

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA LITORAL NORTE  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO (*Lato sensu*) EM MEIO AMBIENTE E  
BIODIVERSIDADE**

**VIVIANE TAVARES PIMENTEL**

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA E A QUALIDADE DA ÁGUA NAS LAGOAS  
ITAPEVA, QUADROS E PASSO, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAMANDAÍ,  
RS, BRASIL.**

**OSÓRIO**

**2022**

**VIVIANE TAVARES PIMENTEL**

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA E A QUALIDADE DA ÁGUA NAS LAGOAS  
ITAPEVA, QUADROS E PASSO, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAMANDAÍ,  
RS, BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Meio Ambiente e Biodiversidade pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof. Dra. Ester Wolff  
Loitzenbauer.

Co-orientadora: Dra. Cacinele Mariana da  
Rocha.

**OSÓRIO**

**2022**

**VIVIANE TAVARES PIMENTEL**

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA E A QUALIDADE DA ÁGUA NAS LAGOAS  
ITAPEVA, QUADROS E PASSO, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAMANDAÍ,  
RS, BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Meio Ambiente e Biodiversidade pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof. Dra. Ester Wolff Loitzenbauer.

Co-orientadora: Dra. Cacinele Mariana da Rocha.

Aprovado em: 18/11/2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dra. Daiana Maffessoni

---

Msc. Dilton de Castro

**OSÓRIO**

**2022**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo apoio e incentivo nesse período dedicado a pós-graduação.

Ao meu namorado Rafael Pires e toda sua família, por me apoiarem sempre e festejarem comigo a conclusão dessa etapa.

As minhas orientadoras Ester e Cacinele, obrigada por dividirem o conhecimento de vocês comigo, pelo incentivo e dedicação nesse período. A Caci por ter me apresentado o mundo das águas, por topar embarcar nessa pesquisa e por todo conhecimento dividido. A prof<sup>a</sup> Ester, por toda paciência e carinho, por aceitar me orientar em um mundo virtual, por entender minhas ausências e me incentivar sempre.

As minhas grandes amigas Eduarda Krás e Patrícia Amidiansk, obrigada pelo incentivo, por me ouvirem e por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos.

A minha chefe e amiga Dalma Machado, obrigada por entender meus momentos de ausência na secretaria, pelo incentivo e por vibrar comigo a cada nova conquista (ou apresentação).

Aos amigos e colegas da SMAM, obrigada por me alegrarem todos os dias, vocês são incríveis.

À Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, pela oportunidade de cursar essa especialização, aos professores que compartilharam seus conhecimentos, sempre tão dedicados as aulas, em um período tão conturbado de pandemia.

Ao Núcleo de Assessoramento Estatístico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – NAE/UFRGS, por nos auxiliarem nas análises estatísticas dessa pesquisa.

Aos membros da banca avaliadora, professora Daiana Maffessoni e Dilton de Castro.

A todos que de alguma forma estiveram presentes nesse momento.

A todos, meu muito obrigada!

**VARIABILIDADE CLIMÁTICA E A QUALIDADE DA ÁGUA NAS LAGOAS  
ITAPEVA, QUADROS E PASSO, BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAMANDAÍ,  
RS, BRASIL**

**Viviane Tavares Pimentel<sup>1</sup>, Cacinele Mariana da Rocha<sup>2</sup>, Ester Wolff Loitzenbauer<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS, Osório, RS, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Imbé, RS, Brasil

**RESUMO**

Diversos fatores podem influenciar a qualidade de água dos corpos hídricos, entre eles a variabilidade climática, que através de fatores como a precipitação, evaporação e aumento da temperatura podem alterar os parâmetros físico-químicos da água. O presente estudo objetivou correlacionar dados de qualidade de água a fatores climáticos, observando as mudanças que ocorreram ao longo dos anos. Foram utilizados dados de qualidade de água coletados entre os anos de 2009 e 2019 em três lagoas pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT), sendo elas Lagoa do Passo, do Quadros e Itapeva. Através de análises multivariadas foi possível aferir que fatores climáticos, como precipitação, evaporação e a diferença entre eles geram grande influência sobre a qualidade de água, sendo responsável por 26 % da variância dos dados, já a temperatura da água, umidade e velocidade do vento indicaram estar ligados a 12 % das variâncias, e 11 % se deve à salinidade, oxigênio dissolvido e fósforo total. Assim, os resultados deste estudo evidenciam a influência climática na qualidade de água local, indicando que afora efeitos locais já conhecidos, há de se considerar desdobramentos da qualidade de ampla escala.

**Palavras-chave:** *El Niño*. ENOS. Precipitação. Evaporação.

**ABSTRACT:**

Several factors can influence the water quality of water bodies including climate variability factors such as precipitation, evaporation and temperature increases that can cause changes the physical-chemical water parameters. The present study aimed to correlate water quality data with climatic factors observing changes that occurred over the years. Water quality data was collected between 2009 and 2019 in three lakes belonging to the Tramandaí River Basin, namely Lagoa do Passo, Lagoa do Quadros and Itapeva. Through multivariate analysis it was possible to verify that climatic factors such as precipitation, evaporation and the difference between them, generate great influence on water quality, being responsible for 26 % of the data variance, while water temperature, humidity and wind speed are linked to 12 % of the variances. 11% of variance is due to salinity, dissolved oxygen and total phosphorus. Thus, the results of this study show the influence of climate on local water quality, indicating that apart from local effects already known, it is necessary to consider the consequences in water quality on a broader scale.

**Keywords:** *El Niño*. ENSO. Precipitation. Evaporation.

## 1. INTRODUÇÃO

A variabilidade climática condiciona a disponibilidade dos recursos hídricos, como serviços de abastecimento humano, geração de energia e agricultura. Contudo, a mesma também pode afetar a qualidade de água, quando fatores como temperatura, precipitação e evaporação, podem ocasionar pequenas e grandes alterações nos parâmetros físico-químicos, podendo afetar serviços que precisam de água de qualidade (SILVA *et al.*, 2008; NÓBREGA, 2008; SILVA, NÓBREGA, GALVÍNCIO, 2008).

Como efeito do aquecimento global, as mudanças no ciclo hidrológico afetam a disponibilidade e variabilidade da vazão dos rios, impactando o abastecimento humano (BRASIL, 2016). Já é possível observarmos períodos incertos e irregulares de chuvas, e as

previsões indicam que as mudanças climáticas tornarão a oferta de água imprevisível e inconfiável (MARENGO, 2008). Outro efeito é o aumento da temperatura do ambiente (do ar), que possui relação direta com a qualidade da água ao afetar o equilíbrio físico-químico e as reações biológicas (DELPLA *et al.*, 2009).

