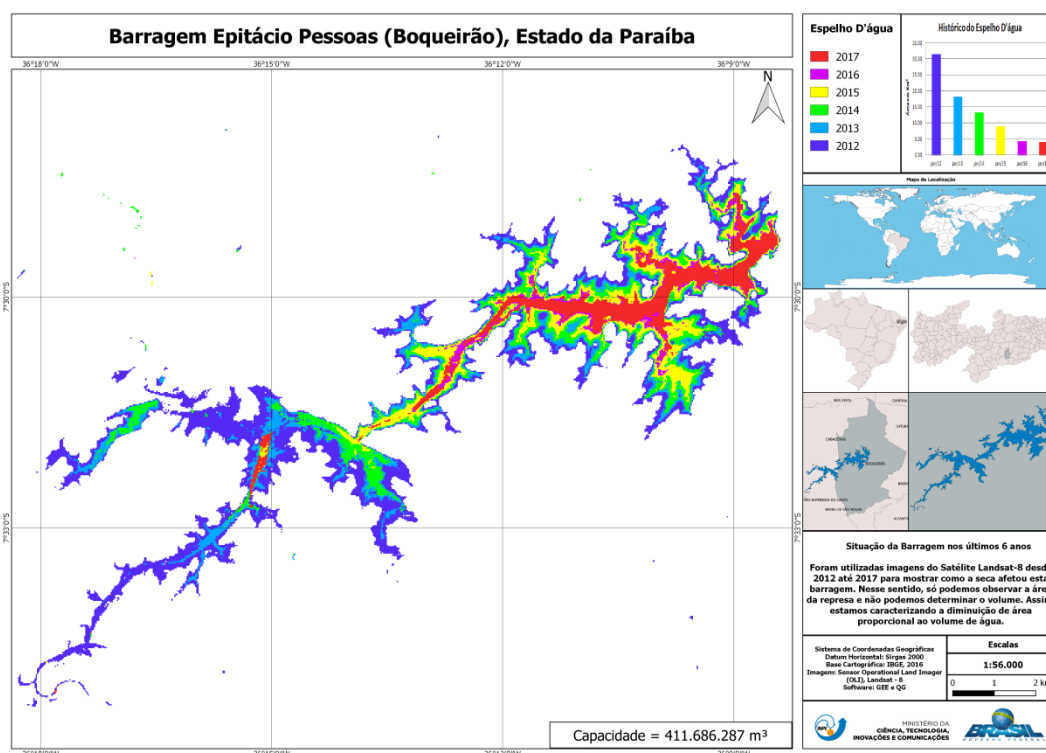


Figura 2 – Histórico dos espelhos d'água do reservatório Epitácio Pessoa, PB.

As informações de ausência de espelho d'água verificadas nesta pesquisa corroboram com os dados de falta d'água e dos níveis críticos de volume dos reservatórios do semiárido paraibano disponibilizadas pela Sistema Olho N'Água (INSA, 2019). Deste modo, esses reservatórios secaram completamente durante o período de análise e/ou apresentaram área inferior a resolução espacial utilizada.

A realidade é que, além da ocorrência de precipitações abaixo da média e intensificação da seca nos últimos anos, o tamanho das áreas de drenagem e baixa capacidade hídrica em relação aos demais reservatórios, pouco mais de 60 milhões de metros cúbicos, podem ser a explicação para o quadro de escassez de água das reservas hídricas superficiais, verificadas por meio de sensoriamento remoto.

No contexto geral de aumento de espelho d'água, é necessário destacar que na bacia do rio Paraíba, além do reservatório Manoel Marcionilo, os reservatórios de Poções e Sumé também apresentaram aumento, fato ocorrido no ano de 2014 e 2017 para reservatório Poções, e em 2014 para o de Sumé, em relação aos anos anteriores. Esse comportamento de aumento de espelho d'água pode estar ligado a eventos de chuvas concentradas nas sub-bacias ligadas a esses reservatórios.

Na bacia do Rio Piranhas, maior bacia hidrográfica do Estado, foram analisadas 28 barragens. A exemplo do que houve na bacia do rio Paraíba, as barragens com baixa capacidade hídrica da bacia Piranhas também apresentaram grande dificuldade para manter seus espelhos d'água ao longo do período analisado. Assim, mais da metade dos reservatórios (17) apresentaram reduções superiores a 70%, conforme pode ser observado na tabela 2.

