

## INFLUÊNCIA NA VARIAÇÃO DOS VOLUMES DOS RESERVATÓRIOS NA GERAÇÃO DE ENERGIA: UM ESTUDO COMPARATIVO DOS RESERVATÓRIOS DO NORDESTE – SOBRADINHO E ITAPARICA

*Vanessa Araújo de Sousa<sup>1\*</sup>; Paulino José Lopes<sup>2</sup>; Rodolpho Ramilton de Castro Monteiro<sup>3</sup>; Francisco Benício Torres Brito<sup>4</sup>; Rejane Felix Pereira<sup>5</sup>; Silvia Helena Lima dos Santos<sup>6</sup>; Amanda Souza da Silva<sup>7</sup>*

**Resumo** – A construção de um reservatório proporciona benefícios econômicos e sociais, porém, mesmo com uma gestão eficaz, a variação do seu volume é um dos fatores que interfere tanto na qualidade como na quantidade da água, ocasionando redução na geração de energia hidrelétrica. A presente pesquisa tem por objetivo analisar os fatores relevantes que contribuem na variação do volume de dois dos principais reservatórios do Nordeste Brasileiro: Sobradinho e Itaparica, em um período estimado de 2006 a 2016. O meio ambiente, fatores climáticos, temperatura, umidade, evaporação, precipitação e vazão são alguns dos aspectos que condicionam à caracterização da variação do volume de um reservatório. A metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa fundamenta-se em históricos de operação, monitoramento, controle, informações geográficas, e capacidade dos reservatórios estudados, a partir de consultas de documentos originados de instituições governamentais. Os resultados e conclusões deste estudo apontam para contribuição de um debate acerca da eficiência da capacidade de produção do reservatório tendo em conta os fatores de que dele dependem para sua manutenção.

**Palavras-Chave** – Reservatórios, Geração de energia, Hidrelétrica.

## INFLUENCES ON THE VARIATION OF THE VOLUMES OF RESERVOIRS IN THE GENERATION OF ENERGY: A COMPARATIVE STUDY OF THE NORTHERN RESERVOIRS – SOBRADINHO E ITAPARICA

**Abstract** – The construction of a reservoir provides economic and social benefits, but even with effective management, the change in volume is one of the factors that affects both the quality and quantity of water, causing reduction in the generation of hydroelectric power. This research aims to analyze the relevant factors that contribute to the volume change of two of the main reservoirs of the Brazilian Northeast: Sobradinho and Itaparica in an estimated period of 2006 to 2016. The environment, climate, temperature, humidity, evaporation, precipitation and flow are some of the aspects that affects the characterization of the variation in the volume of a reservoir. The methodology used in the research is based on historical operating, monitoring, control, geographic information, and capacity of the reservoirs, from documents originated queries from government institutions. The findings and conclusions of this study point to the contribution of a debate about the efficiency of reservoir production capacity taking into account the factors that depend on it for their maintenance.

**Keywords** – Reservoirs, Power generation, Hydropower

<sup>1</sup>Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, nessaads@aluno.unilab.edu.br

<sup>2</sup>Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, paulinolopes@aluno.unilab.edu.br

<sup>3</sup>Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, rodolpho@aluno.unilab.edu.br

<sup>4</sup>Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, beniciotbrito@gmail.com

<sup>5</sup>Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, rejane.pereira@unilab.edu.br

<sup>6</sup>Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, silvia.santos@unilab.edu.br

<sup>7</sup>Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, ssouzamanda@hotmail.com

\* Autor Correspondente

## INTRODUÇÃO

A água é um recurso imprescindível na vida de qualquer ser e seu uso é responsável por uma série de fatores em uma sociedade, economicamente ou socialmente, por exemplo. Antes de chegar aos lares, ou de ser utilizada para geração de energia, essa água, geralmente, é mantida em reservatórios, os quais são responsáveis pelo seu armazenamento. Porém, ao longo dos anos, as águas encontradas em reservatórios brasileiros vêm sofrendo impactos, os quais causam redução volumétrica. Atualmente, os reservatórios brasileiros estão inseridos em uma complexidade por causa de fatores relacionados a irregularidade espacial e temporal da disponibilidade de água, como também a deficiência de monitoramento hidroclimatológico para o estudo do comportamento dos mananciais (FONTES, 2005).

