

**Análise da redução de área superficial do lago Dom Helvécio, Minas Gerais, Brasil e sua relação com a tendência pluviométrica na região**

**Analysis of the reduction of the surface area of Dom Helvécio Lake, Minas Gerais, Brazil and its relationship with the rainfall trend in the region**

**Análisis de la reducción de la superficie del lago Dom Helvécio, Minas Gerais, Brasil y su relación con la tendencia de las precipitaciones en la región**

Recebido: 27/04/2020 | Revisado: 02/05/2020 | Aceito: 04/05/2020 | Publicado: 10/05/2020

**Guilherme de Barros Moreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1271-7434>

Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Brasil

[guilherme.moreira@meioambiente.mg.gov.br](mailto:guilherme.moreira@meioambiente.mg.gov.br)

**Gabriela Soares Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6188-2172>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: [gabrielasoares\\_02@hotmail.com](mailto:gabrielasoares_02@hotmail.com)

**Fernando Neves Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4801-544X>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: [lima.fernando@unifei.edu.br](mailto:lima.fernando@unifei.edu.br)

**Eliane Maria Vieira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1749-6105>

Universidade Federal de Itajubá, Brasil

E-mail: [elianevieira@unifei.edu.br](mailto:elianevieira@unifei.edu.br)

**Resumo**

Os impactos associados às mudanças climáticas serão sentidos em todo o mundo e, provavelmente, terão implicações profundas para a população humana. Civilizações tiveram sua sustentabilidade impactada devido a períodos anômalos do clima e alterações do uso do solo. Atualmente, previsões do tempo e previsões climáticas sazonais tem se tornado cada vez

mais precisas, graças aos avanços no sensoriamento remoto, incluindo satélites, melhorias em ciências, e incrementos na capacidade computacional. Este estudo objetivou realizar análise espaço-temporal da área superficial do lago Dom Helvécio, localizado no município de Marliéria, no estado de Minas Gerais, Brasil, utilizando dados das imagens dos satélites associadas às técnicas de geoprocessamento. Para possibilitar inferências sobre a influência dos regimes de chuva, também, se fez uso do teste de Mann-Kendall para avaliar tendências de precipitação da região. Como resultado da análise em SIG, identificou-se uma redução na área de cerca de 38 hectares ao longo desses 14 anos. O resultado pelo método de Mann-Kendall indica tendência a diminuição da precipitação significativa em 87%, uma vez que o valor-p é menor que 0,1282. Dada a importância do tema, o estudo demonstra que as mudanças climáticas podem ser consideradas na gestão de bacias e na criação de políticas públicas, uma vez que a população deverá se adaptar aos seus efeitos.

**Palavras-chave:** SIG; Mann-Kendall; Mudanças climáticas; Geografia.

### **Abstract**

The climate change associated impacts will be sensed worldwide with profound implications for the human population. The sustainability of civilization have been impacted due to anomalous periods of climate and changes in land use. Nowadays, weather forecasts and seasonal weather forecasts are becoming increasingly accurate, as a result of advances in remote sensing, including satellites, science improvements, and increases in computing power. This manuscript aimed to perform spatio-temporal analysis of the surface area of Dom Helvécio Lake, by using data from satellite images associated with geoprocessing techniques. In order to allow inferences about the influence of rainfall regimes, the Mann-Kendall test was also used to evaluate precipitation trends in the region. As an GIS analysis result, a reduction of about 38 ha area over these 14 years has been identified. The Mann-Kendall test result indicated a tendency for significant precipitation to decrease by 87%, since the p-value is less than 0.1282. Given the importance of the theme, the study demonstrated that climate change can be considered in watershed management and public policy making, as the population must adapt to its effects.

**Keywords:** GIS; Mann-Kendall; Climate changes; Geography.

### **Resumen**

Los impactos asociados con el cambio climático se sentirán en todo el mundo y es probable que tengan profundas implicaciones para la población humana. Las civilizaciones tuvieron su

