Características hidroclimáticas do Parque Estadual do Rio Doce (MG)

Fulvio Cupolillo[1], Jean Monteiro Lima[2], Diego Guimarães Florencio Pujoni[3], Ludmila Silva Brighenti[4], José Fernandes Bezerra Neto[5], Francisco Antônio Rodrigues Barbosa[6]

Resumo

Estudos recentes demostraram tendências climáticas com anomalias positivas de 2 graus Celsius para temperatura e anomalias negativas de -250 mm para precipitação, sugerindo uma mudança abrupta do padrão de chuvas para a região do Parque Estadual do Rio Doce. Este estudo objetivou demonstrar as variações dos níveis de água das lagoas em função da variabilidade nas precipitações e discutir as possíveis implicações dessas variações para o funcionamento desses ecossistemas, utilizando como modelo de estudos as medições feitas na Lagoa Carioca. Estes estudos demonstram a estreita relação e impactos diretos de variações climáticas sobre os ecossistemas aquáticos, ecossistemas estes essenciais para a manutenção do equilíbrio e interações floresta/lagos.

Palavras-chave: Precipitação, Variabilidade Climática, Lagoas, Impactos.

Abstract

Recent studies demonstrated climate trends with positive anomalies of 2 degrees Celsius for temperature and negative anomalies of -250 mm for precipitation, suggesting an abrupt change in the rain pattern for the Rio Doce State Park region. This study aimed to demonstrate the variations in water levels in lakes as a function of rainfall variability and discuss the possible implications of these variations for the functioning of these ecosystems, using the measurements made in Lake Carioca as a study model. These studies demonstrated the close relation and direct impacts of climatic variation on the water bodies which are essential ecosystems for the maintenance of the equilibrium and interactions between forest and lakes.

Keywords: Precipitation, Climate Variability, Lake, Impacts.

[1]Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Governador Valadares. Doutor em Geografia pela UFMG. Email: fulvio.cupolillo@ifmg.edu.br
[2]Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Governador Valadares. Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental pelo IFMG. Email: jeanmonteirolima@gmail.com
[3]Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Pós-Doutorado em Limnologia, Ecotoxicologia e Ecologia Aquática pela UFMG. Email: diegopujoni@gmail.com
[4]Universidade do Estado de Minas Gerais, Divinópolis. Doutora em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela UFMG. Email: ludmila.brighenti@uemg.br
[5]Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Doutor em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela UFMG. Email: joseneto@icb.ufmg.br
[6]Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Pós-Doutorado em Ecofisiologia do f Fitoplâncton pelo Institute of Freshwater Ecology-Inglaterra. Email: barbosa.ufmg@gmail.com

Introdução

O bioma Mata Atlântica, se tornou um instrumento e foco de diversas pesquisas nacionais e internacionais devido a constituir um dos dois *hotspots* de biodiversidade brasileiros (MYERS, *et al*., 2000). Uma porção desse bioma está inserida no Estado de Minas Gerais, numa unidade de conservação denominada Parque Estadual do Rio Doce - PERD. Este é o maior remanescente contínuo de Mata Atlântica no Estado (35.970 ha), abrigando parte expressiva das espécies de mamíferos, répteis e anfíbios, além de parte do sistema lacustre do médio Rio Doce. Estima-se que este sistema tenha entre 240 e 260 lagos (MAILLARD, 2012), sendo que aproximadamente 42 lagos estariam localizados no PERD (IEF-MG, 2009).

Os lagos são considerados importantes sentinelas das mudanças ambientais, pois respondem rapidamente às mudanças nos ambientes terrestres do entorno e às mudanças climáticas, como variações na temperatura e no regime de chuvas (WILLIAMSON *et al*., 2009).

Segundo Cupolillo (2015), a estação chuvosa na região ocorre de outubro a março em função da atuação de sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência da América do Sul – *ZCAS*[7], que é formada pela persistência da banda de nebulosidade por pelo menos quatro dias seguidos, estando semiestacionária sobre a América do Sul no sentido (NW-SE), que se estende desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul (QUADRO, 1994) e também das frentes frias originadas do sul do país, contribuindo para o aumento de dias chuvosos no Estado de Minas Gerais e na região do PERD.

Já a estação seca ocorre de abril a setembro e devido a atuação intensificada do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul - ASAS, que promove a subsidência de ar sobre o Estado de Minas Gerais, acarretando aumento na pressão atmosférica e na temperatura máxima, reduzindo a umidade relativa e nebulosidade em virtude do bloqueio à penetração das Frentes Frias (CUPOLILLO, 2015).

Essas variações climáticas podem levar a mudanças na dinâmica de mistura e estratificação térmica de lagos, com importantes consequências para os organismos e processos desses ecossistemas (PILLA *et al*., 2020).

O fenômeno de estratificação térmica ocorre quando as diferenças de temperaturas entre a superfície e o fundo do lago são suficientes para promover um gradiente de densidade e a separação de diferentes camadas de água. Variações ao longo do tempo (dias, semanas e meses) de temperatura, pluviosidade e vento levam a mudanças nessa estrutura térmica dentro dos lagos, fazendo com que haja uma alternância entre períodos de estratificação e mistura da água, chamada de circulação térmica (MACINTYRE *et al*., 2014). Como essa divisão da coluna d'água desempenha um importante controle da troca de matéria dissolvida e particulada entre o

[7]Define-se como mais apropriado para a Zona de Convergência o uso da nomenclatura "Zona de Convergência da América do Sul" em vez de "Zona de Convergência do Atlântico Sul", devido este mecanismo atmosférico ocorrer predominantemente sobre o continente, o qual é fator determinante para sua formação conforme Amaro, Lacerda e Molion (2008).

fundo e a superfície do lago, ela tem grande influência na distribuição dos organismos e na distribuição espacial dos processos físicos, químicos e biológicos na coluna d'água (READ *et al*., 2011). Entender como as variações climáticas afetam essa dinâmica é fundamental para compreender o funcionamento desses ecossistemas.