Também o El Niño Oscilação Sul (ENOS) pode alterar a dinâmica climática no Sul do Brasil, através do aumento de precipitação (fase *El Niño*) e secas e frio (fase *La Niña*). Alguns estudos têm apontado uma relação entre o aumento do efeito estufa e o aumento na frequência dos chamados "Super El-Niños" (MARENGO, 2001; NUNES, 2015), onde os efeitos são ainda mais intensos.

Mendes e Ferreira (2014) observaram que parâmetros como pH, turbidez e cor são altamente influenciados pelas variações climáticas e se mostram sensíveis à precipitação. Igualmente, os efeitos de inundação e estiagem afetam diretamente a qualidade de água, dissolvendo ou concentrando substâncias, bem como chuvas torrenciais que acarretam o transporte de matéria orgânica e sólida para os corpos hídricos. E isto destaca a importância da observação dos registros climáticos de longo prazo (SOUZA; AZEVEDO, 2012).

Oliveira e Cunha (2014) observam a existência de correlação entre o aumento da precipitação com a elevação do número de coliformes fecais nos corpos d'água próximos de centros urbanos. O aumento da duração e intensidade das chuvas, através do aumento da erosão e lavagem de superfícies, pode elevar a poluição causada por sedimentos, nutrientes e agrotóxicos, esses promovendo o crescimento de algas, alterando o ecossistema, causando a mortandade de peixes e alterações na cadeia alimentar, bem como prejuízos no abastecimento de água (ANA, 2016).

Com o clima mais quente, aumenta a mineralização e liberação de nitrogênio, fósforo e carbono da matéria orgânica do solo. Associados à precipitação de maior intensidade, esses poluentes são transportados às massas d'água, aumentando os teores de fósforo, favorecendo o

crescimento de cianobactérias, e conseqüentemente, eventos de floração de algas, que causam deterioração na qualidade de água (DELPLA *et al.*, 2009).

O aumento da população e urbanização, associados às mudanças climáticas afetarão ainda mais os recursos hídricos, comprometendo seus usos, sendo necessário monitorar a qualidade de água e criar ferramentas e sistemas para tomada de decisões, observando os riscos à saúde e ações de recuperação e adaptações a essas mudanças (DELPLA *et al.*, 2009).

As lagoas do Passo, Quadros e Itapeva, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT), são áreas importantes para a biodiversidade e igualmente fundamentais para a população, visto que são utilizadas no abastecimento de muitos municípios do Litoral Norte do RS, bem como irrigação de agriculturas, pesca e atividade de lazer (CASTRO; DA ROCHA, 2016; MILANI, 2019).

Essas lagoas, ao longo dos anos, vêm apresentando alterações ao impacto da agricultura e à expansão urbana associada ao aumento da população no período de veraneio, fatores que influenciam a disponibilidade e qualidade de água. Os nutrientes provenientes do lançamento de efluentes sanitários, fertilizantes e defensivos agrícolas, se concentram com o aumento da temperatura e evaporação, favorecendo o desenvolvimento de floração de cianobactérias, causando prejuízos ao abastecimento e riscos à saúde humana (OLIVER, 2013; PINZON, 2015).

Buscando contribuir para a gestão dos recursos hídricos e ampliar o conhecimento com os dados já obtidos, este trabalho buscou correlacionar dados de qualidade de água a fatores climáticos como precipitação, evaporação, temperatura e ENOS observando as mudanças que ocorrem ao longo dos anos.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRAMANDAÍ**

A Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (BHRT) está localizada no norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (RS) (Figura 1). A BHRT drena uma área de 2.978,11 km<sup>2</sup> e, cerca de, 150 km de orla marítima (CASTRO, 2019), incluindo municípios da encosta da Serra Geral. A localização da bacia, tendo como limite a orla marítima, faz com que a mesma seja muito frequentada, principalmente no período de veraneio, o que tem implicado na demanda crescente de água e esgoto (CASTRO, 2019).

A BHRT é composta por um sistema de lagoas paralelas à costa, interligadas através de canais, com algumas lagoas isoladas (Figura 1). A ligação com o Oceano Atlântico ocorre entre as cidades de Tramandaí e Imbé, onde está localizado o complexo estuarino Tramandaí-Armazém.

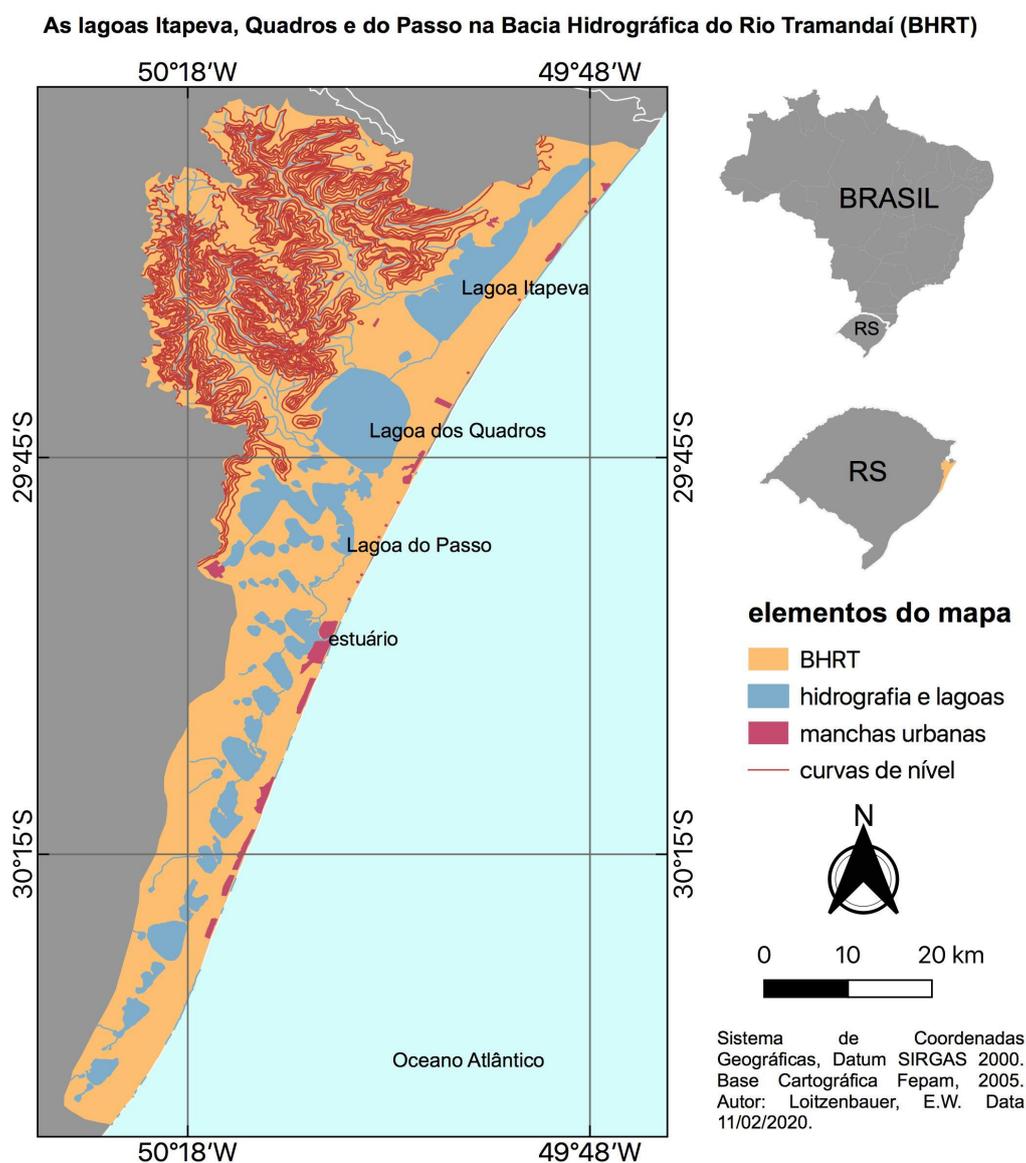
A Lagoa da Itapeva é a que apresenta maior área entre as lagoas da BHRT, recebe as afluições do Rio Três Forquilhas e dos arroios Cardoso e Chimarrão. Esta lagoa é fonte de abastecimento público para o município de Torres, e de importante biodiversidade, sendo utilizada por comunidades de pescadores. O cultivo de banana, a plantação de eucalipto e a expansão urbana são os principais fatores que afetam a função e forma desta paisagem (CASTRO; DA ROCHA, 2016).