sostenibilidad impactada debido a períodos anómalos de clima y cambios en el uso de la tierra. Hoy en día, los pronósticos meteorológicos y los pronósticos climáticos estacionales se han vuelto cada vez más precisos, gracias a los avances en la teledetección, incluidos los satélites, las mejoras en la ciencia y los aumentos en la capacidad computacional. Este estudio tuvo como objetivo realizar un análisis espacio-temporal de la superficie del lago Dom Helvécio, ubicado en el municipio de Marliéria, en el estado de Minas Gerais, Brasil, utilizando datos de imágenes de satélite asociadas con técnicas de geoprocésamiento. Para hacer inferencias sobre la influencia de los regímenes de lluvia, la prueba de Mann-Kendall también se utilizó para evaluar las tendencias de precipitación en la región. Como resultado del análisis SIG, se identificó una reducción en el área de aproximadamente 38 hectáreas durante estos 14 años. El resultado del método de Mann-Kendall indica una tendencia a disminuir la precipitación significativa en un 87%, ya que el valor  $p$  es inferior a 0,1282. Dada la importancia del tema, el estudio demuestra que el cambio climático puede considerarse en el manejo de las cuencas hidrográficas y en la creación de políticas públicas, ya que la población debe adaptarse a sus efectos.

**Palabras clave:** SIG; Mann-Kendall; Cambios climáticos; Geografía.

## 1. Introdução

### 1.1. Considerações iniciais

Os impactos associados às mudanças climáticas serão sentidos em todo o mundo e, provavelmente, terão implicações profundas para a população humana (Nobre *et al.*, 2011). Esses impactos podem ser em diferentes escalas, sejam mudanças no microclima de uma determinada região, variação de área de lagos e reservatórios ou inundações mais frequentes nos centros urbanos.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), o clima apresenta variabilidade temporal e espacial decorrentes de processos na atmosfera, no solo e em sua cobertura, nos oceanos e devido à radiação solar. Os processos envolvidos são não-lineares e fortemente interligados, dificultando a sua estimativa. A observação das variáveis climáticas obtidas por meios indiretos (glaciologia e paleohidrologia) e relatos históricos mostram que o clima pode explicar parte do desenvolvimento humano no globo. Civilizações tiveram sua sustentabilidade impactada devido a períodos anômalos do clima e alterações do uso do solo.

O relatório sobre mudança climática e terra, de 2019, do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC,2019), aponta que o uso humano afeta diretamente mais de 70% (provavelmente 69-76%) da superfície terrestre global, livre de gelo. Afirma que terra também desempenha um papel importante no sistema climático e ainda menciona que, desde o período pré-industrial, a temperatura do ar na superfície da terra aumentou quase o dobro da temperatura média global. As mudanças climáticas, incluindo aumentos na frequência e intensidade de extremos, impactaram adversamente a segurança alimentar e os ecossistemas terrestres, além de contribuírem para a desertificação e a degradação da terra em muitas regiões.

De acordo com Gardner (2009), não está claro se o aumento da precipitação continental será grande o suficiente para manter os níveis atuais de escoamento médio anual denotando um então desequilíbrio no balanço hídrico a nível continental. Qualquer diminuição no escoamento ameaçará o abastecimento de água de superfície e os habitats ripários e também poderá alterar processos geomórficos fluviais.

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015), informações sobre tempo e clima, suas variabilidades e mudanças, estão tão incorporados em nosso cotidiano que as pessoas não compreendem a complexidade do trabalho realizado pelos órgãos responsáveis, como observações, pesquisas, computação e análises, e que estão por trás dos produtos gerados. Atualmente, a previsão do tempo média de 5 dias de antecedência é tão precisa quanto a previsão de dois dias de vinte e cinco anos atrás, além da maior precisão das previsões climáticas sazonais. Isto se deve graças aos avanços nas técnicas de sensoriamento remoto, qualidade dos satélites, e consideráveis incrementos na capacidade computacional. A modernização e evolução científica em meteorologia e climatologia nos últimos cinquenta anos é um dos mais significantes dentre todas as disciplinas científicas.

## **1.2. Teste de Mann-Kendall aplicado à hidrologia**

O teste de Mann-Kendall (MK), método não paramétrico e baseado em classificação, é geralmente usado para avaliar a significância estatística de tendências de séries temporais hidro-meteorológicas como qualidade de água, vazão, temperatura e precipitação (Mann, 1945; Kendall, 1975). Ele é simples e pode lidar com valores ausentes e valores abaixo de certo limite de detecção (Mann, 1945; Kendall, 1975; Kundzewicz et al., 2005).

O teste MK procura uma tendência em uma série sem especificar se a tendência é linear ou não linear e é baseado na estatística de teste S. Um valor positivo de S indica uma

tendência ascendente, enquanto que um valor negativo de S indica uma tendência descendente.

Basicamente, o teste MK consiste em comparar cada valor da série temporal com os valores restantes, sempre em ordem sequencial. É contado o número de vezes que os termos restantes são maiores do que o valor analisado (Pereira, 2014).