Matos *et al.* (2011) afirmam que os reservatórios de água tanto de usinas hidrelétricas como de abastecimento e/ou de usos múltiplos é um importante elemento a ser considerado no gerenciamento de recursos hídricos, pois os reservatórios atuam na bacia hidrográfica, reservando água da estação chuvosa para ser usada em estações onde a chuva é menos pronunciada, proporcionando assim um aumento na oferta deste recurso, e no caso do uso para geração de energia elétrica, o armazenamento de água pode ser considerado como um armazenamento de energia. Exaltando ainda mais a necessidade de uma gestão eficiente dos reservatórios a fim de impedir que o volume atinja a cota de tomada d'água e impeça a operação da hidrelétrica, e os outros usos para quais o reservatório é destinado.

A variação de volume dos reservatórios está ligada diretamente a uma série de fatores, tais como: evaporação, clima, qualidade da água, assoreamento e tipos de uso. Os problemas ocasionados pelo assoreamento dos reservatórios dizem respeito, principalmente, à redução do seu volume útil, o que irá interferir no uso para o qual o mesmo foi construído. Pode-se ainda destacar problemas operacionais vinculados a este processo, como: abrasão de componentes, como tubulações e pás de turbina, problemas mecânicos nas manobras das eclusas e comportas, dificuldade ou impedimento da captação d'água pela estrutura de tomada d'água, afogamento dos locais de desova, alimentação e abrigo dos peixes, formação de bancos de areia diminuindo o calado para a navegação, além de afetar a segurança da barragem (MAIA, 2006).

A evaporação é proporcionada pela atuação da temperatura, umidade do ar, velocidade do vento e da radiação solar, que são variáveis dependentes do clima. Correia e Dias (2003) informam que os maiores deplecionamentos do reservatório estão associados com períodos de grandes

estiagens e coincidem com a época seca da região que corresponde aos meses de maio a setembro. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar a variação do volume dos reservatórios Sobradinho e Itaparica no período de 2006 a 2016.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para realizar esta pesquisa, foram utilizados dados oriundos de relatórios, boletins, guias sobre aspectos climáticos, meteorológicos, como também sobre geração de energia da bacia hidrográfica do rio São Francisco, disponíveis nos sites dos seguintes órgãos:

- Sistema Nacional de Operação – ONS;
- Agência Nacional de Água – ANA;
- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL;
- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CPTEC/INPE;
- Agência Nacional de Águas – ANA (Software Hidroweb);
- Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

A área de estudo se resume em dois reservatórios nordestinos, que estão localizados na região do semiárido: Sobradinho e Itaparica. O reservatório de Sobradinho está localizado no estado da Bahia, mais precisamente no município de Sobradinho, no Médio São Francisco, com a finalidade de regularizar a vazão do rio. Com 320 km de extensão, Sobradinho apresenta grande capacidade de acumulação com uma capacidade de armazenamento de 34,1 bilhões de metros cúbicos e um volume útil de 28.669 Hm<sup>3</sup>. A usina de Sobradinho contém 1.050.300 kW de potência instalada.

O segundo reservatório a ser analisado foi o de Itaparica, também conhecido por Luiz Gonzaga, localizado no estado de Pernambuco, próximo a cidade de Petrolândia, no Submédio São Francisco. O reservatório possui área de 828 km<sup>2</sup>, volume total de 10.782 Hm<sup>3</sup> e o volume útil igual a 3.549Hm<sup>3</sup>, tendo a função de gerar energia como também regularizar as vazões afluentes das usinas, totalizando 1.479.600 kW de potência instalada.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com os dados levantados, os resultados obtidos foram que nos anos de 2006 a 2009 o volume útil do reservatório de Sobradinho permaneceu elevado, prevalecendo nos meses de abril a maio, porém com uma redução no ano de 2008, ocasionada por um longo período de estiagem. Já

a partir de 2010, o volume útil começou a diminuir, registrando um breve aumento em 2011 e 2012, porém uma queda brusca registrada em 2013 a 2016, conforme o gráfico 1.