A Lagoa dos Quadros é a segunda maior lagoa da bacia e recebe águas da Lagoa Itapeva, da Sanga Funda e do Rio Maquiné. Possui grande importância para a região, pois abastece a população residente e temporária dos municípios de Xangri-Lá e Capão da Canoa, além de ser utilizada pelas comunidades de pescadores artesanais e quilombolas. Os principais fatores de risco para qualidade de água são os cultivos de banana e arrozais, a urbanização e construção de condomínios residenciais, a falta de saneamento básico e o aumento populacional no período de veraneio (CASTRO; DA ROCHA, 2016).

A Lagoa do Passo abastece os balneários de Rainha do Mar e Atlântida Sul, pertencentes aos municípios de Osório e Imbé, respectivamente. A contaminação por agrotóxicos,

fertilizantes e esgoto não tratado, são os principais fatores que comprometem a qualidade de água desta lagoa. Esta lagoa está localizada no limite do sistema estuarino e está sujeita a eventos esporádicos de salinização de suas águas (LOITZENBAUER; MENDES, 2012).

**Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandai (BHTR), RS, Brasil, destacando hidrologia e lagoas pesquisadas, ocupação urbana e declividade.**



## 2.2 METODOLOGIA

Para verificar a influência da variabilidade climática sobre a qualidade de água foram

apresentadas as medidas descritivas das variáveis e feita análise multivariada para cada lagoa, e posteriormente análises de PCA, biplots e DAG para todas as lagoas em conjunto. Para o tratamento dos dados foi utilizado o software estatístico R®.

Os dados de qualidade de água utilizados (temperatura da água, pH, salinidade, oxigênio dissolvido, fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal e DBO) foram obtidos na plataforma Lume UFRGS (ROCHA, 2019; ROCHA, CASTRO, 2019; ROCHA *et al.*, 2019; MILANI *et al.* 2021), sendo estes produzidos e disponibilizados pelo Laboratório de Análise de Águas e Sedimentos do Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos da UFRGS referentes a monitoramento executado mensalmente durante o período de 2009 a 2019.

Os dados de pluviometria foram obtidos a partir da média aritmética dos dados coletados nas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia de Tramandaí (cód. 2950015) e de Torres (cód. 2949002) (INMET, 2021), estas localizadas nos dois extremos geográficos do subsistema norte da BHRT. Para a precipitação, foi utilizado o método da média aritmética (SMITH, 1993), sendo realizada média da precipitação acumulada de 15 (quinze) dias anteriores à data da coleta dos dados de qualidade em cada uma das estações.

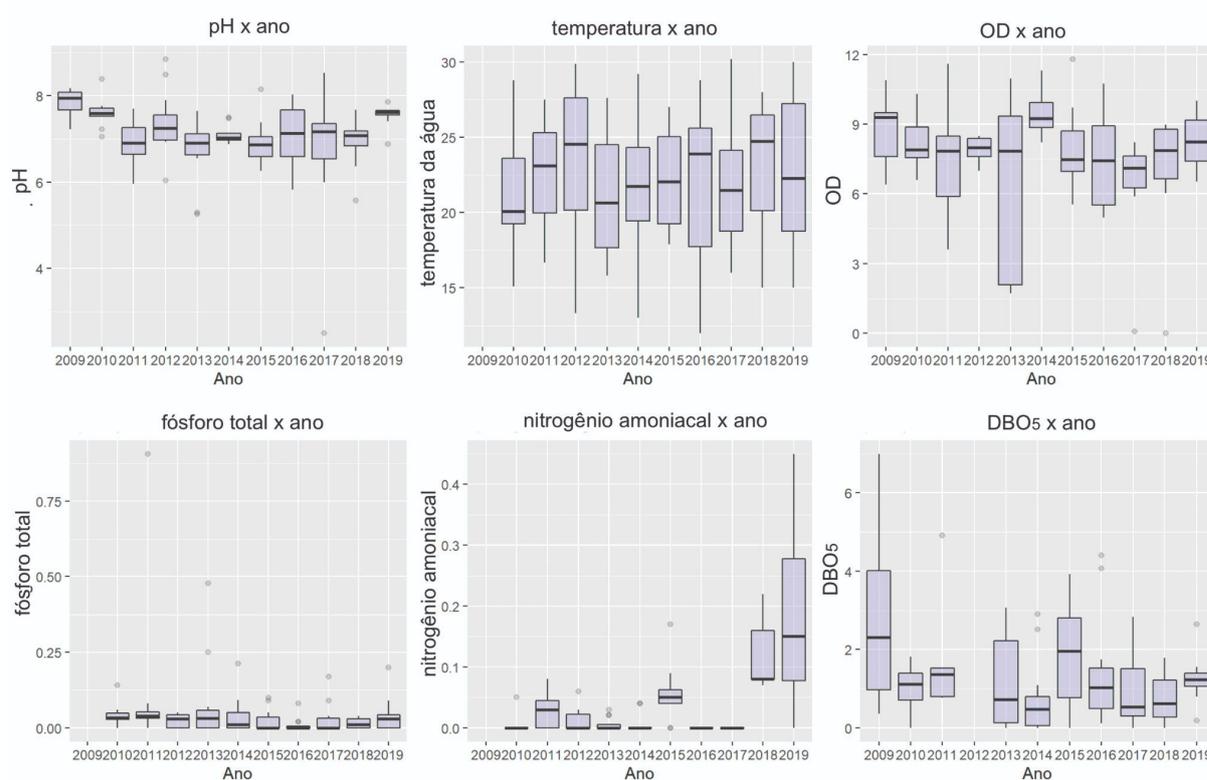
Para a evaporação, foi feita a média aritmética da evaporação acumulada 15 (quinze) dias anteriores à coleta em tanque evaporímetro nas estações do INMET de Tramandaí e de Torres (INMET, 2021). O saldo entre precipitação e evaporação (P-E), foi obtido de forma direta subtraindo dos valores de precipitação os valores de evaporação acumulados, ambos no período de 15 dias.

