

## Monitoramento da área alagada na represa de Furnas, após ocorrência da seca de 2014

Daniel Andrade Maciel<sup>1</sup>  
Margarete Marin Lordelo Volpato<sup>2</sup>  
Helena Maria Ramos Alves<sup>3</sup>  
Beatriz Fonseca Dominik Campos<sup>1</sup>  
Thais Gabriela Gonçalves<sup>1</sup>  
Rafael Pena Barata<sup>1</sup>  
Mayara Fontes Dantas<sup>2</sup>  
Tatiana Grossi Chquiloff Vieira<sup>3</sup>  
Franklin Daniel Inácio<sup>1</sup>  
Guilherme Leite Coelho<sup>3</sup>  
Julián Mauricio Agredo Hoyos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras - UFLA  
Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG  
[damaciel\_maciel, rafaelapbarata, thais\_gabriela, Franklin.d-inacio] @hotmail.com,  
beatriz\_dominik@yahoo.com

<sup>2</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG  
Campus Universitário, Caixa Postal 176, CEP 37200-000, Lavras, MG  
margarete@epamig.ufla.br, mayarafdantas@gmail.com

<sup>3</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA CAFÉ  
Parque Estação Biológica - PqEB s/n, Brasília, DF, CEP 70770-901  
helena.alves@embrapa.br, tatiana@epamig.ufla.br, guilhermeleite.bio@gmail.com,  
maofahien@yahoo.com

**Abstract.** Located on the middle course of the Rio Grande, with a flooded area of 1440 km<sup>2</sup> and a net storage volume of 17.217 hm<sup>3</sup>, the Furnas dam is one of the major power generators of the country. The main function of the reservoir is to generate energy, with an ability to generate 1,216 megawatts of power. That also provides other uses, such as pisciculture, tourism and recreation. Between 2013 and 2015, it was observed a low precipitation on that site, with an increase in 2016. Thus, the purpose of this research was to evaluate the water mirror recovery in the reservoir in the 2015-2016 period and to compare that with the years of 2013 and 2014. It was used Landsat 8 images, path/row - 219/74 and 219/75 for the years 2013, 2014, 2015 and 2016. The images were classified using the software Spring 5.2.3 in order to estimate the water mirror area. Information from National Electric System Operator and from Furnas' quarterly newsletter were used to obtain the storage volumes data, reservoir elevation and rainfall profile. The data processing showed that during the 2015-2016 period there was a volume recovery of 377.73 cubic kilometers, that represents a rise of 32% in the stored volume. It was possible, therefore, to estimate the recovery of water volume in the dam and in the most critical points.

**Palavras-chave:** drought, water mirror, remote sensing, seca. Espelho d'água, sensoriamento remoto.

### 1. Introdução

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) têm sido utilizados como ferramenta de análise espacial a fim de integrar, em uma única base, informações de uso da terra, uso dos recursos naturais, meio ambiente e atividades econômicas, entre outras aplicações, possibilitando a realização de estudos em extensas regiões (Barbosa, 1997)

Os ciclos dinâmicos dos recursos naturais precisam ser monitorados no tempo e no espaço, por isso a utilização de produtos de sensoriamento remoto e outras geotecnologias

desperta grande interesse, já que possibilita a avaliação e monitoramento da quantidade e qualidade dos recursos, acompanhando as mudanças ou evoluções que ocorrem na superfície terrestre.

Os reservatórios de água, como o de Furnas, são barreiras artificiais construídas com objetivo de armazenar água a fim de gerar energia elétrica. Nos últimos anos, tem se observado anomalias de precipitação e o verão seco de 2014 pode ter sido uma das mais severas anomalias registradas desde a construção da represa em 1963. Dessa forma a falta de chuva e a escassez de água demandam a caracterização dos recursos naturais, além de seu monitoramento, com o objetivo de quantificar a área alagada do reservatório. Golçalves et al. (2015) e Maciel et al. (2015) avaliaram a redução da área de espelho d'água nos anos de 2013 até 2015 na represa de Furnas, obtendo uma redução de 32,08% neste período.

O objetivo deste trabalho foi quantificar, utilizando imagens Landsat-8, a área alagada e estimar o volume de água recuperado no período 2015 a 2016.