Este estudo busca demonstrar as variações dos níveis de água das lagoas em função da variabilidade nas precipitações e discutir as possíveis implicações dessas variações para o funcionamento desses ecossistemas, utilizando como modelo de estudos as medições feitas na Lagoa Carioca.

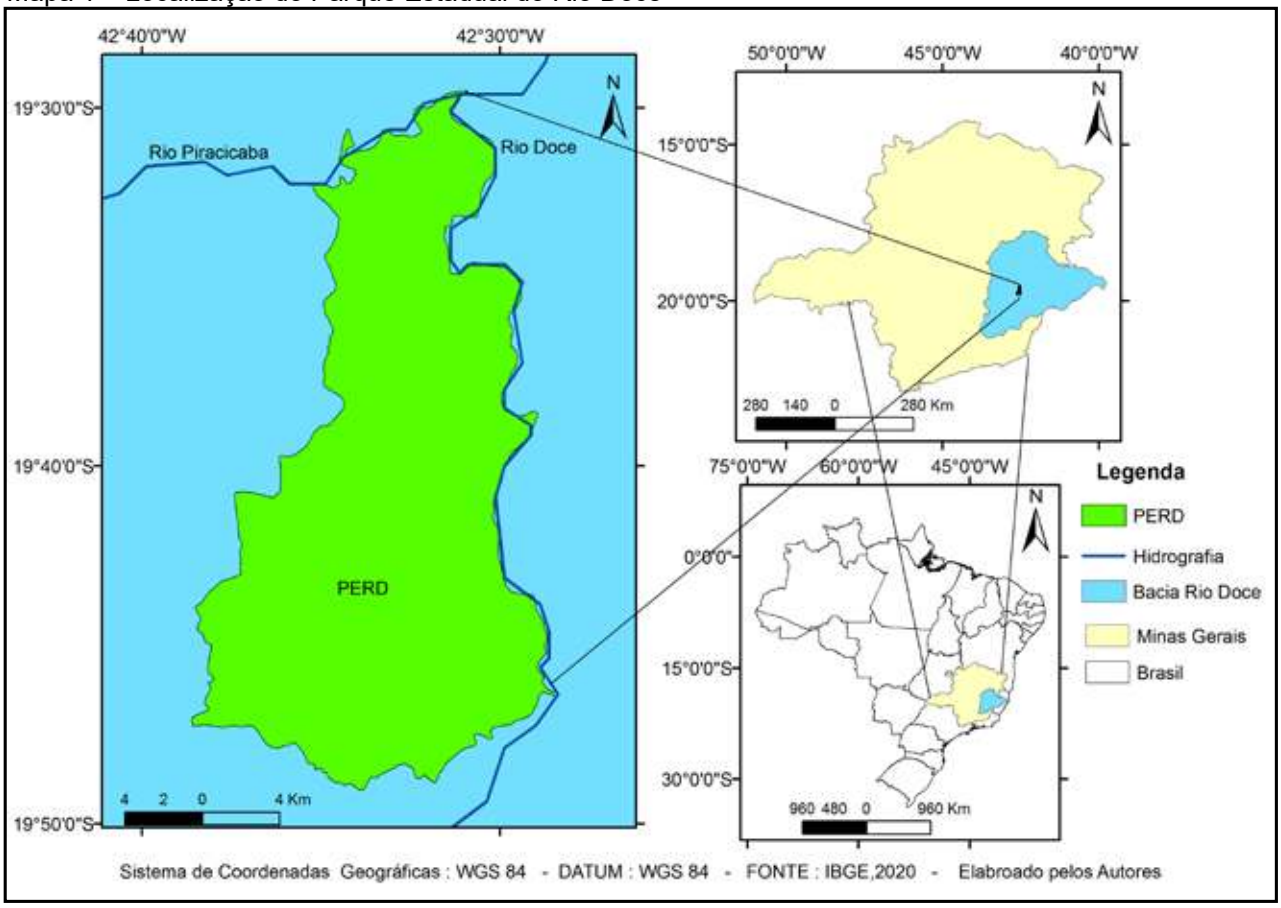
Materiais e Métodos

Área de estudo

O Parque Estadual do Rio Doce está localizado no trecho médio da bacia do Rio Doce, na região leste do estado de Minas Gerais (entre as coordenadas 19°29'24" e 19°48'18" latitudes sul, e 42°28'18" e 42°38" de longitudes oeste) com limites geográficos a leste o Rio Doce e ao norte o Rio Piracicaba, possuindo uma área de 35.970ha (IEF-MG, 2009).

A área do PERD está compreendida entre os municípios de: Timóteo (14,1%), Marliéria (83,3%) e Dionísio (2,6%), (MAPA 1).