Para representar o ENOS, foi utilizado o índice Mei v.2 foi obtido de NOAA (2022), sendo que valores maiores que +0,4 são caracterizados com *El Niño* (0,5 a 0,9 intensidade fraca; 1,0 a 1,4 moderada;  $\geq 1,5$  forte). Quando os valores são menores que -0,4, o período é caracterizado como *La Niña* (-0,5 a -0,9 intensidade fraca; -1,0 a -1,4 moderada;  $\leq -1,5$  forte).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros analisados para cada uma das lagoas: Itapeva, Quadros e Passo estão apresentados nas imagens que compõem as Figuras 2, 3, e 4, respectivamente. Para discussão dos resultados, os limites dos parâmetros analisados estão conforme a resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), onde a Lagoa dos Quadros e a Lagoa do Passo são enquadradas como Classe I de águas doces e a Lagoa Itapeva como Classe II de água doce.

**Figura 2: Boxplots dos parâmetros físico-químicos para a Lagoa da Itapeva, BHRT, RS, Brasil. Período de análise abril de 2009 a dezembro de 2019.**



#### *Potencial hidrogeniônico (pH)*

Os valores para o parâmetro pH na Lagoa da Itapeva variaram com a mediana ficando

entre 7,95 e 6,87 para todos os anos, se encontrando dentro dos padrões, conforme Resolução Conama nº 357/2005. O maior valor observado foi 8,85 em janeiro de 2012, já o menor valor foi em agosto de 2017, com pH em 2,50, esse podendo ser um indicativo do excesso de matéria orgânica, devido a liberação de gás carbônico e decomposição, assim contribuindo para a redução do pH (MAROTTA *et al.* 2008).

As análises *boxplot* indica o pH se mantendo na mediana de 7,00 para todos os anos na Lagoa dos Quadros. O menor valor observado foi em setembro de 2013 com pH em 5,35, já o maior valor encontrado foi em novembro de 2009 atingindo 9,10. Silva *et al.* (2010) destacam que valores elevados de pH, refletem o tipo de solo por onde a água percorre ou ser consequência da proliferação de algas que em dias ensolarados intensificam a fotossíntese, retirando muito gás carbônico da água, o que pode estar relacionado aos dados encontrados, já que para o mês de novembro/2009 a temperatura da água na Lagoa do Quadros atingiu 28 °C.

Os índices de pH para a Lagoa do Passo mostram medianas anuais entre 6,00 e 7,00; sendo o maior valor observado no mês de janeiro de 2012 (8,36) com precipitação mensal de 151,8 mm, já o menor valor foi observado em setembro de 2013 (5,30) com precipitação mensal em 269,08 mm. Este resultado condiz com os índices encontrados por Alencar *et al.* (2018), onde observam que em períodos chuvosos os valores de pH tendem a serem mais baixos, consequência dos teores de ácidos orgânicos presentes na água da chuva.

### *Oxigênio dissolvido*

Com relação ao oxigênio dissolvido (OD), a mediana para todos os anos na Lagoa da Itapeva ficou acima de 7,00 mg/L, sendo o valor mais elevado em setembro de 2015 com 11,81 mg/L, mês chuvoso e período de *El Niño*. O menor valor observado para Itapeva foi em outubro de 2013 e agosto de 2017, com valores abaixo de 2,00 mg/L, o que pode estar

relacionada a oscilação de temperatura, visto que a Lagoa da Itapeva possui profundidade máxima de 2,5 metros, visto que faixas curtas de água registram uma maior oscilação de temperatura, contribuindo com a redução dos níveis de oxigênio ali disponíveis (CASTRO; DA ROCHA, 2016). O limite de OD para classe II é 5 mg/L.

Já na Lagoa dos Quadros, a mediana anual de OD se manteve entre 6,00 e 9,00 mg/L para todos os anos, e em 2009 observamos o maior valor com 14,50 mg/L observado no mês de novembro. Os menores ficaram abaixo de 1,00 mg/L, nos meses de junho de 2009, janeiro de 2014 e abril de 2018, sendo ambos valores observados em dias de velocidade do vento abaixo de 2,5 km/h, abaixo do limite de 6 mg/L de OD para classe I. Segundo Castro e Rocha (2016), o vento expressivo do litoral gaúcho, sendo bastante intenso e constante, contribui com o movimento das águas, inserindo oxigênio nas águas.

A Lagoa do Passo, assim como a dos Quadros, manteve a mediana anual entre 6,00 e 9,00, sendo observada pequena variação, com valores muito próximos nos anos de 2010 a 2012. O ano de 2013 apresentou uma variação significativa, sendo encontrado o menor valor em outubro (1,52 mg/L) com precipitação mensal em 324,8 mm e o maior valor em junho (11,40 mg/L) com precipitação acumulada em 333,2 mm. Evidenciando que não há uma relação constante entre a precipitação e o OD.