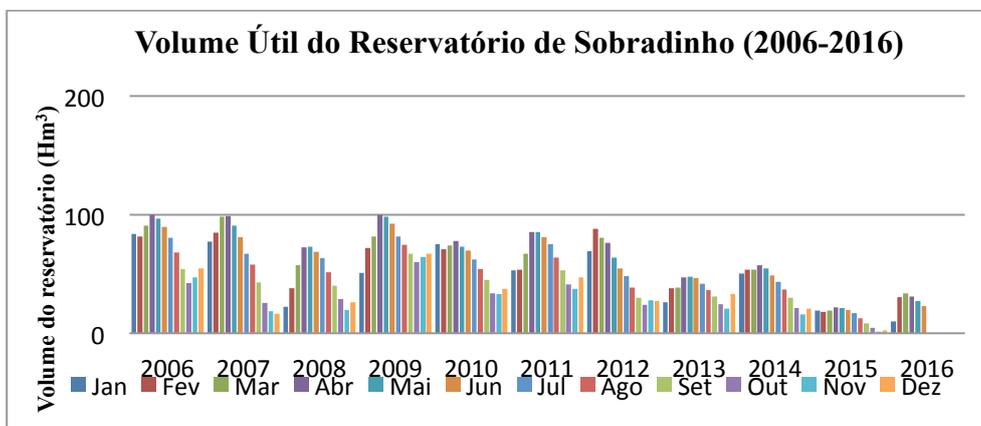


Gráfico 1 – Valores do volume útil de Sobradinho para o período de 2006-2016.

Fonte: ONS (2016)

Também, foi constatado que de maio a novembro o volume útil reduz gradualmente na maioria dos anos, sabendo que durante esse período ocorrem chuvas irregulares e de baixa contribuição volumétrica para o reservatório de Sobradinho.

Entretanto, para o reservatório de Itaparica, os dados obtidos foram altos em relação aos de Sobradinho. A partir da análise do gráfico 2, foi observado que em um período de seis anos (2006 - 2012) Itaparica apresentou um volume útil elevado, prevalecendo durante os meses de abril a setembro. Todavia, a partir de 2013, o reservatório apresentou uma redução volumétrica considerada, atingindo um valor máximo de 46,41Hm<sup>3</sup> em janeiro de 2016, e valor mínimo de 10,71Hm<sup>3</sup> em novembro de 2015.

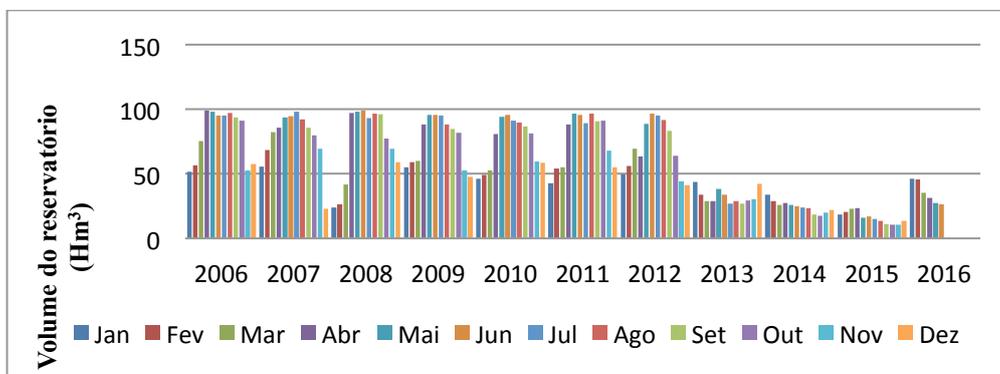


Gráfico 2 – Valores do volume útil de Itaparica para o período de 2006- 2016.

Fonte: ONS (2016)

De acordo com o boletim climático de 2015, apresentado pela ONS, o rio São Francisco apresenta uma precipitação abaixo da média histórica no trecho baixo da bacia. É possível confirmar com base no gráfico do CPTEC, como pode ser visto no gráfico 3. Quanto mais distante da faixa litorânea, os períodos de chuva diminuem podendo causar longos períodos secos na região do semiárido, com duração de até 7 meses.

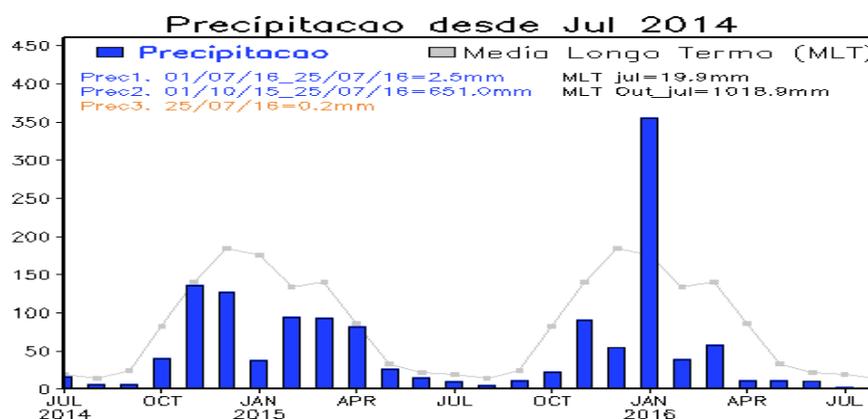


Gráfico 3 – Precipitação pluviométrica no período 2014-2016.