De acordo com Önöz e Bayazit (2003), o teste de Mann-Kendall tem como benefícios o fato da irrelevância de os dados não pertencerem a uma distribuição particular e o resultado dele ser menos afetado, em relação a dados atípicos ou inconsistentes (*outliers*), pois o cálculo é baseado no sinal das diferenças e não diretamente nos valores da variável.

### **1.3. Objetivos**

A hipótese deste trabalho é de que as variáveis climáticas têm interferido para causar o fenômeno de diminuição do volume de água do lago Dom Helvécio, considerando que este lago se encontra em uma unidade de conservação de proteção integral, o Parque Estadual do Rio Doce (PERD), no município de Marliéria/MG.

O presente estudo objetivou realizar análise espaço-temporal da área superficial do lago Dom Helvécio, utilizando dados obtidos das imagens dos satélites CBERS 2 e 4, e RESOURCESAT-2, dos anos de 2005 a 2019, associadas às técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), para avaliar e mensurar seu comportamento ao longo dos últimos anos, tendo em vista a perceptível redução de volume do lago, visualmente. Para complementar o trabalho e possibilitar inferências sobre a influência dos regimes de chuva, também, se fez uso do teste de Mann-Kendall para avaliar tendências de precipitação da região.

## **2. Metodologia**

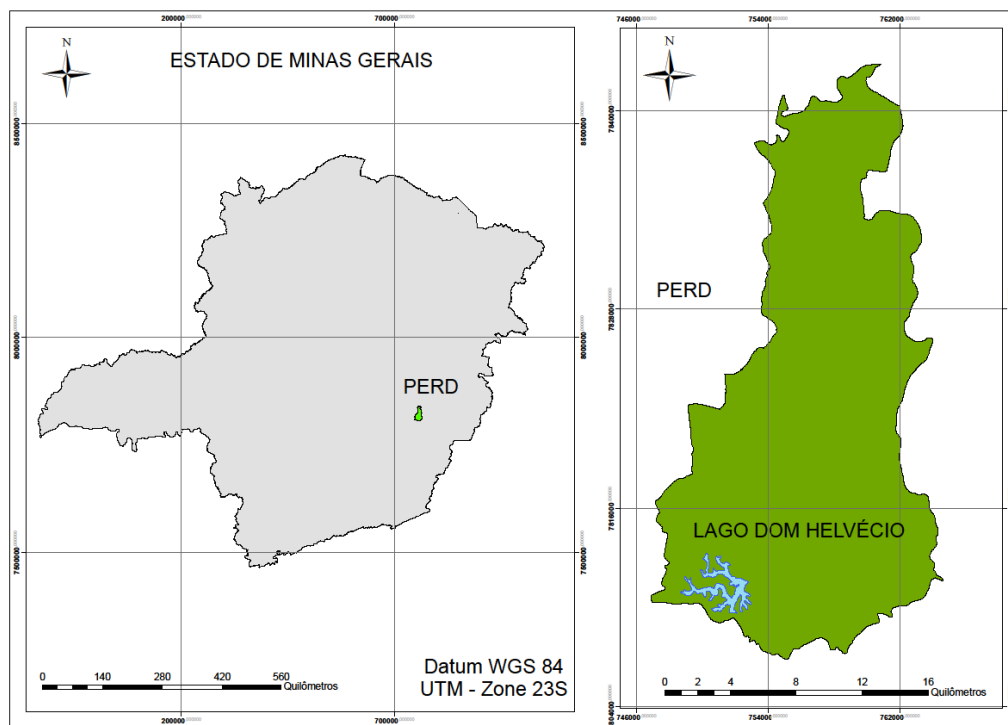
O presente trabalho tem como característica a pesquisa exploratória, uma vez que há uma relação de situação-problema e metodologia utiliza-se de levantamento de dados para solucionar uma questão específica (Gil, 2008, Pereira et al., 2018).

### **2.1. Caracterização da área de estudo**

A área de estudo deste trabalho se trata do lago Dom Helvécio, situado no Parque Estadual do Rio Doce, no município de Marliéria/MG (Figura 1, elaborada a partir da

Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos [IDE-SISEMA] (2020). Segundo o Instituto Estadual de Florestas [IEF] (2019), autarquia do Estado de Minas Gerais responsável pela gestão das unidades de conservação, o PERD é a primeira unidade de conservação criada no Estado de Minas Gerais e uma das primeiras do país, além de ser considerada a maior área contínua de mata atlântica preservada no Estado, e 3º maior complexo de lagos do Brasil, detendo rica biodiversidade e árvores centenárias.