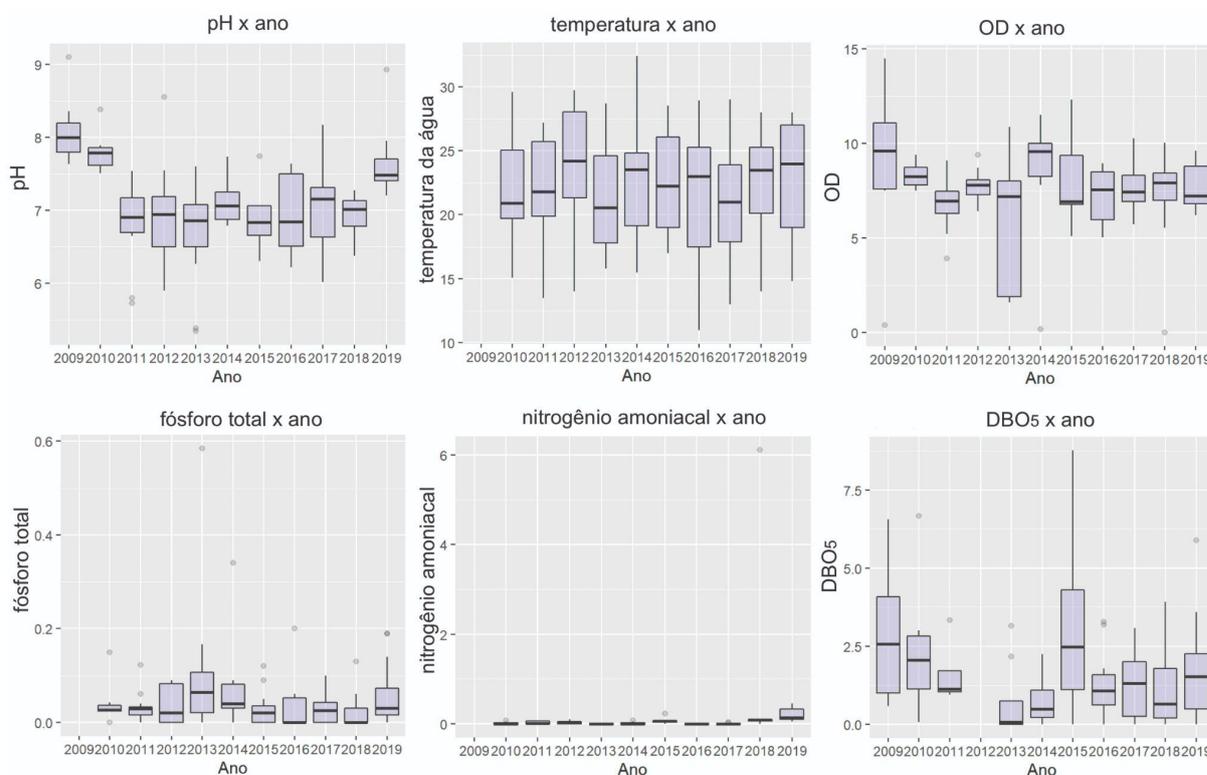
### *Nitrogênio amoniacal*

As medianas anuais de nitrogênio amoniacal se mantiveram entre não detectado e 0,15 mg/L para a Lagoa da Itapeva, sendo os maiores valores observados nos meses de maio, julho e dezembro de 2019, com valores de 0,24; 0,45 e 0,33 mg/L, respectivamente, esses dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que determina limite de 2,0 mg/L em lagoas onde os valores de pH estão entre 7,5 e 8,0, o que foi observado para a Lagoa da Itapeva.

Para a Lagoa dos Quadros, as medianas anuais se mantiveram entre ND e 0,14 mg/L, com menores valores em ND e os maiores valores observados sendo 0,46 mg/L em abril de 2019 e 6,12 mg/L em agosto de 2018. O valor elevado de nitrogênio amoniacal, segundo Von Sperling (2005), pode estar associado à descarga doméstica, dejetos de animais e fertilizantes químicos. Fato esse que vai de encontro às características de entorno da lagoa, que abriga comunidades de pescadores e quilombolas, cultivo de arroz e banana, silvicultura, além da falta de saneamento básico (CASTRO; ROCHA, 2016).

Os dados da Lagoa do Passo nos indicam medianas anuais entre ND e 0,17 mg/L para todos os anos, sendo observados os maiores valores para o ano de 2019 com 0,53 mg/L, em agosto, e 0,44 mg/L, em dezembro.

**Figura 3: Boxplots dos parâmetros físico-químicos para a Lagoa dos Quadros, BHRT, RS, Brasil. Período de análise abril de 2009 a dezembro de 2019.**



*Fósforo total*

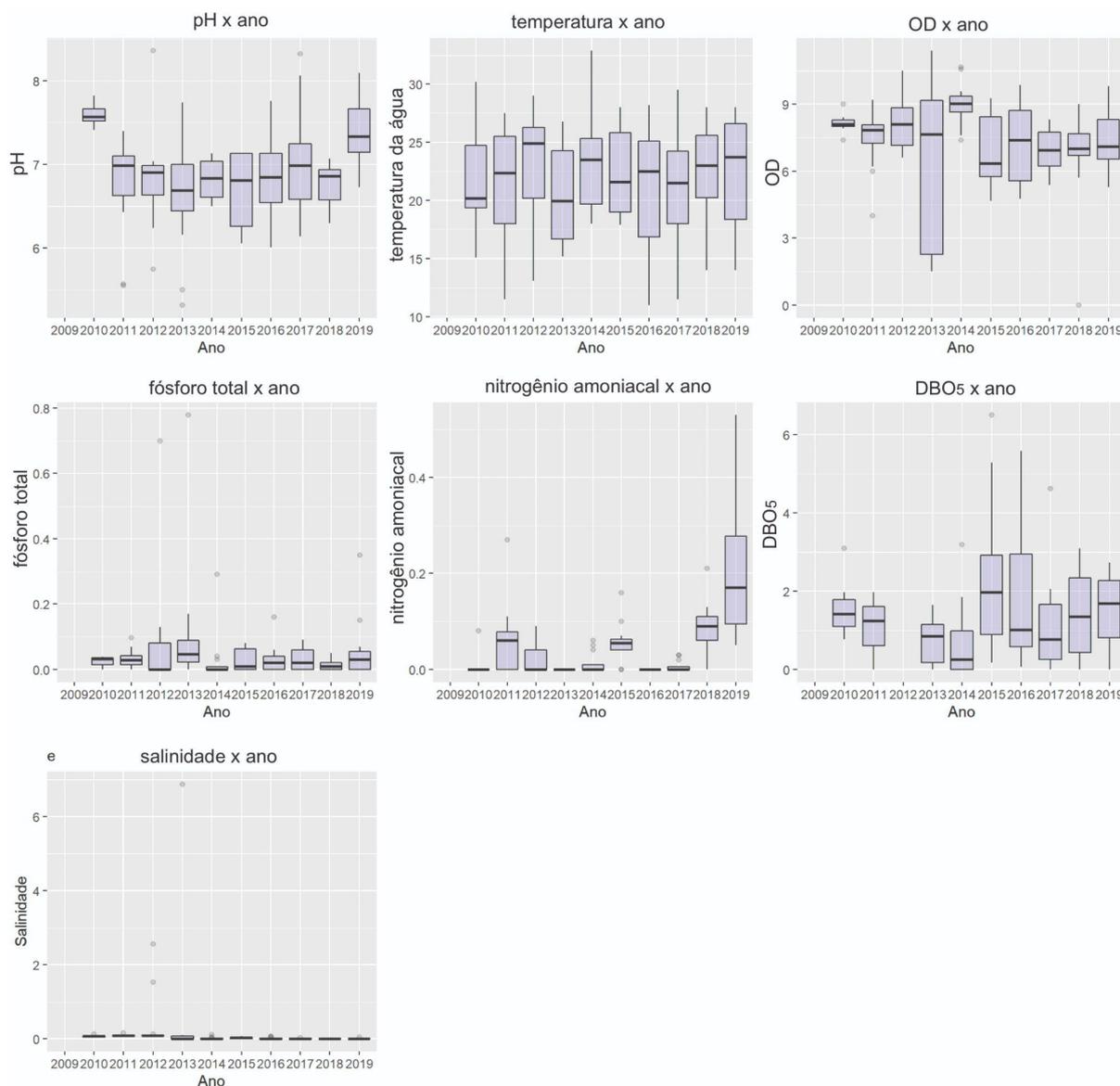
O fósforo pode ser oriundo de diferentes fontes, sendo elas naturais, através da decomposição de rochas, do escoamento superficial das águas da chuva, decomposição de organismos e no material particulado presentes na atmosfera, ou de forma artificial através do esgoto industrial e doméstico, fertilizantes agrícola e material particulado de origem industrial (WETZEL, 2001; BUZELLI *et al.* 2013).