Mapa 1 – Localização do Parque Estadual do Rio Doce



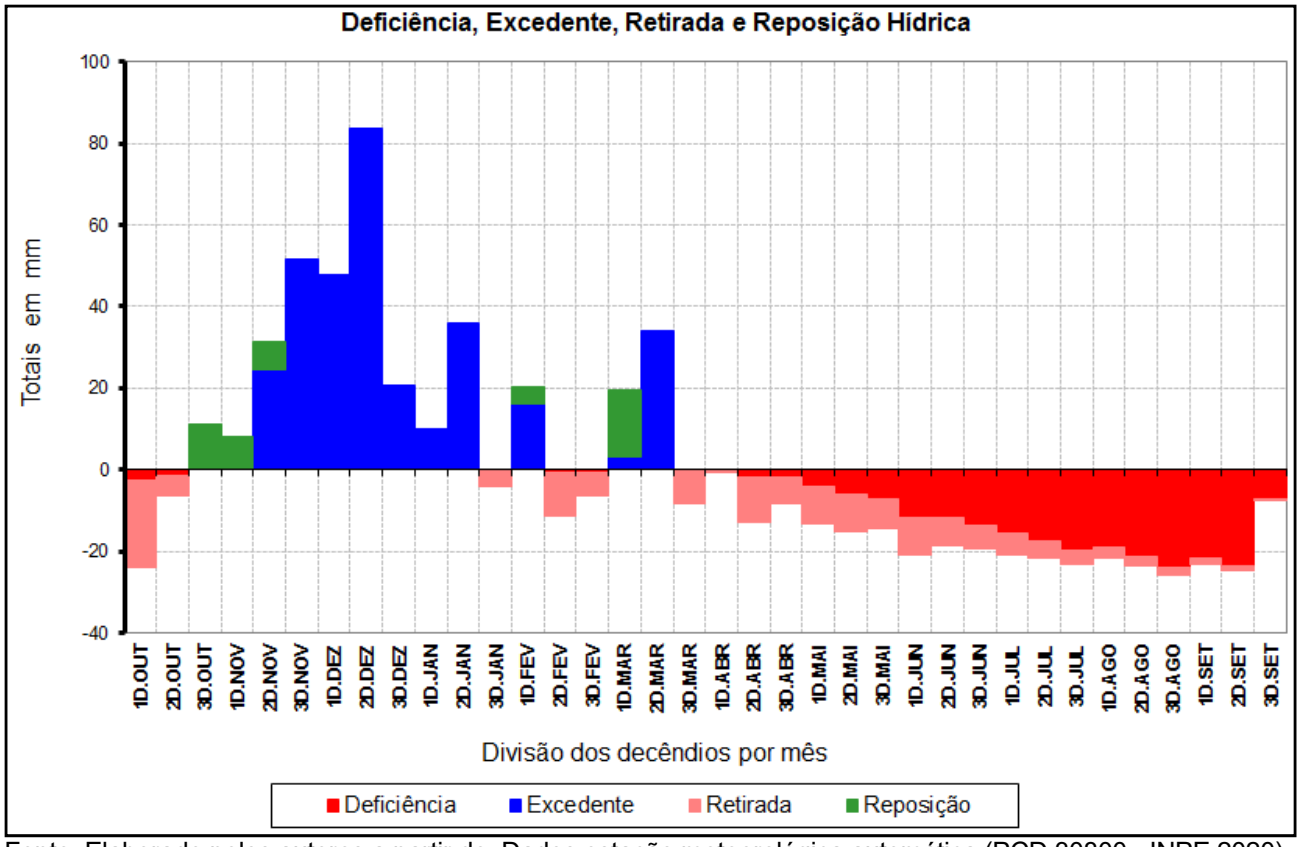
Fonte: Elaborado pelos autores a partir de IBGE, 2020.

Organização dos Dados

Foram utilizados neste estudo dados da estação meteorológica automática do PERD (PCD 30800 – INPE), localizada em 19°8’03” de latitude sul e 42º6’28” de longitude oeste, do período de janeiro de 2005 a junho de 2020. Assim, adotando a metodologia de Cupolillo (2015) foi realizado o somatório das precipitações e a média das temperaturas em períodos de decêndios dos anos de 2005 a 2019 para elaboração do (GRÁFICO 1).

Salienta-se que um decêndio equivale período de 10 dias consecutivos, para os quais se calcula a soma de uma variável. Portanto, um mês contém três decêndios e o ano 36, conforme Tabela1.

Gráfico 1: Balanço hídrico climatológico decendial (2005 a 2019)



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de: Dados estação meteorológica automática (PCD 30800 - INPE,2020).

Tabela 1 – Total de decêndios em um ano e suas datas correspondentes ao calendário convencional