**Figura 1:** Mapa de localização do Lago Dom Helvécio e PERD no Estado de Minas Gerais.



Fonte: Os autores (2019).

Observa-se na Figura 1 que o lago Dom Helvécio se situa na região sudoeste do Parque Estadual do rio Doce, que ainda possui outros 42 lagos naturais. O lago, também conhecido como lagoa do Bispo, é o único onde são permitidas atividades turísticas e de lazer. Este lago possui 6,87 km<sup>2</sup> de espelho d'água, com 39,2 metros de profundidade máxima e 11,3 metros de média (Neto e Coelho, 2008), sendo o lago natural mais profundo do Brasil (IEF, 2019). O lago Dom Helvécio está localizado entre as coordenadas: latitude 19°45'38"; longitude 42°37'42" e latitude 19°47'37"; longitude 42°35'11".

Segundo Teixeira et.al., (2008) a região do médio Rio Doce, onde se localiza o PERD, possui sedimentação predominantemente fina, condizente com um preenchimento sedimentar

e movimentos verticais de blocos, o que deu origem ao sistema de lagos do PERD, no período Pleistoceno/Superior/Holoceno, cujos sedimentos em profundidade ou até 10 metros, datam de 10.000 a 3.000 anos.

O PERD localiza-se no Médio Vale do rio Doce, região caracterizada por formações de colinas suaves denominada de mares de morros e serras escarpadas (MOURA *et al.*, 1992), e segundo Souza (1995), encontra-se na transição das unidades geomorfológicas Planaltos Dissecados do Rio Piracicaba/Santo Antônio, a oeste, onde registram-se altitudes superiores a 1000 metros, e Depressão Interplanáltica do rio Doce, altitudes inferiores a 200 metros, e Serras da Zona da Mata a leste, com altitudes também superiores a 1000 metros.

Predominam no PERD, segundo Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1978), os solos argilosos e álicos, com acidez média a elevada, principalmente aqueles com horizonte B textural.

Segundo a classificação de Köppen (Köppen & Geiger, 1928, *apud* CETEC, 1978), a região possui clima do tipo Aw (clima tropical úmido de savana, megatérmico), marcado por período de chuvas e de estiagem bem definidos. As precipitações atingem até 235mm no mês de dezembro, reduzindo a 9mm em agosto (CETEC, 1978). Os valores médios anuais de precipitação, umidade relativa do ar e temperatura, calculados a partir de registros dos últimos vinte anos, estão em torno de 1.300mm, 79% e 23°C, respectivamente (LOPES *et al.*, 2002).

A vegetação é considerada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Veloso *et al.* 1991). A região do PERD se insere nos limites legais do Bioma Mata Atlântica, de acordo com a Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.

## **2.2. Análise espaço-temporal da área do lago**

Para a elaboração do estudo, foi definido o espaço temporal para a análise SIG, se iniciando em 2005 e findando em 2019. A partir disso, foram realizadas pesquisas no catálogo de imagens de satélites da Divisão de Geração de Imagens – DGI, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [INPE] (2019), com intuito de obter as imagens de cada ano, preferencialmente, dos meses de agosto e setembro (fim do ano hidrológico e período de mais acentuada estiagem na região analisada), filtrando por satélites de melhores resoluções espaciais (até 23,5 m), e imagens com no máximo 20% de nuvens em cada quadrante.

Após passar por esses filtros, não se obteve imagens de todos os anos definidos inicialmente, sendo que no ano de 2009 as imagens CBERS 2 continham percentual de nuvens sobre o lago Dom Helvécio que inviabilizaram a análise. Já para os anos de 2010 a



2014, existe uma janela no satélite CBERS, pois o CBERS 3 foi perdido durante seu lançamento, não sendo encontrado em outros satélites, para este período, imagens com as características requeridas neste trabalho. Também não foi possível obter todas as imagens nos meses de agosto ou setembro, dadas as características filtradas.

Portanto, foram usadas 9 (nove) imagens para este trabalho, catalogadas na DGI/INPE, e as características delas podem ser observadas na Tabela 1, empregando-se apenas uma banda no trabalho, sendo esta selecionada em função da melhor delimitação do espelho d'água.

**Tabela 1:** Características das imagens de satélites usadas neste estudo

Satélite	Sensor	Banda	Resolução espacial	Ano(s)
CBERS 2	CCD	4	20 m	2005 a 2008
CBERS 4	MUX	8	20 m	2015, 2016 e 2018
RESOURCESAT-2	LISS3	4	23,5 m	2017 e 2019

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da DGI/INPE (2019).