## 2. Materiais e métodos

A represa de Furnas (Figura 1), localiza-se no curso médio do Rio Grande, sendo considerada o maior reservatório dentre as usinas hidrelétricas implementadas ao longo do rio. Detém uma importância significativa na questão socioeconômica da região, haja visto que sua extensão máxima atinge 220 km, influenciando 31 municípios do entorno (Boletim de Monitoramento do Reservatório de Furnas, 2016).

Visando mapear essa represa, o presente estudo consistiu em duas etapas. Primeiramente foi feita a busca de dados secundários públicos e gratuitos, disponíveis na web, que fossem capazes de caracterizar a represa, os dados coletados foram: cota, capacidade de armazenamento e precipitação. A segunda parte foi realizada com o auxílio do software SPRING 5.2.3 e esteve relacionada à obtenção das imagens e o seu posterior processamento. O aplicativo mencionado é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) desenvolvido para ser aplicado na Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional (Camara et al., 1996). É importante salientar que os dados pesquisados na primeira etapa eram datados de dias próximos aos das imagens.

A fim de se estabelecer uma relação entre a redução do volume armazenado pelo reservatório e os baixos índices de precipitação, foram comparados os dados referentes ao volume útil represado em Furnas entre os anos de 2013 e 2015. Esses dados foram obtidos na página do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), assim como os referentes ao ano de 2016, que demonstraram uma recuperação do nível da represa, se comparados com o período de estiagem no ano anterior (Figura 2).

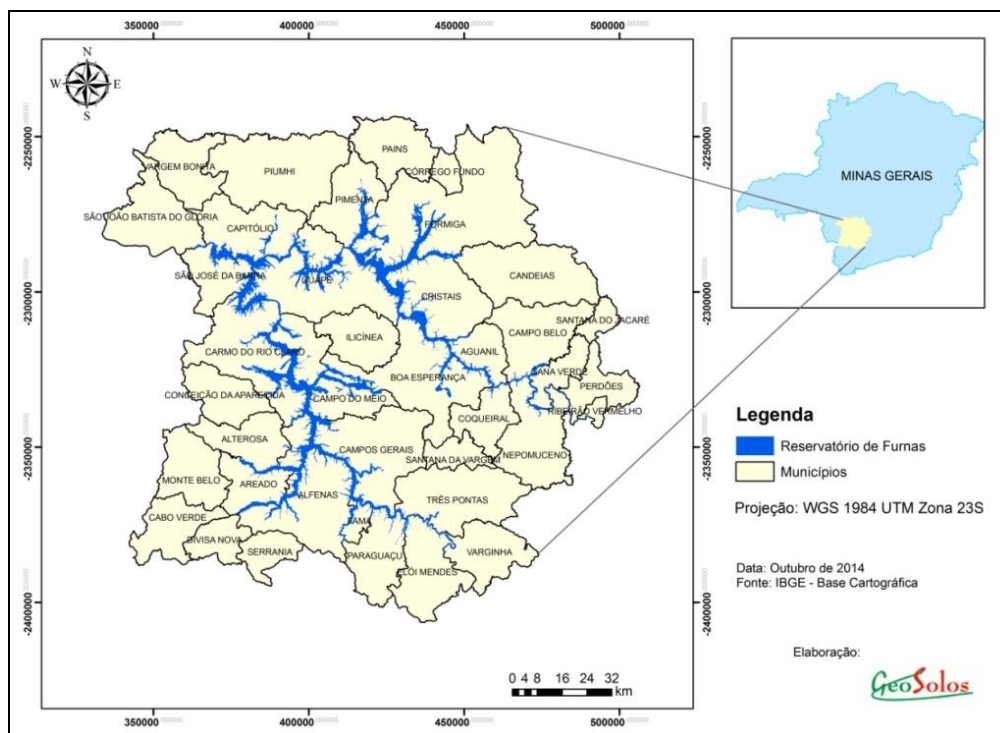


Figura 1. Mapa de localização do reservatório de Furnas. Fonte: Base cartográfica do IBGE.