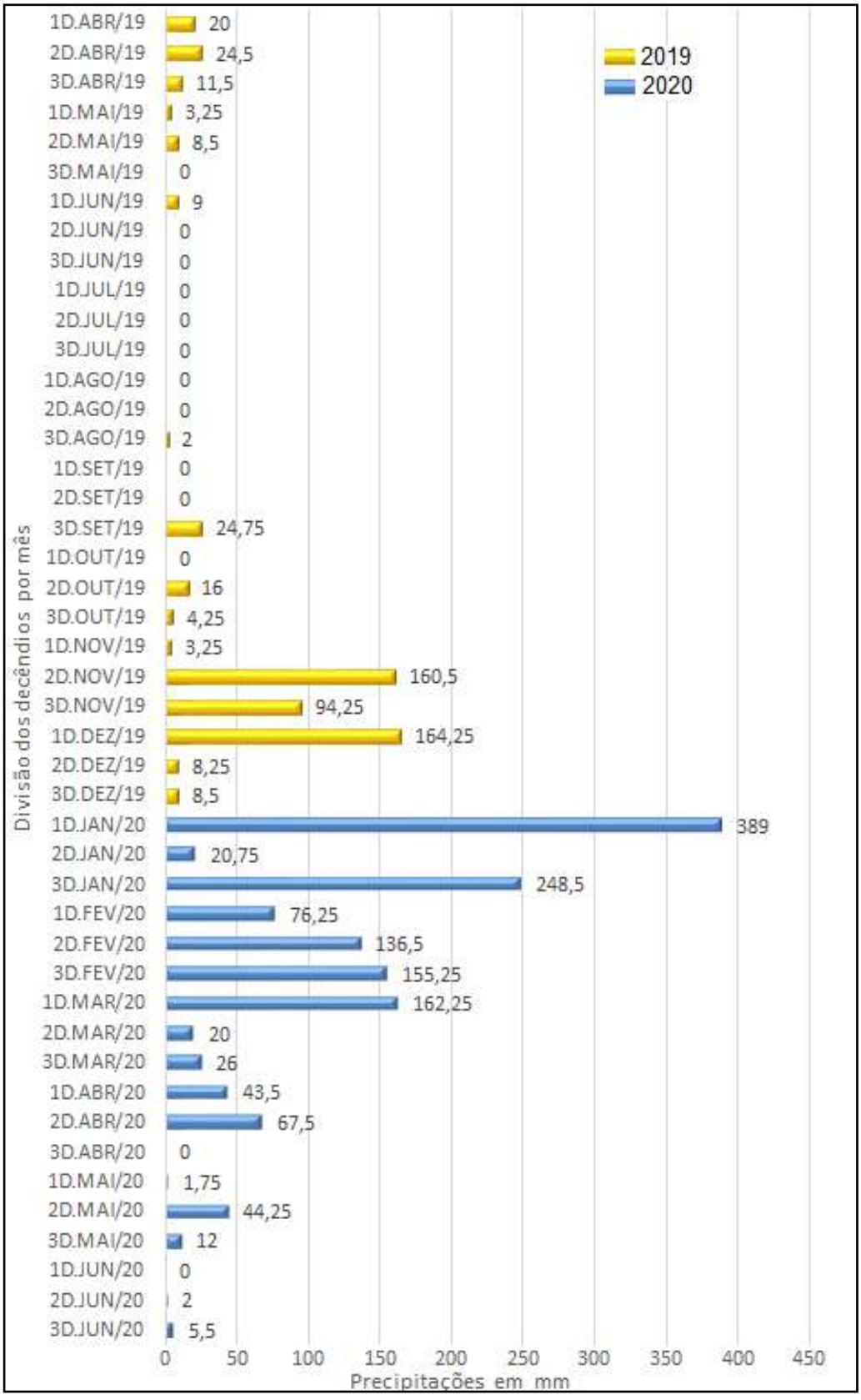
Decênios	Datas	Decênios	Datas
1	01-10 de janeiro	19	01-10 de julho
2	11-20 de janeiro	20	11-20 de julho
3	21-31 de janeiro	21	21-31 de julho
4	01-10 de fevereiro	22	01-10 de agosto
5	11-20 de fevereiro	23	11-20 de agosto
6	21-28 de fevereiro	24	21-31 de agosto
7	01-10 de março	25	01-10 de setembro
8	11-20 de março	26	11-20 de setembro
9	21-31 de março	27	21-30 de setembro
10	01-10 de abril	28	01-10 de outubro
11	11-20 de abril	29	11-20 de outubro
12	21-30 de abril	30	21-31 de outubro
13	01-10 de maio	31	01-10 de novembro
14	11-20 de maio	32	11-20 de novembro
15	21-31 de maio	33	21-30 de novembro
16	01-10 de junho	34	01-10 de dezembro
17	11-20 de junho	35	11-20 de dezembro
18	21-30 de junho	36	21-31 de dezembro

Fonte: Adaptado de CUPOLILLO, 2015

Nos meses que apresentam trinta e um dias, a soma do 3º decêndio é elaborada para onze dias. Em fevereiro, o terceiro decêndio é calculado para oito dias, sendo que para anos bissextos é calculado para nove dias (CUPOLILLO, 2015). Após a tabulação dos dados foi realizada a representação do balanço hídrico das médias de temperatura e precipitação no período de 2005 a 2019, a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955, citado por Cupolillo, 2015), que tem como finalidade permitir a visualização do ritmo anual de elementos básicos e facilitar a identificação das épocas secas e chuvosas, possibilitando atender às necessidades agrícolas, ecológicas e climáticas regionais.

Para o período de abril de 2019 a junho de 2020 foi elaborado um histograma,Gráfico 2, com o acumulado de precipitações decendiais (10 dias), e com destaque em cores diferentes relativas aos anos (amarelo ano de 2019 e azul ano de 2020), de modo a verificar o total de precipitações em cada decêndio.

Gráfico 2 - Precipitação acumulada em decêndios, no período de abril de 2019 a junho de 2020



Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de: Dados estação meteorológica automática (PCD 30800 - INPE, 2020).

Na avaliação da variação do nível de água na lagoa Carioca no Parque do rio Doce, utilizamos dados obtidos em duas abordagens distintas. A primeira abordagem utilizou dados de profundidade do ponto de coleta de monitoramento do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD, sítio Mata Atlântica e Sistemas Lacustres do Rio Doce - MLRD) (UFMG,2017) da Lagoa Carioca, localizada no interior do Parque Estadual do Rio Doce. A profundidade do ponto de coleta foi aferida com utilização de peso e corda graduada, mensalmente, durante 6 anos (2011 a 2013; 2017 a 2019).

Já a segunda abordagem utilizou imagens de satélite disponíveis no software Google-Earth Pro (Google ©) entre maio de 2009 e março de 2020 para a comparação da área da Lagoa Carioca, localizada nas coordenadas de 19°45' 26" de latitude sul e de 42°37'6" de longitude oeste.

Perfis verticais de temperatura da água e profundidade realizados com a sonda multiparâmetros Hydrolab® (BRIGHENTI, 2014) nos meses de fevereiro e julho nos anos de 2011, 2012, 2017 e 2018 foram utilizados para demonstrar as mudanças na estratificação térmica na Lagoa Carioca. O mês de fevereiro é um mês típico de estratificação térmica e o mês de julho é um mês típico de mistura da coluna d'água nos lagos do médio Rio Doce (HENRY & BARBOSA, 1989; BRIGHENTI *et al.*, 2015). Os anos de 2011 e 2012 foram anos em que o nível freático da Lagoa Carioca estava elevado. Já os anos de 2017 e 2018 foram anos em que o nível freático da Lagoa Carioca estava baixo, conforme apresentado nos resultados do presente estudo.