As imagens foram georreferenciadas usando o software ArcGis 10.3, no qual também foi realizada a mensuração da área superficial do lago Dom Helvécio, de cada ano analisado, por meio de digitalização de camada vetorial (polígono).

Para complementar as análises espaço-temporal da área do lago, buscou-se séries históricas de precipitação existentes em estações pluviométricas próximas ao PERD, objetivando analisar os dados obtidos e fazer possíveis inferências sobre o regime de chuvas na região. Após pesquisas nas bases de dados oficiais existentes, a estação pluviométrica mais próxima da área de estudo é a Estação 1942031, localizada no município de Córrego Novo/MG, segundo Hidroweb, gerenciado pela Agência Nacional de Águas (ANA).

### 2.3. Teste de Mann-Kendall

Os dados de precipitação, que foram compilados em acumulados dos anos hidrológicos, foram avaliados através do teste de Mann-Kendall. O teste de Mann-Kendall, (Mann, 1945; Kendall, 1975) é um método robusto, sequencial e não paramétrico utilizado para determinar se determinada série de dados possui uma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa.



### 3. Resultados e Discussões

Realizado o georreferenciamento das imagens de satélites obtidas, bem como a digitalização de camada vetorial sobre elas, delimitando a área superficial do lago Dom Helvécio ao longo dos anos analisados, por meio do software ArcGis 10.3, obteve-se os seguintes resultados, dados na Tabela 2 e Figura 2, a seguir:

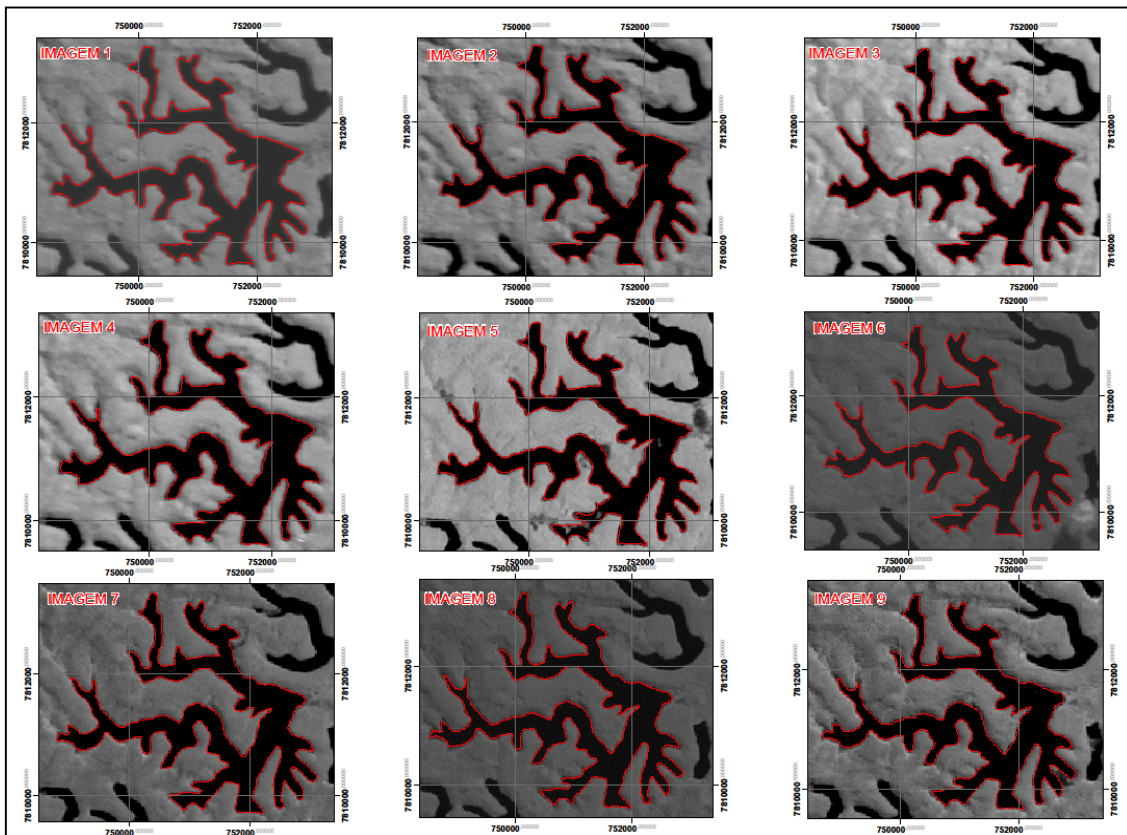
**Tabela 2:** Valores de área do lago Dom Helvécio para o período de 2005 a 2019