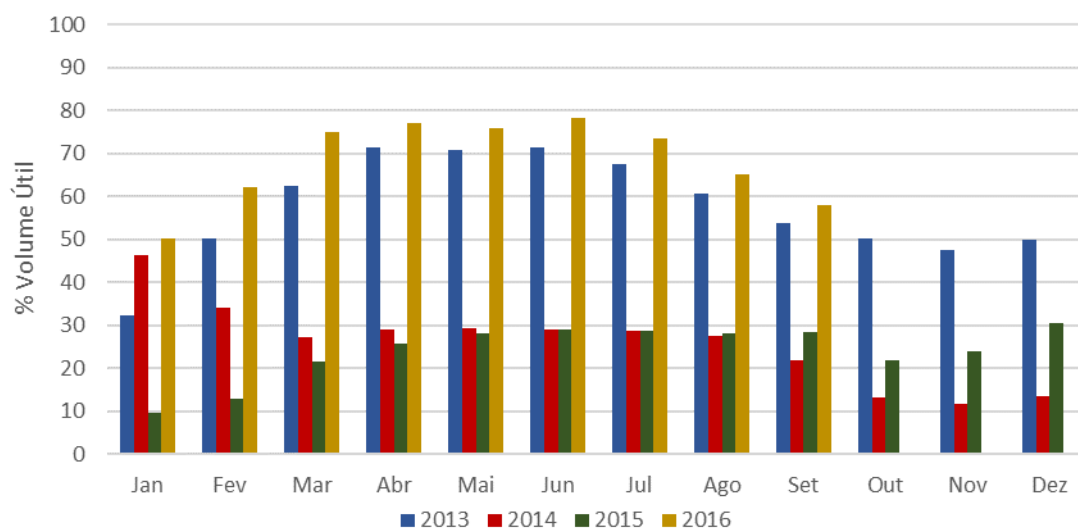


Figura 2. Volume útil do Reservatório de Furnas com relação ao volume total no período de janeiro de 2013 a outubro de 2016 (Fonte: ONS, 2016)

A página da empresa na web fornece os pareceres técnicos sobre o reservatório de Furnas. Por meio do Boletim de Monitoramento do Reservatório de Furnas, disponível no site da Agência Nacional de Águas (ANA), foi possível obter os valores de cotas, utilizados para gerar uma estimativa de diminuição do volume de água reservado.

O recurso Earth Explorer, situado na página da web do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) disponibiliza gratuitamente imagens de diferentes satélites. Entre eles está o Landsat 8 OLI/TIRS, que forneceu imagens dos meses de agosto de 2015 e agosto de 2016, órbita/ponto: 219/74 e 219/75, que foram utilizadas no estudo. No Landsat 8, cada órbita é capaz de imagear uma faixa no terreno de 170 km x 185 km. Tais órbitas, quando tomadas no

mesmo dia, são afastadas entre si de 2.875 km, necessitando, portanto de 16 dias para cobrir totalmente o globo terrestre. As áreas de 2013 e 2014 foram utilizadas a partir de estudos realizados anteriormente (Gonçalves et al, 2015 e Maciel et al., 2015).

A qualidade das imagens foi determinante para a escolha das mesmas. Foi considerado ainda a diferença de tempo entre elas para que fosse possível criar um cenário da represa em condições normais (2013) e compará-lo com o período de estiagem (2015). Ademais, utilizou-se ainda uma imagem recente (2016) para representar o atual nível da represa e constatar que houve recuperação do volume armazenado.

Fazendo o uso do software SPRING 5.2.3, processou-se as imagens obtidas por classificação automática pelo método de máxima verossimilhança seguida de correção manual. O produto gerado foi corrigido e posteriormente importado para o *software* ArcGIS 10.2, servindo de base para confeccionar os mapas temáticos e calcular as superfícies do reservatório em 2013, 2015 e 2016.

A estimativa do volume útil acumulado foi calculada assumindo a fórmula de tronco de pirâmide, representado na Equação 1, a qual leva em consideração a altura (h) que representa a diferença de cotas entre os níveis da represa nos anos estudados (presente no Boletim de Monitoramento do Reservatório de Furnas, disponibilizado pela ANA) e considera também as áreas das imagens pós-processadas, onde  $S_b$  é a área menor e  $S_B$  a área maior.

$$V = \frac{h}{3} (S_B + \sqrt{S_B \cdot S_b} + S_b) \quad (1)$$

### 3. Resultados e discussão

A Figura 3 mostra a variação da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Grande. Ao analisar os dados, percebe-se um aumento na precipitação em relação à Média de Longo Termo (MLT) a partir de setembro de 2015. Esta maior precipitação, que ocorreu novamente nos meses de novembro, janeiro e março, favorece o aumento do nível da água no reservatório.