Nesse contexto, as barragens de Riacho dos Cavalos e São Mamede, ambas com capacidade hídrica inferior a 18 milhões de metros cúbicos, apresentaram redução total em seus espelhos d'água durante o período analisado. O primeiro reservatório apresentou redução já no ano de 2015 e manteve esse quadro até o ano de 2017, perdendo 100% de sua área. Já o segundo, apesar de apresentar redução total logo no ano de 2013, veio a exibir crescimento de sua área no período de 2014, mas depois voltou a perder superfície no ano seguinte, até sumir completamente nos períodos 2016 e 2017.

A intensificação das sucessivas secas nos períodos de 2016 e 2017, também acarretaram na ausência dos espelhos d'água no reservatório de Tapera. Da mesma forma, Bartolomeu I, Escondido e Carneiro apresentaram ausência para 2016, e Várzea Grande somente em 2017.

Ainda com relação a dinâmica de ganho e perda de área dos espelhos d'água, o reservatório do Saco apresentou um expressivo crescimento nos períodos de 2013, 2014 e 2015, apresentando um aumento de área de aproximadamente 45% em relação ao período de 2012. Estes eventos de crescimento contribuíram para que ele fosse o único a apresentar aumento de área total entre todos

os reservatórios analisados, mesmo possuindo grande capacidade hídrica, superior a 90 milhões de metros cúbicos. Esse fato isolado, pode ter ocorrido como resultado de precipitações concentradas em suas regiões hidrográficas durante os últimos anos.

Tabela 2 – Capacidade hídrica e área dos espelhos d'água dos reservatórios da bacia do rio Piranhas.

Reservatórios	Capacidade (m <sup>3</sup> )	Área Km <sup>2</sup> dos Espelhos D'Água						% Área Reduzida
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Baião	39.226.628	4.76	3.34	2.53	1.31	0.58	0.47	90.13
Bartolomeu I	17.570.556	0.69	0.34	0.25	0.18	0.00	0.01	98.55
Bom Jesus II	14.174.382	0.96	0.76	0.75	0.61	0.46	0.26	72.92
Bruscas	38.206.463	1.43	1.22	1.12	0.85	0.75	0.72	49.65
Cachoeira dos Cegos	71.887.047	3.82	2.00	1.86	2.20	1.45	1.85	51.57
Capivara	37.549.827	1.65	1.09	0.73	0.40	0.26	0.13	92.12
Capoeira	53.450.000	0.65	0.04	0.44	0.46	0.25	0.06	90.77
Carneiro	31.285.875	1.54	0.30	0.48	0.01	0.00	1.26	18.18
Condado	35.016.000	1.49	1.44	1.11	0.79	0.69	0.52	65.10
Coremas	591.646.222	38.24	22.74	18.99	13.44	6.83	6.19	83.81
Engenheiro Arcoverde	36.834.375	2.57	1.20	1.01	0.58	0.20	0.85	66.93
Engenheiro Ávidos	255.000.000	10.42	6.00	5.11	4.05	3.26	2.26	78.31
Escondido	16.579.250	2.83	1.80	1.01	0.27	0.00	0.06	97.88
Farinha	25.738.500	1.84	0.01	0.78	0.02	1.58	0.76	58.70
Jatobá I	17.516.000	0.59	0.04	1.16	0.87	0.44	0.07	88.14
Jenipapeiro	70.757.250	6.26	4.67	3.97	3.31	3.05	2.27	63.74
Lagoa do Arroz	80.220.750	5.06	2.07	1.56	0.90	1.68	1.22	75.89
Mãe d'água	567.999.136	27.46	18.95	17.02	13.91	11.09	5.02	81.72
Piranhas	25.696.200	1.47	1.20	0.94	0.77	0.55	0.68	53.74
Queimadas	15.625.338	0.81	0.77	0.72	0.78	0.72	0.67	17.28
Riacho dos Cavalos	17.699.000	1.59	0.80	0.41	0.00	0.00	0.00	100.00
Saco	97.488.089	0.71	1.35	1.38	1.54	1.46	1.29	0.00
Santa Inês	26.115.250	0.77	0.44	0.39	0.23	0.16	0.15	80.52
São Gonçalo	44.600.000	2.43	1.52	1.08	0.61	1.97	1.37	43.62
São Mamede	15.791.280	1.19	0.00	0.48	0.27	0.00	0.00	100.00
Tapera	26.418.660	1.17	0.98	0.71	0.01	0.00	0.00	100.00
Timbaúba	15.438.572	1.18	0.78	0.76	0.42	0.20	0.28	76.27
Várzea Grande	21.532.659	1.88	1.02	0.87	0.31	0.01	0.00	100.00