A análise de fósforo total para a Lagoa Itapeva obteve medianas anuais entre 0 e 0,820 mg/L, sendo os maiores valores observados em março de 2011 (0,906 mg/L) e julho de 2013 (0,478 mg/L), sendo o limite para a Classe II, 0,030 mg/L.

As variáveis para a Lagoa do Passo nos indicam medianas anuais entre 0 e 0,47 mg/L, com maiores valores observados em julho de 2013 (0,78 mg/L) e janeiro de 2014 (0,29 mg/L), comparando com o limite para a Classe I, 0,020 mg/L, valores acima do limite até da classe 3 (0,05 mg/L). Já para a Lagoa dos Quadros, as medianas para a se mantiveram entre ND e 0,64 mg/L para todos os anos. Os maiores valores foram observados no ano de 2013, nos meses de julho (0,58 mg/L) e agosto (0,17 mg/L).

Os valores elevados de fósforo podem ter origem no esgoto doméstico, em virtude dos detergentes, assim como nas excretas humanas e de animais, outro fator que contribui para elevar os níveis de fósforo são os fertilizantes e pesticidas provenientes das áreas agrícolas, lembrando que a Lagoa do Passo possui em seu entorno cultivo de arroz (CASTRO; DA ROCHA, 2016).

**Figura 4: *Boxplots* dos parâmetros físico-químicos para a Lagoa do Passo, BHRT, RS, Brasil. Período de análise abril de 2009 a dezembro de 2019, linha vermelha indicando os maiores valores apontados no banco de dados.**



### *Demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>)*

A demanda bioquímica de oxigênio corresponde à quantidade necessária de oxigênio para oxidar a matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias, sendo um importante parâmetro, pois através da quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos, pode ser avaliado o grau de poluição por matéria orgânica daquele corpo hídrico (MILANI, 2019). Os valores de DBO<sub>5</sub> para Lagoa Itapeva obtiveram medianas anuais entre 0,48 e 2,31 mg/L, sendo os maiores valores observados em setembro de 2009 (7,00 mg/L), julho (4,07 mg/L) e dezembro (4,4 mg/L) de 2016.

A Lagoa do Quadros obteve medianas anuais entre 0,07 e 2,57 mg/L, sendo os maiores

valores observados em fevereiro de 2015 (8,78 mg/L), novembro de 2010 (6,68 mg/L) e agosto de 2009 (6,57 mg/L), valores elevados segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece valores até 3 mg/L para corpos hídricos Classe 1, até 5 mg/L para ambientes Classe 2 e até 10 mg/L para ambientes Classe 3.

Para a Lagoa do Passo, as medianas anuais se mantiveram entre ND e 1,98 mg/L, com os maiores valores observados em agosto de 2015 (5,28 mg/L) e dezembro de 2016 (5,58 mg/L).

### *Temperatura da água*

A temperatura da água é uma variável de grande importância, pois essa influencia o metabolismo das comunidades, respiração dos organismos, produtividade primária e decomposição da matéria orgânica (SANTOS *et al.*, 2003). As análises de temperatura da água na Lagoa da Itapeva se mantêm com medianas anuais em torno de 20,0 e 24,0°C, sendo o maior valor observado em fevereiro de 2017 (30,2°C). Já a menor temperatura foi registrada em junho de 2016 (12,0 °C), período de *El Niño*, e precipitação mensal intensa, atingindo 655,6 mm.

Cesar *et al.* (2020) lembram que a temperatura da água varia de acordo com a incidência dos raios solares, sendo influenciada pela altitude e o clima. Ao analisarmos os dados de temperatura da água, observamos que a mediana se manteve em torno dos 20,0°C para todos os anos na Lagoa dos Quadros. O maior valor observado foi fevereiro de 2014 (32,4°C), já o menor valor (11,0°C) foi registrado em junho de 2016, assim como nas pesquisas realizadas por ALVARENGA *et al.* (2012); SANTOS *et al.* (2018); CESAR *et al.* (2020).

Assim como nas lagoas anteriores, a Lagoa do Passo manteve mediana anual em 20,0°C, porém com a máxima se destoando entre as lagoas, atingindo 32,9°C em fevereiro de 2014 e o menor valor observado assim como nas demais lagoas foi em junho de 2016,

atingindo 11,0°C. Sabendo da influência da radiação solar na lâmina superficial de água, entende-se que uma lâmina menor (coluna d'água pouco profunda) oportuniza a intensificação do aquecimento das águas, assim como a intensidade dos ventos, que favorece o aquecimento da massa d'água e homogeneizando os corpos hídricos. Assim, uma lagoa como a do Passo, mais rasa, com pontos atingindo menos de 1 metro de profundidade de coluna d'água, resultará em águas com temperaturas mais elevadas (CASTRO; DA ROCHA, 2016; ALENCAR *et al.*, 2018; DA ROCHA, 2019).