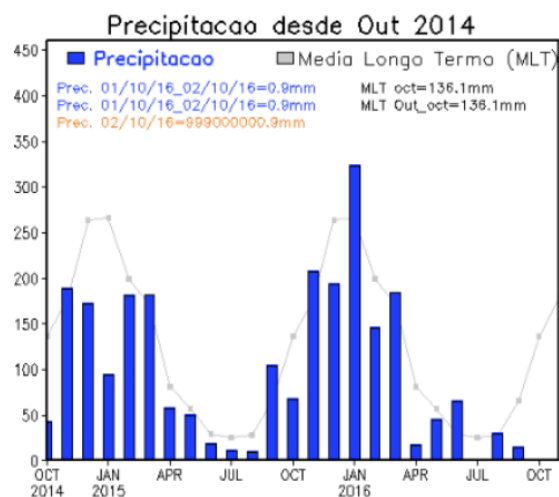


Figura 3 Precipitação e comparação com a média de longo termo da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Grande. Fonte: Boletim de Monitoramento de Furnas (2016).

Ao analisar a Figura 2, pode-se perceber a queda no volume útil do reservatório, principalmente no final do ano 2014 e início de 2015, com o menor valor (9,46 % de volume útil) registrado em janeiro de 2015. Com o aumento das precipitações o reservatório voltou a ganhar volume, chegando a um pico em junho de 2016 de 78,36%. Ao se avaliar a

recuperação da represa no período 2015 a 2016, foi constatado um aumento no armazenamento do reservatório de 5.888 km<sup>3</sup>. Este aumento também foi avaliado nas áreas em que se observaram maiores variações na área alagada em 2014 e 2015.

Tabela 1. Área alagada, cota e % do volume útil no reservatório de Furnas (Fonte: Boletim de Monitoramento de Furnas)

<b>Data da Imagem</b>	<b>Dados das imagens processadas</b>	<b>Boletim de monitoramento FURNAS</b>	
	Área Calculada	Cota (m)	% do Volume útil
<b>Agosto / 2015</b>	770,27	757,23	28,81
<b>Agosto / 2016</b>	1148	763,41	65,18

Observa-se na Figura 4 que estas áreas foram quase que em sua totalidade recuperadas, com apenas algumas manchas de seca. Porém, apesar da recuperação das áreas, vale salientar a necessidade de medidas de proteção a água, principalmente nos locais indicados na Figura 4, pois estes apresentam grandes variações de nível do reservatório em épocas de estiagem, prejudicando piscicultores, moradores e empresários da região.