Fonte: CPTEC/INPE

A figura 1 mostra a distribuição espacial da precipitação nos meses junho, julho e agosto, fazendo um comparativo e foi possível analisar que de um ano para o outro houve uma redução de chuvas, comprovando assim os dados obtidos nos gráficos 1 e 2. A região apresenta a estação úmida, entres os meses março/abril a agosto/setembro, e a estação seca, entre os meses de setembro/outubro a fevereiro/março. Foi observado, com base nos gráficos do volume útil dos dois reservatórios, que durante a estação úmida, Sobradinho apresenta uma variação em seu volume útil no período de 2006 a 2012 e uma queda significativa nos valores volumétricos a partir de 2013. Em contraste, o reservatório de Itaparica apresenta volume útil consideravelmente constante no período 2006-2012, porém há um declínio no volume considerado gradual a partir de 2013, enquanto o volume em Sobradinho oscila, atingindo valores menores que o primeiro. No geral, os dois reservatórios apresentam volume útil baixo na estação seca.

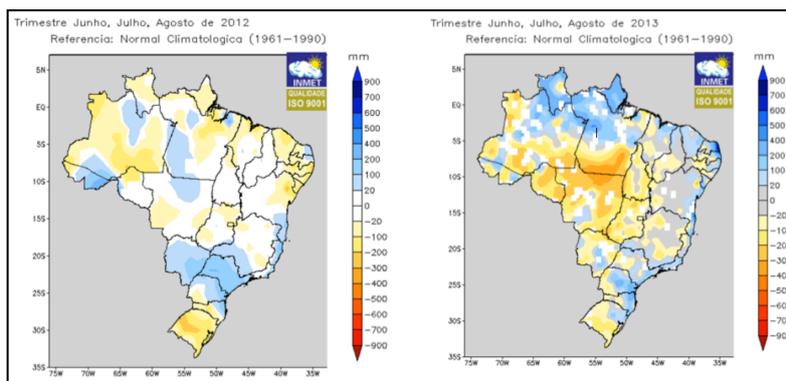


Figura 1 – Distribuição espacial da precipitação nos meses junho – agosto. Fonte: INMET (2016)

A partir de dados do INMET, a evaporação máxima no Médio São Francisco ocorre entre agosto e outubro, sendo 6,3 mm e entre setembro e dezembro no Submédio, com 9 mm. Durante estes máximos de evaporação, a temperatura do ar se encontra mais elevada. Em relação à umidade, as regiões de Sobradinho e Itaparica, apresentam umidade relativa baixa, em comparação às outras regiões, sendo menor durante agosto a outubro, o que reduz a evaporação.

Apesar de haver variação volumétrica no decorrer dos anos e reduzindo o volume útil dos dois reservatórios, a geração de energia no Nordeste continua em ascensão. Como referência, o gráfico 4 mostra a produção de energia hidroelétrica na bacia hidrográfica do rio São Francisco durante 2002 a 2013, e pode ser observado que a partir de 2006 a produção energética cresceu, porém apesar de um leve declínio, manteve-se acima de 40.000 GWh, até 2013 quando teve um cenário de escassez, produzindo energia bem abaixo do nível.

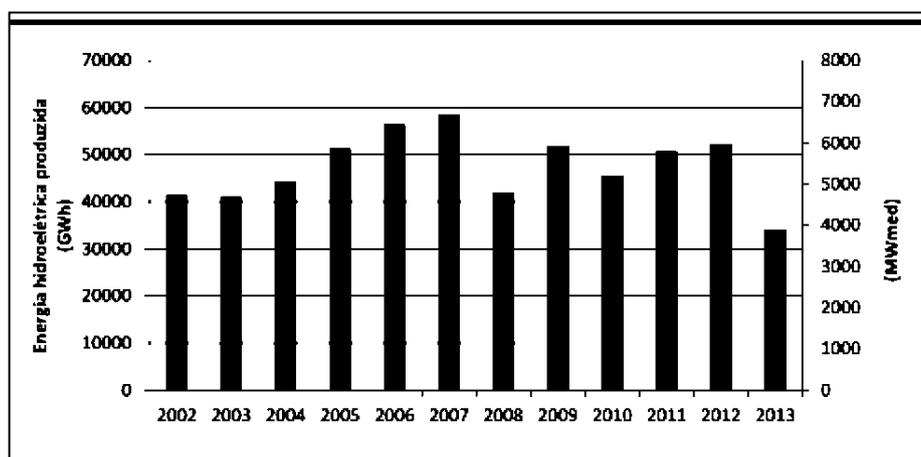


Gráfico 4. Produção de energia hidroelétrica na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