### *Salinidade*

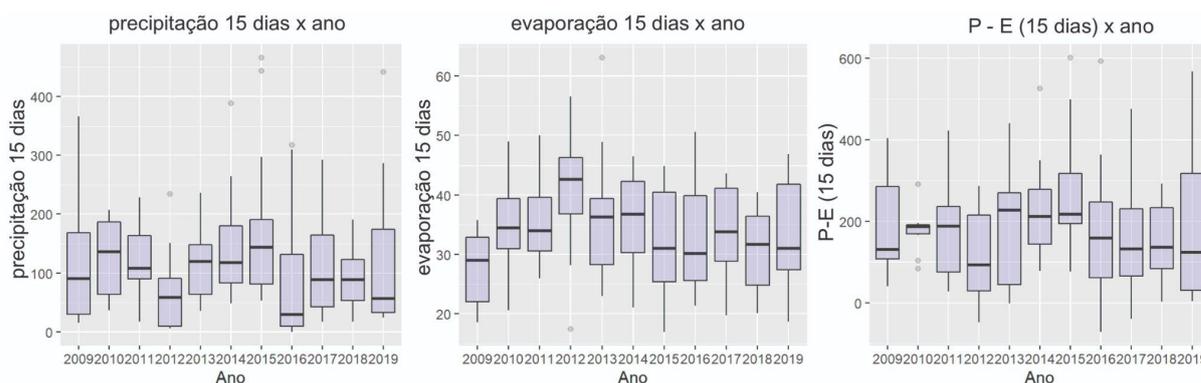
Com relação a salinidade, a análise foi realizada para todas as lagoas, porém a que apresentou valores acima de 0,5, considerada não mais doce e sim salobra, foi a Lagoa do Passo, já que essa possui influência da intrusão salina do Oceano Atlântico, que alcança este ponto via Estuário Tramandaí-Armazém. A salinidade nesta lagoa manteve medianas entre ND e 0,08 para todos os anos, sendo observado os maiores valores em junho e julho de 2012 (situação de ENOS neutro), com resultados de 2,56 e 1,53, respectivamente, e em julho de 2013, com 6,88 (situação de *El Niño* fraco).

### *Precipitação*

A figura 5 apresenta os dados de precipitação (P), evaporação (E) e P-E. Os valores de precipitação acumulada consideraram o período de 15 dias que antecedeu cada coleta, sendo estes calculados para ambas lagoas. As medianas anuais foram registradas entre 29,5 e 144,0 mm, sendo observado os maiores volumes em junho de 2019 (441,2 mm), setembro (466,0 mm) e julho (443,6 mm) em 2015, ano esse influenciado pelo fenômeno *El Niño*, que mostrou-se forte no ano, com índices de 1,7 e 2,2, respectivamente, provocando um aumento nos eventos de precipitação (ALENCAR *et al.*, 2019).

Os menores volumes foram observados nos meses de abril e maio de 2012 com 6,0 mm e no ano de 2016 com valores de 1,0 mm em agosto e 0,0 mm em setembro.

**Figura 5: Boxplots dos dados de precipitação, evaporação e a diferença entre eles, para a região norte da BHRT, RS, Brasil. Período de análise abril de 2009 a dezembro de 2019.**



### *Evaporação*

A evaporação acumulada foi calculada para 15 dias anteriores ao dia de coleta, sendo as medianas anuais registradas entre 29,1 e 42,7 mm. Os maiores valores observados foram nos meses de abril (56,6 mm) e outubro (53,8 mm) em 2012 e em janeiro (63,1 mm) em 2013. Os menores valores foram observados em julho de 2015 (17,0mm) e junho de 2012 (17,5 mm).

### *Diferença entre precipitação e evaporação*

Para a diferença entre precipitação e evaporação, representa parcialmente o balanço hídrico, indicando a disponibilidade de água existente. Neste caso a mediana anual foi registrada entre 93,0 e 228,0 mm, com os maiores valores sendo observados em julho (426,6 mm) e setembro (443,8 mm) de 2015 e junho de 2019 (422,5 mm). Os menores valores foram em setembro de 2016 e abril de 2012, ambos com valores negativos de 50,60 mm, ou seja, evaporação excedendo a precipitação.

### *Umidade do ar*

Com relação a umidade do ar, as medianas anuais se mostraram entre 44,9 e 83,4 %, sendo os maiores valores observados em julho de 2015 com 88,5 % e setembro de 2009 com 87,9 %, já os menores valores foram observados em maio e setembro de 2019, com valores de 40,7 % e 41,4 % respectivamente.

### *Análise de correlações relevantes por lagoa*

As análises de correlação indicaram alguns aspectos importantes para a Lagoa Itapeva. A temperatura da água se mostrou correlacionada com a velocidade do vento ( $r=0,348$ ;  $p<0,001$ ) e evaporação (0,544;  $<0,001$ ), uma vez que o vento movimentava a massa de água, garantindo a distribuição igual do calor na coluna d'água, sem estratificação, aumentando a temperatura das mesmas conforme aumenta a temperatura ambiente e contribuindo para a evaporação das águas da lagoa.

O pH apresentou correlação com a salinidade (0,124; 0,190), OD (0,464;  $<0,001$ ) e DBO<sub>5</sub> (0,228; 0,0309). Essa correlação confirma que o pH pode sofrer influência dos fatores antropogênicos, como por exemplo, os dejetos de esgoto lançados na lagoa, esses fatores ligados às altas temperaturas contribuem para a redução dos níveis de oxigênio dissolvido. As temperaturas elevadas da água favorecem o aumento das taxas de decomposição da matéria orgânica, aumentando os níveis de DBO<sub>5</sub> (BUZELLI *et al.*, 2013; TIAN *et al.*, 2020).

O fósforo esteve correlacionado positivamente com a DBO<sub>5</sub> (0,290; 0,005). A elevação das taxas de nutrientes nos corpos hídricos, como do fósforo, pode estar ligada ao escoamento ou aumento no número e intensidade de eventos de inundação, visto que ao redor de ambas lagoas ocorrem áreas de cultivo agrícola, favorecendo a entrada de fertilizantes nos corpos hídricos. Outro fator que pode estar relacionado, é a precariedade dos sistemas de tratamento de esgoto, assim, eventos de inundação podem afetar a qualidade da água,

umentando a carga orgânica que aporta nas lagoas (BRUZELLI *et al.*, 2013; RYBERG; CHANAT, 2022).

A umidade se mostrou correlacionada positivamente com a velocidade do vento (0,302; 0,001). A precipitação acumulada de 15 dias apresentou correlação com o *El Niño* (0,279; 0,003), visto que durante o evento climático ocorre um aumento das chuvas na região sul do Brasil (MIRO *et al.*, 2019).