Resultados e Discussão

Na perspectiva de contribuir para o conhecimento sobre o comportamento climático do PERD em relação a distribuição de chuvas e a disponibilidade de água para os lagos, percebe-se nas variáveis do Gráfico 1, que nos últimos dezesseis anos ocorreu uma retirada e deficiência hídrica nos 1° e 2° decêndios de outubro, iniciando a estação chuvosa no 3° decêndio de outubro com reposição hídrica, estendendo-se até o 2°decêndio de janeiro.

Em seguida, configura-se o veranico com retirada hídrica no 3°decêndio de janeiro, retomando reposição e excedente no 1° decêndio de fevereiro. A partir do 2°decendio de fevereiro até o 3°decêndio do mesmo mês, configura-se pela segunda vez o veranico climático, apresentando-se com retirada hídrica.

Nos decêndios 1° e 2° do mês de março, retornam as últimas chuvas, com reposição e excedente hídricos. No 3° decêndio de março inicia-se o processo da estação seca estendendo-se até o 2° decêndio de outubro.

Destaca-se que a maior deficiência hídrica é observada no 3° decêndio de agosto, com -24,0 mm.

Constatou-se que neste período, a duração da estação seca vem aumentando, o que poderia justificar a diminuição dos níveis das águas do sistema lacustre no PERD, tomando-se a Lagoa Carioca como um modelo já que vem sendo monitorada para este e outros parâmetros de longa data. Até o período chuvoso de 2019/2020 o nível da Lagoa Carioca, por exemplo, mostrava uma diminuição de 3 metros.

Vianello *et al* (2008), analisando um es-

tudo de dados observáveis de tendência climática elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2007), estudo este que, subtraiu dos valores médios das variáveis de temperatura média anual e precipitação acumulada anual constantes nas Normas Climatológicas de 1961-1990 e 1931-1960[8].

Onde Vianello *et al* (2008), identificou que, para o estado de Minas Gerais, especificamente na Bacia do Rio Doce, as tendências climáticas são de anomalias positiva de temperatura de 2°C e negativa de pluviosidade de -250 mm, sugerindo uma brusca mudança do padrão de chuvas no PERD. Tal fato indica uma transformação de clima tropical de altitude para semiaridez, de acordo com a classificação climática de Nimer (1989).

A excepcionalidade aparece na estação chuvosa de 2019/2020,Gráfico 2, demonstrando o aumento das cotas pluviométricas acima da média climatológica, contribuindo para que o sistema lacustre alcançasse em 2020 alto nível de água em comparação a 2019 e equivalente aos anos de 2016 e 2017 (FIGURA 1).

Figura 1 - Imagens de satélite da Lagoa Carioca-PERD entre os anos de 2009 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de *GoogleEarth Pro* (Google ©).

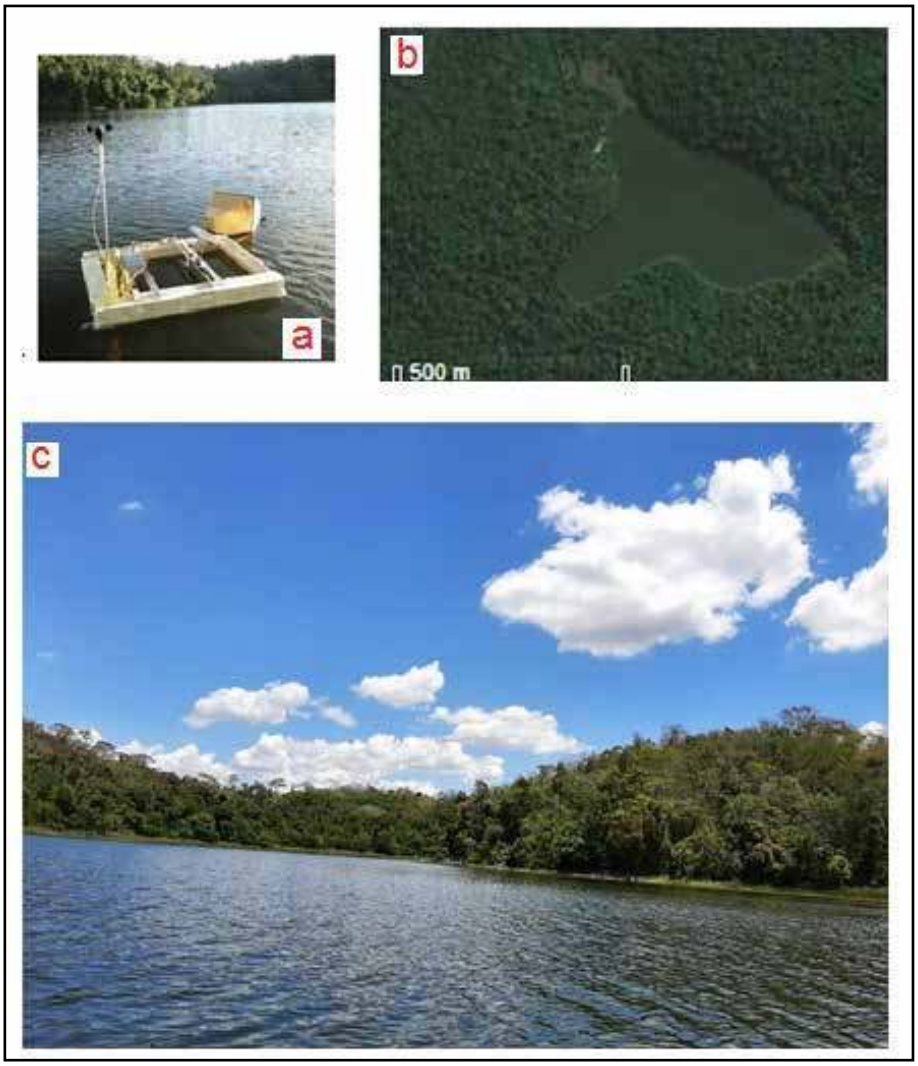
Nota: O contorno branco nas imagens representa a área do lago em maio de 2009 e foi sobreposta as outras imagens do satélite para observação da mudança no nível da água ao longo dos anos. A linha branca no canto inferior esquerdo das imagens representa a escala de 50m.