Fonte: ONS (2015)

## CONCLUSÃO

A partir dos dados levantados e analisados foi possível concluir que apesar de os reservatórios Sobradinho e Itaparica apresentarem uma redução drástica no volume útil, influenciada por períodos prolongados de seca, altas taxas de evaporação e redução de períodos chuvosos, a carga de energia produzida na bacia do rio São Francisco é elevada, contribuindo assim para a alta demanda de energia hidroelétrica na região Nordeste.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Portal Hidroweb. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 10 mai. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. SAR – Sistema de Acompanhamento de Reservatórios. Disponível em: <http://sar.ana.gov.br>. Acesso em 10 mai. 2016.
- CAVALCANTE, A.J.B.D. Impactos nos Processos Morfológicos do Baixo Curso do Rio São Francisco, Decorrentes da Construção de Barragens. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2011. Disponível em [http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/2011\\_mestrado\\_amparo\\_de\\_jesus\\_barros\\_damasceno\\_cavalcante.pdf](http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/2011_mestrado_amparo_de_jesus_barros_damasceno_cavalcante.pdf). Acesso em 03 jul. 2016.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – CBHSF. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025. Volumes 1, 2 e 7. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/planoderecursosohidricos/relatorios/>. Acesso em 02 jun. 2016.
- COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO – CHESF. Luiz Gonzaga. Disponível em <http://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/LuizGonzaga.aspx>. Acesso em 03 jul. 2016.
- COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO – CHESF. Sobradinho. Disponível em <http://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/Sobradinho.aspx>. Acesso em 06 jul. 2016.
- CORREIA, M.F; DIAS, M.A.F.S. (2003). Variação do Nível do Reservatório de Sobradinho e seu Impacto Sobre o Clima da Região. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. volume 8, n.1.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - CPTEC/INP. Energia. Disponível em <http://energia1.cptec.inpe.br>. Acesso em 03 jul. 2016.

FONTES, A.S. Estudo da evaporação em reservatórios situados em região semiárida: uso de bacia experimental. 2005. 210f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2005. Disponível em <http://www.meau.ufba.br/site/publicacoes/estudo-da-evaporacao-em-reservatorios-situados-em-regiao-semi-arida-uso-de-bacia-experim>. Acesso em 06 jul. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Monitoramento Climático - Desvio de Chuva Acumulada Total Trimestral. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/desvioChuvaTrimestral>. Acesso em 03 jul. 2016.

MAIA, A.G. As Consequências do Assoreamento na Operação de Reservatórios formados por Barragens. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2006. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-18022007-204402/pt-br.php>. Acesso em: 06 jul. 2016.

MATOS, A.J.S.; ESTIGONI, M.V.; MAUAD, F.F. Variação de Volume Calculado em Grandes Reservatórios Utilizando Diferentes Metodologias de Levantamentos Batimétricos. In *Anais XIV World Water Congress*, Porto de Galinhas, Pe, Setembro, 2011. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/51998287\\_VARIACAO\\_DE\\_VOLUME\\_CALCULADO\\_EM\\_GRANDES\\_RESERVATORIOS\\_UTILIZANDO\\_DIFERENTES\\_METODOLOGIAS\\_DE\\_LEVANTAMENTOS\\_BATIMETRICOS](https://www.researchgate.net/publication/51998287_VARIACAO_DE_VOLUME_CALCULADO_EM_GRANDES_RESERVATORIOS_UTILIZANDO_DIFERENTES_METODOLOGIAS_DE_LEVANTAMENTOS_BATIMETRICOS). Acesso em 06 jul. 2016.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. Atualização de Séries Históricas de Vazões - período 1931 a 2014. Disponível em [http://www.ons.org.br/download/operacao/hidrologia/Atualizacao\\_Series\\_Historicas\\_Vazoes\\_1931\\_a2014.pdf](http://www.ons.org.br/download/operacao/hidrologia/Atualizacao_Series_Historicas_Vazoes_1931_a2014.pdf). Acesso em: 10 mai. 2016.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. Evaporações Líquidas nas Usinas Hidrelétricas. Disponível em [http://www.ons.org.br/operacao/rel\\_evaporacao.aspx](http://www.ons.org.br/operacao/rel_evaporacao.aspx). Acesso em: 10 mai. 2016.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. Histórico da Operação. Disponível em <http://www.ons.org.br/historico/index.aspx>. Acesso em 03 jul. 2016.