Image m	Data	Nomenclatura DGI/INPE	Área (ha)
Imagem 1	07/09/2005	CBERS_2_CCD1XS_2005-09-07_151_122_L2_BAND4	434,2980
Imagem 2	08/07/2006	CBERS_2_CCD1XS_2006-07-08_151_122_L2_BAND4	440,0165
Imagem 3	23/09/2007	CBERS_2_CCD1XS_2007-09-23_151_122_L2_BAND4	435,124
Imagem 4	19/07/2008	CBERS_2_CCD1XS_2008-07-19_151_122_L2_BAND4	430,4599
Imagem 5	20/01/2015	CBERS_4_MUX_20150120_151_123_L4_BAND5	403,0727
Imagem 6	28/05/2016	CBERS_4_MUX_20160528_151_122_L4_BAND8	412,3919
Imagem 7	07/09/2017	R2LS307SEP2017334092STUC00GODP_BAND4_RPC	400,8539
Imagem 8	12/08/2018	CBERS_4_MUX_20180812_151_122_L4_BAND8	385,7412
Imagem 9	29/05/2019	R2LS329MAY2019334092STUC00GODP_BAND4_RP C	395,6769

Fonte: Os autores (2019).

As imagens da Figura 2, a seguir, apresentam a variação da área da superfície do lago Dom Helvécio entre os anos analisados.

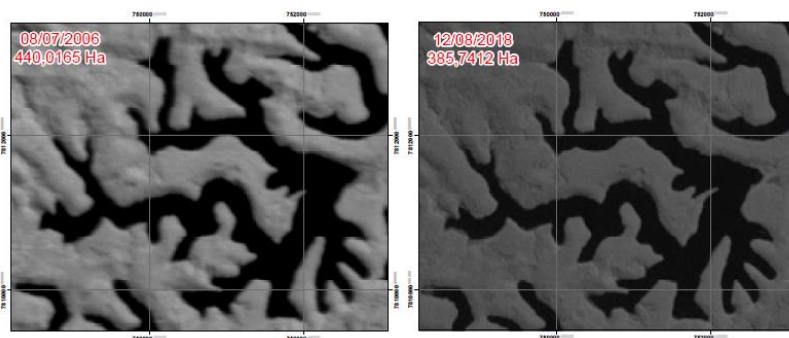
**Figura 2:** Digitalização de camada vetorial (polígono) sobre imagens de satélites do lago Dom Helvécio, nos anos analisados.



Fonte: Os autores (2019).

Na Figura 3 é apresentada uma comparação entre as imagens de satélites obtidas dos anos de 2006 (maior área mensurada), e 2018 (menor área mensurada). Em algumas extremidades é perceptível o retraimento do espelho d'água.

**Figura 3:** Comparativo entre os anos de 2006 e 2018, que resultaram na maior e menor área, respectivamente.



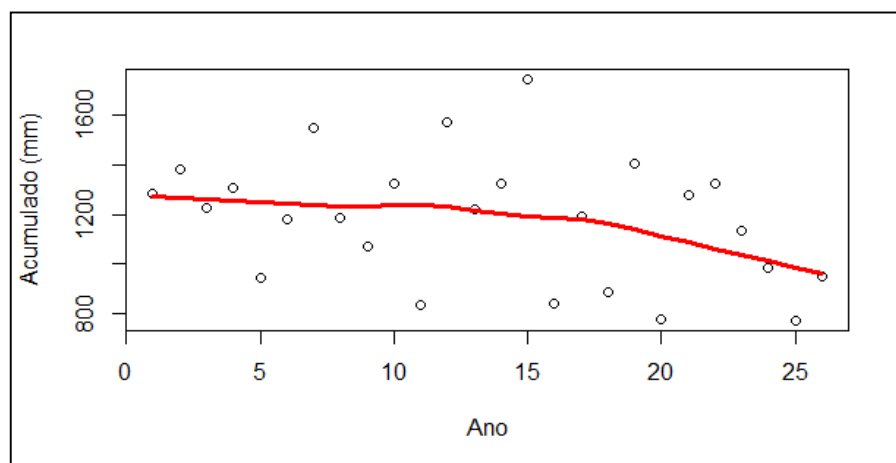
Fonte: Os autores (2019).