[8]As Normas Climatológicas são obtidas pelo cálculo das médias dos parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial – OMM).

Sabe-se que a floresta funciona como um sistema acoplado ao clima, sendo capaz de absorver certas variações climáticas. Entretanto, esse efeito tampão possui um limite a partir do qual mudanças irreversíveis se iniciam. Entre essas mudanças podem-se citar o aumento da mortalidade de árvores e das queimadas naturais, levando a uma substituição gradativa da floresta por uma vegetação típica do cerrado.

Este desacoplamento vegetação-clima pode influenciar o balanço hídrico da região, com possíveis alterações nos totais pluviométricos e nas frequências das chuvas, sendo que essas mudanças se refletirão não só na vegetação nativa, como também na quantidade de água e na estrutura térmica das lagoas (FIGURA 2).

Figura 2 - Lagoa Carioca – Parque Estadual do Rio Doce



Legenda:
(a) Experimento utilizando sensores de temperatura, luz e oxigênio dissolvido instalados em boia permanente;
(b) imagem satélite da Lagoa Carioca e mata adjacente;
(c) imagem panorâmica da Lagoa Carioca e mata de entorno.
Fonte: Fotografia: BRIGHENTI, 2014; PUJONI, 2020.

As mudanças na estrutura térmica dos lagos podem ser assim sintetizadas: durante o verão, as altas temperaturas promovem aquecimento da camada superior dos lagos gerando uma estratificação térmica da coluna d'água. Concomitantemente, há uma entrada expressiva de água pluvial fria, que alcança o fundo do lago, reduzindo a temperatura das camadas mais profundas, reforçando o gradiente térmico vertical e consequentemente a estabilidade da estratificação (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

Durante o inverno, os lagos perdem calor para a atmosfera, permitindo que toda a coluna d'água fique homogênea termicamente, possibilitando uma mistura completa entre as camadas profundas e superficiais (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

Um aumento das temperaturas, conforme as tendências climáticas apontadas por Vianello *et al*., (2018), principalmente um aumento das temperaturas mínimas, tornaria mais lento o resfriamento das camadas superficiais. Isto reduziria os períodos de mistura e levando a uma modificação do padrão de circulação dos lagos, com consequente modificação de toda a estrutura da comunidade aquática (PUJONI, 2015).

A manutenção de uma estratificação durante todo o ano selecionaria espécies, principalmente os grupos fitoplanctônicos dependentes da atelomixia (BARBOSA & PADISÁK 2002; SOUZA *et al*., 2008), com reflexos sobre todos os outros níveis tróficos. Além disso, temperaturas mais altas também poderão selecionar espécies mais adaptadas ao aquecimento como as cianobactérias, além de alterar o metabolismo aquático, aumentando as taxas de produtividade primária, mas especialmente as taxas de respiração, podendo levar a um balanço metabólico negativo, reduzindo a capacidade desses ambientes de sequestrar CO_2 (YVON-DUROCHER *et al.*, 2017).

Por outro lado, o aumento das temperaturas associado às altas taxas de evaporação e à redução da pluviosidade entre os anos de 2011 e 2019, levou a uma diminuição do nível da água dos lagos do médio Rio Doce (TABELA 2; FIGURA 1). A redução da profundidade total do lago em c*.* 3 m entre os anos de 2011 e 2018 representa uma perda aproximada de 65% do volume da Lagoa Carioca (GAGLIARDI *et a.l*, 2019).

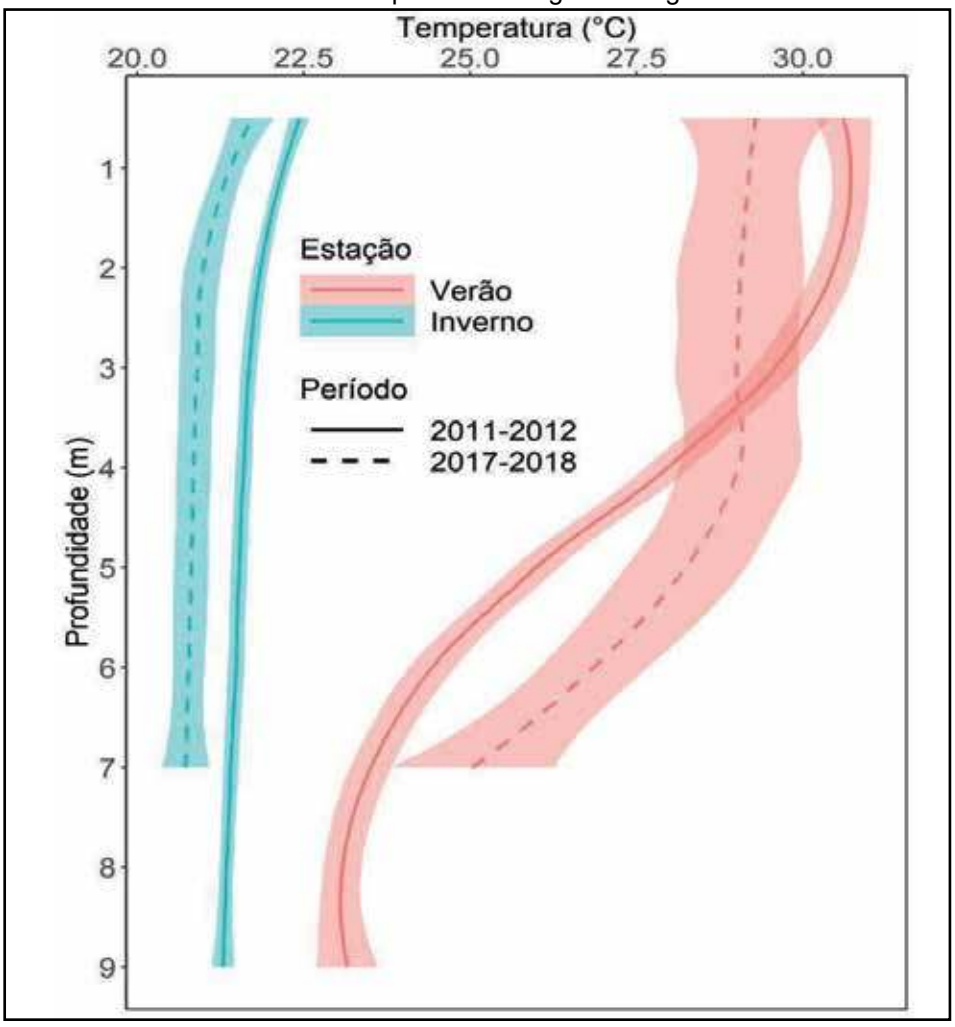
Tabela 2 - Profundidade (em metros) do ponto de coleta do programa de monitoramento do projeto de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD sítio MLRD) na lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce – MG