Sob a perspectiva da expansão do espelho d'água, outros reservatórios apresentaram crescimento de área em relação as perdas de anos anteriores. São eles: Cachoeira dos Cegos, Capoeira, Carneiro, Engenheiro Arcoverde, Escondido, Farinha, Jatobá I, Lagoa do Arroz, Piranhas, Queimadas, São Gonçalo, São Mamede e Timbaúba.

Por outro lado, os reservatórios de Baião, Bom Jesus II, Bruscas, Capivara, Condado, Engenheiro Ávidos, Jenipapeiro e Santa Inês, apresentaram reduções gradativas de seus espelhos d'água ao longo do período estudado. Essa conjuntura, provocou perdas significativas nas suas áreas, com valores que variam desde 49% a 98% de suas superfícies.

Comportamento semelhante de redução progressiva provocou também a diminuição de mais de 80% dos espelhos d'água do sistema de reservatórios Coremas (Figura 3) e Mãe D'água, os maiores do estado, com capacidade de 591 milhões de metros cúbicos e 567 milhões de metros cúbicos, respectivamente.

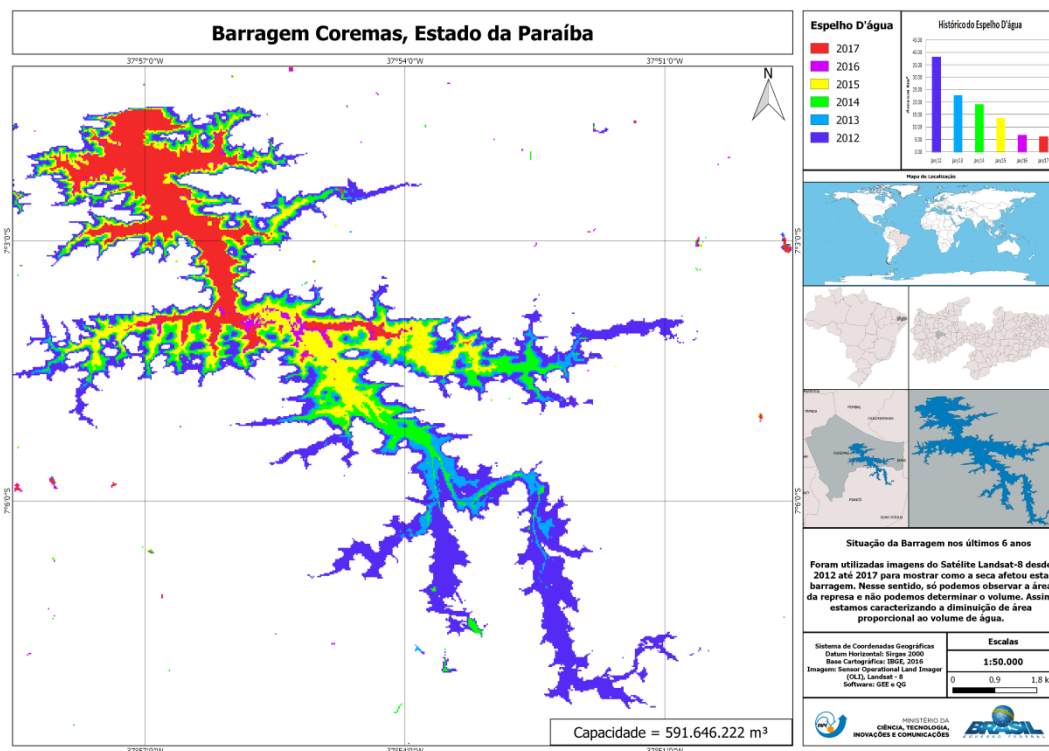


Figura 3 – Histórico dos espelhos d'água do reservatório Coremas, PB.