De acordo com os resultados encontrados, foi observado que a área superficial do lago Dom Helvécio entre os anos de 2005 a 2019, apresentou redução de aproximadamente 38,6211 ha, o que representa 8,89% da área inicialmente mensurada (434,298 Ha). Pode-se dizer que no período analisado houve uma taxa de redução média de 2,75 ha por ano, o que representa 0,635% da área do lago.

Considerando ser um lago localizado dentro do PERD, área destinada à proteção integral dos ecossistemas e biodiversidade ali existentes, e considerando que o abastecimento do lago se dá exclusivamente pelas precipitações e eventuais escoamento de base (que também estão diretamente ligados à precipitação), buscou-se então relacionar a depleção do nível d'água do lago estudado com o histórico de precipitação na região, conforme já mencionado.

Como resultado do teste de Mann-Kendall, obteve-se valor de S negativo. Um valor negativo de S indica que existe uma tendência decrescente, ou seja, tendência à redução das precipitações da região. Entretanto, obteve-se valor-p igual 0,1282, não sendo a tendência com nível de significância de 5%, mas apresentando um intervalo de confiança de 87%. A curva da tendência dos dados de precipitação também pode ser observada no gráfico da Figura 4.

**Figura 4:** Dados de precipitação dos anos hidrológicos de 1990 a 2016, da Estação de Córrego Novo/MG.



Fonte: Os autores, 2019.

Na Figura 5, a seguir, que se trata de fotografia fornecida pelo IEF, registrada em data anterior ao ano de 2011.

**Figura 5:** Fotografia, de antes de 2011, da vista superior do mirante do Parque Estadual do Rio Doce e margem do lago Dom Helvécio.



Fonte: IEF, 2019.

Pela imagem pode-se observar a margem do lago com o nível d'água encontrando com a vegetação, na parte superior direita da figura.

Já nas Figuras 6(a) e 6(b), a seguir, nota-se uma diferença do nível de água do lago em relação a Figura 5, apresentada anteriormente. É perceptível o rebaixamento do nível da água.

**Figura 6:** (a) Foto mais recente da vista superior do mirante do Parque Estadual do Rio Doce e margem do lago Dom Helvécio. Fonte: PERD, 2019. (b) Foto tirada do mirante do Parque Estadual do Rio Doce com vista para a margem do lago Dom Helvécio.



(a)



(b)

Fonte: Os autores, 2019.



Já nas Figuras 7(a) e 7(b), a seguir, também pode-se notar uma diferença do nível de água do lago.

**Figura 7:** Imagens do Google Earth de (a) 2015 e (b) 2019.



Fonte: Google Earth, 2019.

#### 4. Conclusões

Com base nos dados obtidos pela análise em SIG pode-se concluir que vem ocorrendo uma diminuição da área de superfície do lago Dom Helvécio em 0,635% ao ano. Conclui-se que, tendo em vista que o lago se encontra em ambiente protegido de fortes ações antrópicas, tendo sido usado apenas para o banho, navegação, pesca e pequena captação para abastecimento das estruturas próximas a ele, possivelmente existe uma influência climática sobre o comportamento dos ambientes lacustres o que serve de alerta para os gestores de recursos hídricos sobre a necessidade de se criar adaptações às novas condições de redução da quantidade de água disponíveis para os diversos usos.

Mesmo para um lago localizado dentro de uma área protegida, as perdas de água têm se tornando visíveis ao longo do tempo. Pode se inferir que as precipitações anuais não estão sendo suficientes para se reestabelecer os volumes de água do lago, o que pode ser confirmado com a análise da tendência de Mann Kendall que confirmou haver determinada tendência à redução.

Dada a importância do tema, o estudo demonstra que as mudanças climáticas devem ser consideradas na gestão de bacias e na criação de políticas públicas, uma vez que a população deverá se adaptar aos seus efeitos.

O presente estudo trata-se de uma análise pontual, sendo recomendada análises dos comportamentos de outros ambientes lacustres do PERD, com objetivo de verificar se a diminuição do volume d'água é um comportamento generalizado nos lagos lá existentes. Um dos resultados deste trabalho foi a constatação da diminuição da área superficial do Lago Dom Helvécio, entre 2005 e 2019, em 8,89%. Foi investigada a influência da precipitação na região, na ocorrência do fenômeno estudado, sendo constatada uma tendência a redução pelo teste de Mann-Kendall, mesmo que com intervalo de confiança de 87%. Assim, recomenda-se a realização de estudos envolvendo não só a precipitação, mas outras variáveis para balanço hídrico da região do PERD, como temperatura e evapotranspiração.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – Campus Itabira, à Agência Nacional de Recursos Hídricos – ANA, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - ProfÁgua, projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015.