Ano	Média	Máximo	Mínimo
2011	10,3	11,3	9,8
2012	10,2	10,5	9,4
2013	9,7	10,0	9,5
2017	7,7	8,0	7,3
2018	8,0	8,2	7,8
2019	8,1	8,7	7,7

Fonte: UFMG-Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração, sítio 4 - Mata Atlântica e Sistemas Lacustres do Rio Doce - MLRD. 2017

O menor volume de água e as profundidades mais rasas fazem com que os eventos de mistura se tornem mais frequentes, conforme podemos notar pelos perfis de temperatura da água na Lagoa Carioca (GRÁFICO 3). Nesses perfis demonstrados no gráfico 3, podemos observar que o perfil de temperatura de fevereiro/2018, apesar de ter uma temperatura da água elevada, típica de verão, se assemelha mais ao padrão de perfis dos meses típicos de mistura da coluna d'água (julho/2011 e julho/2017). Podemos notar isso pela menor diferença de temperatura entre a superfície e o fundo do lago. Isto somado ao maior erro padrão desse perfil evidenciam a ocorrência de eventos de mistura mesmo durante a estação típica de estratificação térmica dessa lagoa (HENRY & BARBOSA, 1989; BARBOSA & PADISÁK 2002; BRIGHENTI *et al.*, 2015).

Gráfico 3 - Perfis verticais de temperatura da água na Lagoa Carioca-PERD-MG



Fonte: UFMG- Programa Ecológico de Longa Duração, sítio 4 - Mata Atlântica e Sistemas Lacustres do Rio Doce - MLRD.

Nota: Realizados em julho/2011 e julho/2017 (inverno – período típico de mistura da coluna d'água) e fevereiro/2012 e fevereiro/2018 (verão – período típico de estratificação térmica da coluna d'água). As linhas contínuas indicam os perfis realizados em 2011-2012 e as linhas pontilhadas os perfis realizados em 2017-2018. As áreas coloridas ao redor das linhas contínuas e pontilhadas representam o erro padrão dos perfis de temperatura. Conforme podemos notar a estratificação térmica não ocorre em fevereiro/2018, ano com baixo nível freático da lagoa.

Dessa forma, os nutrientes e a matéria orgânica que se acumulam naturalmente no fundo dos lagos são transferidos para as camadas mais superficiais da coluna d'água (GAGLIARDI *et al*, 2019). Com o aumento de nutrientes, notou-se um aumento considerável da concentração de clorofila-a nesses lagos, indicando crescimento do fitoplâncton. Entre os anos de 2011 e 2013 notou-se também um aumento das taxas de produção primária e respiração nesses lagos (BRIGHENTI *et al.*, 2015; GAGLIARDI *et al.*, 2019). Porém com a perda contínua de volume da água e o aumento da frequência dos eventos de mistura houve um aumento da concentração de matéria orgânica e uma diminuição da transparência da água desses entre os anos de 2011 e 2019 (VIANA, 2021), o que pode ter acarretado uma diminuição das taxas de produção primária, devido a diminuição da disponibilidade de luz para a fotossíntese (THRANE *et al.*, 2014).

Considerações finais

O padrão de circulação da lagoa Carioca tem grande influência da sazonalidade das variáveis meteorológicas na região, do seu volume e da profundidade de sua coluna d'água.

Os resultados apresentados nesse trabalho demonstram reflexos diretos de variabilidades climáticas no sistema lacustre, com consequências físico-químicas e biológicas dentro dos lagos ainda sob investigação. Corpos d'água são essenciais para a sustentabilidade dos ecossistemas e são sensíveis às variações climáticas.

Deste modo, as precipitações apresentaram uma maior variabilidade com um elevado índice pluviométrico, um ano atípico com excedente de precipitações, que proporcionaram o aumento do nível freático da lagoa Carioca, em contraponto a crescente diminuição do nível d'água demonstrada em anos anteriores.

Os resultados demonstram a estreita relação e impactos diretos de variações climáticas sobre as coleções de água, ecossistemas essenciais para a manutenção do equilíbrio e interações floresta/lagos. Estes resultados demonstram também a importância dos estudos ecológicos de longa duração para melhor compreensão dos efeitos das variabilidades climáticas no funcionamento desses ecossistemas, bem como da necessidade de instalação de mais equipamentos meteorológicos para monitorar a variabilidade do clima do PERD.