Considerados estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico do Estado da Paraíba, o sistema de reservatórios, com capacidade de armazenamento de 1,350 bilhões de metros cúbicos, garante o abastecimento urbano e rural, e pereniza o rio Piancó, possibilitando o desenvolvimento agrícola desta região (AESAs, 2019).

O fato é que a dinâmica de expansão e redução dos espelhos d'água foram relacionados nesta pesquisa como uma consequência direta aos eventos de precipitações, sejam elas acima ou abaixo da média. Contudo, as características climáticas, geológicas, hidrológicas e do tamanho das áreas de drenagem de cada bacia, assim como suas formas de usos múltiplos, podem ter contribuído diretamente para os cenários apresentados. Além disso, medidas operacionais de controle de vazão ou até mesmo restrições de uso, racionamentos etc., produzem efeitos diretos sobre as reservas hídricas superficiais.

#### 4. CONCLUSÕES

De maneira geral, todos os 39 reservatórios tiveram redução em sua área em algum momento do período analisado. Desse montante, 21 apresentaram redução progressiva ao longo do tempo, sendo que os 16 seguintes mantiveram a presença do espelho d'água: Argemiro de Figueiredo, Camalaú, Epitácio Pessoa, José Rodrigues, Mucutu, Santo Antônio, Baião, Bom Jesus II, Bruscas, Capivara, Condado, Coremas, Engenheiro Ávidos, Jenipapeiro, Mãe d'água e Santa Inês; e 5



reservatórios chegaram ao desaparecimento total da sua lâmina d'água (Cordeiro, Soledade, Riacho dos Cavalos, Tapera e Várzea Grande).

Os resultados desta pesquisa podem ajudar a entender melhor como as reservas hídricas superficiais estão respondendo aos eventos de seca extrema e auxiliar na tomada de decisão e gerenciamento das águas, subsidiando políticas e planejamentos de abastecimento, como por exemplo, a construção de novos sistemas de adutoras e açudes, o que pode aumentar a capacidade de enfrentar problemas relacionados a oferta de recursos hídricos.

**AGRADECIMENTOS** - Os autores agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa do Programa de Capacitação Institucional (PCI) e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Centro Regional do Nordeste (CRN) pelo fomento à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AESA. (2019). *Comitês de Bacias Hidrográficas*. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/>>. Acesso em: 02 de Abr. 2019.

MARTINS, E.S.P.R. *et al.* (2017). "*Utilização de imagens CBERS para mapeamento dos espelhos d'água do Brasil*" in Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Abril. 2017, pp. 969-976.

DARWISH, A.; LEUKERT K.; REINHARDT, W. (2003). "*Image segmentation for the purpose of object based classification*" in International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Neubiberg, Março. 2003, pp. 2039 - 2041.

BARBOSA, C.C.F.; NOVO, E.M.L.; MARTINS, V.S. (2019). *Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos*. INPE São José dos Campos - SP, 178 p.

BARBOSA, A.H.S. *et al.* (2019). "*Sensoriamento Remoto Aplicado a Análise dos Espelhos D'água dos Principais Reservatórios do Rio Grande do Norte*". in Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Abril. 2019, pp. 867 - 870.

FLORENZANO, T.G. (2011). *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. Oficina de Textos São Paulo - SP, 123 p.

INSA. (2019). *Sistema Olho N'Água*. Disponível em: <<https://olhonagua.insa.gov.br>>. Acesso em: 06 de Mar. 2019.

MOREIRA, M.M. (2002). *Mapeamento Geotécnico e Reconhecimento dos Recursos Hídricos e do Saneamento da Área Urbana do Município de Natal-RN: Subsídios para o Plano Diretor*. Tese (Doutorado em Geotecnia), Universidade de Brasília, Brasília, DF. 282 p.

MOREIRA, M.M.; SOUZA, N.M.; CUELLAR, M.D.Z.; ARRAES, K.A. (2018). *"Caracterização Geológico-Geotécnica e Piezometria do Aquífero Semi-Confinado Barreiras do Município de Natal - RN"* In Anais do XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas/XXI Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, Campinas, Nov. 2018, pp. 1- 4.

NAMIKAWA, L.M. (2015). *"Imagens landsat 8 para monitoramento de volume de água em reservatórios: estudo de caso nas barragens Jaguari e Jacaré do Sistema Cantareira"* in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, João Pessoa, Abril. 2015, pp. 4828 - 4835.