Os autores agradecem, também, à administração do Parque Estadual do Rio Doce/IEF pelo fornecimento de informações e fotografias que complementaram o trabalho.

### **Referências**

Agência Nacional de Águas (2016). Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação / Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, GGES. Recuperado em 3 maio 2020, de <https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-soe/mudancas-climaticas/mudanca-climatica-e-recursos-hidricos-2013-avaliacoes-e-diretrizes-para-adaptacao/mudancas-climaticas-e-recursos-hidricos-ana-2016.pdf>

Agência Nacional de Águas. Portal HidroWeb. Recuperado em 05 maio 2020, de <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>.

Brasil (2020). MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. LEI Nº 11.428. Recuperado em 10 de abril de 2020, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm)

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (1978). Levantamento pedológico do Parque Estadual do Rio Doce. Belo Horizonte, MG. 68p.

Gil, AC. (2008). Método e técnicas de pesquisa social. 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

Gilhuis, JP. (1986). *Vegetation survey of the Parque Florestal Estadual do Rio Doce, MG, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Climate Change and Land Report. Recuperado em 19 de abril de 2020, de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM\\_Approved\\_Microsite\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf)

Instituto Estadual de Florestas [Internet]. Notícia: 2 mil pessoas celebram 71 anos do Parque Estadual do Rio Doce. 2015. Recuperado em 5 maio 2020, de <http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/1961-2-mil-pessoas-celebram-71-anos-do-parque-estadual-do-rio-doce>.

Instituto Estadual de Florestas [Internet]. Parque Estadual do Rio Doce. Recuperado em 3 maio 2020, de <http://www.ief.mg.gov.br/component/content/195?task=view>

Instituto Nacional de Meteorologia. Dia Meteorológico Mundial. Recuperado em 4 maio 2020, de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=noticia/visualizarNoticia&id=73>.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Catálogo de Imagens. Recuperado em 4 maio 2020, de <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.

Kendall, M. (1975). *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London.

Kundzewicz, ZW, Graczyk, D, Maurer, T, Pinskiwar, I, Radziejewski, M, Svensson, C, Szwed, M. (2005). Trend detection in river flow series: 1. Annual maximum flow. *Hydrol. Sci. J.* 50, 797–810.



Lopes, WP, Silva, AF, Souza, AL & Meira Neto, JAA. (2002). Estrutura fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no Parque Estadual do Rio Doce - Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 16:443-456.

Mann, H. (1945). Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245–259.

Neto, JFB & Coelho, RMP. (2008). Morphometric study of Lake Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais, Brazil: a re-evaluation. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 20(2): 161-167.

Nobre, C, Young, AF, Saldiva, PHN, Marengo, JÁ, Nobre, AD, Ogura, AT, Thomaz, O, Obregon, G, Moreira Da Silva, GC, Valverde, M, Silveira, AC & Rodrigues, GO. (2011). Vulnerability of Brazilian Megacities to Climate Change: the São Paulo Metropolitan Region (RMSP). *Climate Change in Brazil: economic, social and regulatory aspects*. Brasília: IPEA, p. 197-219.

Onoz, B & Bayazit, M. (2003). The Power of Statistical Tests for Trend Detection. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 27, 247-251.

Pereira, AS et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em: 6 maio 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Pereira, ERR. (2014). *Índices Pluviométricos na Análise da Intensidade e Variabilidade Regional das Chuvas no Nordeste do Brasil*. Tese de Doutorado. UFCG. Campina Grande, SP, Brasil.

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. (2017). Infraestrutura de Dados Espaciais. Recuperado em 05 de abril, 2020, de <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>

Souza, CJO. (1995). Interpretação morfotectônica da Bacia do Rio Doce. Dissertação de Mestrado. UFMG, MG, Brasil.

Teixeira, W, Toledo, MCM, Fairchildo & TR, Taioli, F. (2008). Decifrando a Terra. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos. v. único. 558 p.

Veloso, HP, Rangel Filho, ALR, Lima, JCA. (1991). *Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal*. IBGE, RJ, Brasil.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Guilherme de Barros Moreira – 35%

Gabriela Soares Pereira – 30%

Fernando Neves Lima – 20%

Eliane Maria Vieira – 15%