Referências

AMARO, H. A.; LACERDA, E. G.; MOLION, L. C. B. **Um episódio da zona de Convergência na América do Sul.** Rev. Bras. Geoformologia. v.17 n.2 -3, 2008.

ANTUNES. D. A., **Diagnóstico climatológico do Parque Estadual do Rio Doce-PERD:** período de 2005 a 2015. 2018. 138 f. Dissertação (Mestrado profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental) - Instituto Federal Minas Gerais. Bambui - Minas Gerais. 2018.

BARBOSA, F.; PADISÁK, J. The forgotten lake stratification pattern: atelomixis, and its ecological importance. **Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen,** v.28, n. 3, p.1385–1395. 2002.

BEZERRA-NETO, J. F.; BRIGUENTI, L. S.; PINTO-COELHO, R. M. A new morphometric study of Carioca Lake, Parque Estadual do Rio Doce (PERD), Minas Gerais State, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2010.

BRIGHENTI, L. S. **Uso de sensores de alta frequência para estimativas contínuas de metabolismo e monitoramento em lagos tropicais,** 2014. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Instituto Ciências Biológicas- Universidade Federal Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

BRIGHENTI, Ludmila Silva et al. Seasonal changes in metabolic rates of two tropical lakes in the Atlantic forest of Brazil. **Ecosystems**, v. 18, n. 4, p. 589-604, 2015.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce.** Saarbrücken, Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p.

GAGLIARDI, Laura Martins et al. Reduced rainfall increases metabolic rates in upper mixed layers of tropical lakes. **Ecosystems**, v. 22, n. 6, p. 1406-1423, 2019.

HENRY, R. ; BARBOSA, F. A. R. Thermal structure, heat content and stability of two lakes in The National Park of Rio Doce Valley (Minas Gerais, Brazil). **Hydrobiologia**, v.3, n.171. p. 189-199,1989 DOI: 10.1007/BF00008142.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS- IEF (MG). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce.** 2009. Disponível em: http://biblioteca.meioambiente.mg.gov.br/publicacoes/BD/Encarte%201%20-%20Informa%C3%A7%C3%B5es%20gerais%20da%20Unidade%20de%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20Rio%20Doce.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Plano de Dados Abertos (PDA) – Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA)**. Disponível em: <http://sinda.crn.inpe.br/PCD/SITE /novo/site/index.php> Acesso em 30 mar. 2020

MACINTYRE, S., J. R. ROMERO, G. M. SILSBE; B. M. EMERY. Stratification and horizontal exchange in Lake Victoria, East Africa. **Limnology and Oceanography,** v.59, p.1805–1838. 2014 doi:10.4319/lo.2014.59.6.1805

MAILLARD, P., PIVARI. M.O.; PIRES LUIS, C. H. Remote sensing for mapping and monitoring wetlands and small Lakes in Southeast Brazil**. Remote Sensing of Planet Earth. Publisher In Tech.** jan. 2012.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature.** v. 403, n.6772, p.853-858. 2000. PMID 10706275.doi:10.1038/35002501.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.

PILLA, R.M.,*et.al*. Deeper waters are changing less consistently than surface waters in a global analysis of 102 lakes. **Scientific Reports**. 1–15, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-020-76873-x.

PUJONI, D. G. F. **Padrões espaço-temporais da comunidade planctônica do complexo Lacustre do Médio Rio Doce.** 2015. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Instituto Ciências Biológicas - Universidade Federal Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.

QUADRO, M. F. L**. Estudo de episódios de zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 94 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, S.P. 1994.

READ, J. S. *et al.* Derivation of lake mixing and stratification indices from high-resolution lake buoy data. **Environmental Modelling & Software**, v. 26, n. 11, p. 1325-1336, 2011.

SOUZA, M. B. G.; BARROS, C. F. A.; BARBOSA, F. A. R.; HAJNAL, E. ; PADISÁK, J. Role of atelomixis in replacement of phytoplankton assemblages in Dom Helvécio Lake, South-East Brazil. **Hydrobiologia,** v.607, n.1, p.211–224. 2008.

THRANE, J-E., HESSEN, D.O., ANDERSEN, T. The absorption of Light in Lakes: Negative Impact of Dissolved Organic Carbon on Primary Productivity. **Ecosystems** v.17, p.1040-1052. 2014 https://doi.org/10.1007/s10021-014-9776-2

TUNDISI, J. G.,; TUNDISI, T. M. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de textos**.** 2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG. **Monitoramento de longo prazo das características físicas e químicas de dezoito lagos do Sistema Lacustre do Médio Rio Doce - PELD** site 4, v1.0. 2017. Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira - SiBBr. Dataset/Metadata. Disponível em: https://ipt.sibbr.gov.br/peld/resource?r=monitoramento_de_longo_prazo_das_caracteristicas_fisicas_e_quimicas_de_dezoito_lagos_do_sistema_lacustre_do_medio_rio_doce_peld_site_4&request_locale=pt

VIANA, E. A. P. **A redução de volume leva a um aumento nas taxas de produção primária e respiração em um lago tropical natural.** 2021. Dissertação (Mestrado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre – Instituto de Ciências Biológicas - Universi-

dade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2021.

VIANELLO, R. L.; SEDIYAMA, G. C.; FERNANDES, A.; GEMIACKI, L. Variabilidades climáticas e seus impactos na agricultura de Minas Gerais. **Informe Agropecuário,** EPAMIG, Belo Horizonte, v. 29, n. 246, p.19-36, set/out. 2008.

WILLIAMSON, C. E. *et al.* Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. **Limnology and Oceanography,** v. 54, n. 6, part. 2, p. 2273-2282, 2009.

YVON-DUROCHER, G. *et al.* Long-term warming amplifies shifts in the carbon cycle of experimental ponds. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 3, p. 209-213, 2017.