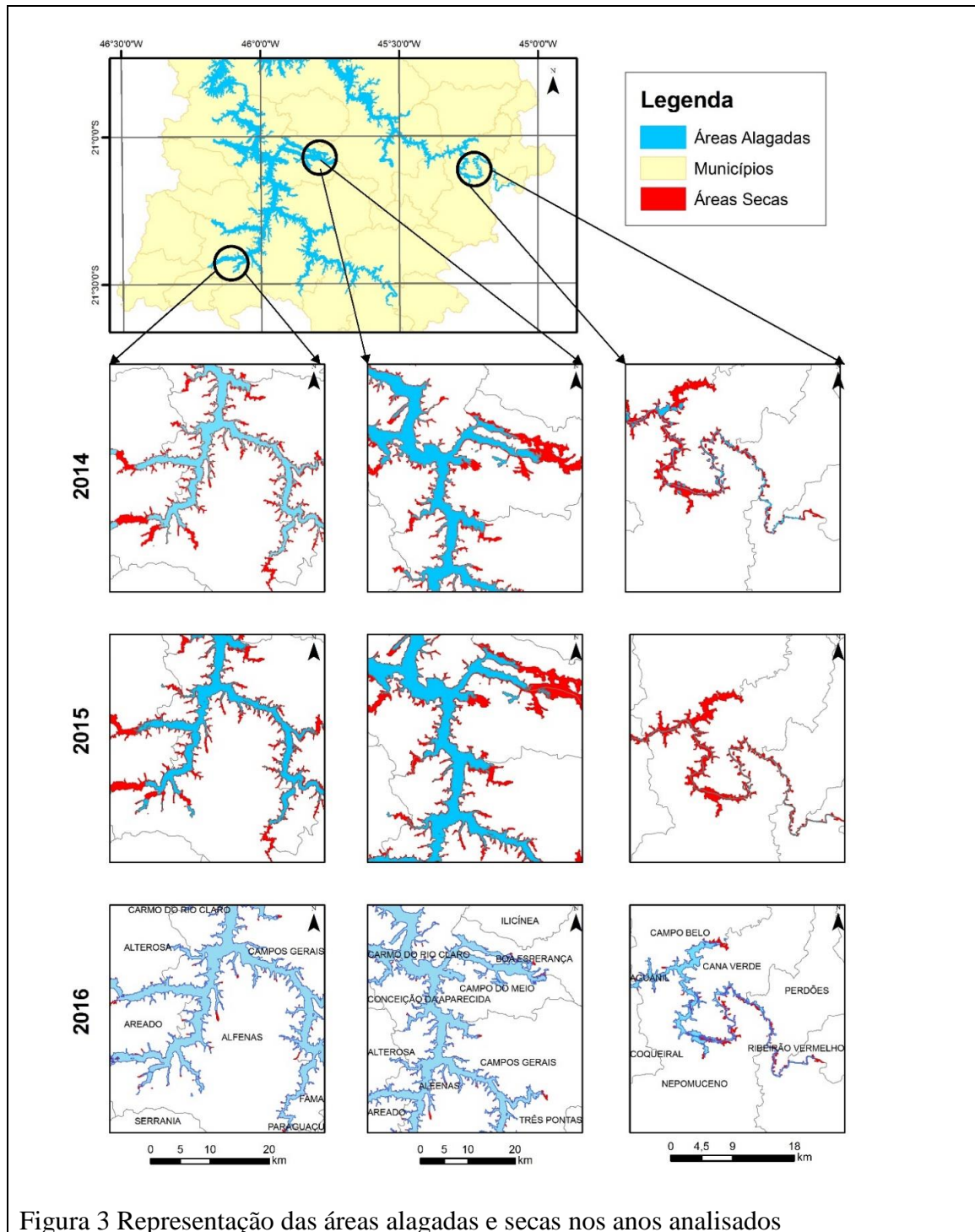


Figura 3 Representação das áreas alagadas e secas nos anos analisados

#### 4. Conclusões

Através dos dados das imagens Landsat 8 foi possível avaliar a recuperação do reservatório de Furnas. Também foi possível quantificar a área alagada e o volume recuperado no período 2015 a 2016. Foi possível também obter informações dos pontos mais críticos onde ocorre a diminuição do nível do reservatório.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a EPAMIG, a EMBRAPA e a UFLA pelo apoio e a FAPEMIG e ao Consórcio Pesquisa Café pelas bolsas fornecidas.

## Referências

Barbosa, C.C.F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**.1997.Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos,1999.

Boletim De Monitoramento Do Reservatório De Furnas. Brasília, v.4, n. 10, out 2016.

Disponível em: <

[http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsMensais/Furnas/Boletim\\_Monitoramento\\_Furnas\\_2016\\_10.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsMensais/Furnas/Boletim_Monitoramento_Furnas_2016_10.pdf)> . Acesso em: 1 de outubro de 2016

Camara, G, Souza R. C. M, Freitas U. M, Garrido J. "Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3 395-403, may/jun. 1996.

Gonçalves, T.G.; Maciel, D.A.; Alves, H.M.R.; Volpato, M.M.L., Vieira, T.G.C.; Dantas, M.F. Avaliação do nível de água do reservatório de Furnas nos anos de 2013 e 2014, utilizando imagens Landsat-8. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos:INPE, 2015. p. 1502 - 1507.

Maciel, D.A.; Gonçalves, T.G.; Alves, H.M.R.; Volpato, M.M.L.; Vieira, T.G.C.; DANTAS, M.F. Avaliação do nível de água do reservatório de Furnas nos anos de 2013 e 2015, utilizando imagens Landsat 8. In: Congresso Mineiro De Engenharia E Tecnologia, 1., 2015, Lavras. **Anais...** Lavras:UFLA

Operador Nacional Do Sistema Elétrico (ONS). Disponível em <

[http://www.ons.org.br/historico/percentual\\_volume\\_util\\_out.aspx](http://www.ons.org.br/historico/percentual_volume_util_out.aspx)> Acesso em: 3 de outubro 2016.