Para Lagoa dos Quadros também foi possível observar a correlação entre a temperatura da água, velocidade do vento (0,373; <0,001), DBO<sub>5</sub> (0,305; 0,003) e evaporação acumulada (0,529; <0,001), assim como na Lagoa Itapeva. Essa correlação nos indica que temperaturas elevadas tendem a favorecer as reações, diminuindo a solubilidade de gases dissolvidos na água e favorecendo o aumento de matéria orgânica nos corpos hídricos (SANTOS *et al.* 2018).

Assim como na Lagoa da Itapeva, na Lagoa dos Quadros o pH mostrou correlação com o OD (0,361; <0,001) e DBO<sub>5</sub> (0,284; 0,007). A umidade apresentou correlação positiva com a velocidade do vento (0,302; 0,001) e a velocidade do vento com a evaporação acumulada (0,502; <0,001). O aumento da temperatura, segundo Oliver e Ribeiro (2014), tende a acelerar a evapotranspiração, ocasionando precipitações torrenciais, fazendo com que a água escoe de maneira mais rápida pela bacia hidrográfica.

As correlações entre variáveis para a Lagoa do Passo mostram que a temperatura da água está relacionada à DBO<sub>5</sub> (0,259; 0,014), velocidade do vento (0,355; <0,001) e evaporação acumulada (0,532; <0,001), assim como para as anteriores. O pH demonstrou relação com o OD (0,320; 0,001) e com a umidade (0,259; 0,014), fato esse que pode ser explicado uma vez que o pH é uma das variáveis que sofre grande interação das taxas de fotossíntese (LIBÂNIO, 2016).

A salinidade apresentou correlação com os teores de fósforo (0,576; <0,001), lembrando que entre as lagoas pesquisadas, a do Passo é a única que sofre influência da matriz

salina. Essa correlação pode estar ligada ao fato do fósforo presente nos sedimentos ter sua liberação influenciada pela variação de salinidade, pH e variações das próprias concentrações de fósforo (TRAVASSOS, 2011), e também com a chuva, que através do escoamento superficial acaba carreando fertilizantes e esgoto para dentro dos corpos hídricos (SOUZA; GASTALDINI, 2014). A umidade apresentou correlação com a velocidade do vento (0,302; 0,002). Já a evaporação acumulada se mostrou correlacionado com a velocidade do vento (0,502; <0,001) e com a DBO<sub>5</sub> (0,266; 0,011), podendo esta ser explicada já que o aumento da temperatura da água intensifica a decomposição da matéria orgânica, aumentando as taxas de DBO<sub>5</sub> (BUZELLI *et al.* 2013).

O *El Niño* demonstrou correlação positiva com a precipitação acumulada de 15 dias (0,279; 0,003). Conforme Soares *et al.* (2008), essa correlação pode estar associada ao eventos de *El Niño* acarretar uma alteração no regime de chuvas, sendo a região Sul e Sudeste do Brasil apresentando aumento na precipitação volumétrica.

#### Análise multivariada - Principais Componentes (PCA)

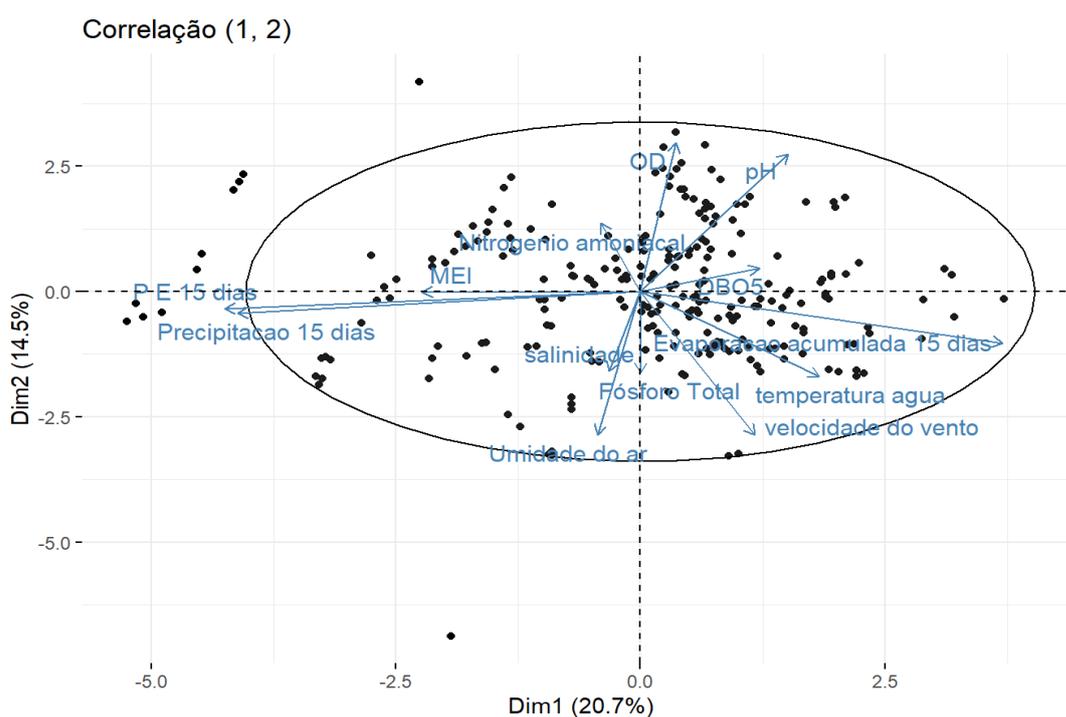
A PCA dos referidos dados nos indica que os cinco primeiros componentes já conseguem explicar, aproximadamente, 69 % da variância total das variáveis, sendo que os três primeiros componentes (CP1, CP2 e CP3) explicam 49 % da variação, nos permitindo também identificar as variáveis com maior relevância. Para a análise de componentes principais foram usados os dados climáticos e variáveis físico-químicas de qualidade de água para todas as lagoas.

A primeira componente principal (PC1) explicou 20,7 % da variância total e mostra a influência dos fatores climáticos, sendo eles a precipitação, a evaporação e a diferença entre eles (P-E), todos no período de 15 dias que antecederam as coletas, nos indicando que esses agentes têm grande influência sobre a variabilidade dos dados de qualidade da água. Isso porque

tanto a precipitação, quanto a evaporação influenciam na concentração dos componentes da água (CHAVES *et al.*, 2015). Segundo Esteves e Suzuki (2011), a disponibilidade dos nutrientes é controlada por fatores químicos e orgânicos e sofrem grande influência de fatores externos como vento, precipitação e radiação solar que reflete na temperatura e evaporação, o que vai de encontro aos nossos resultados e os apresentados também por Santos *et al.* (2018).

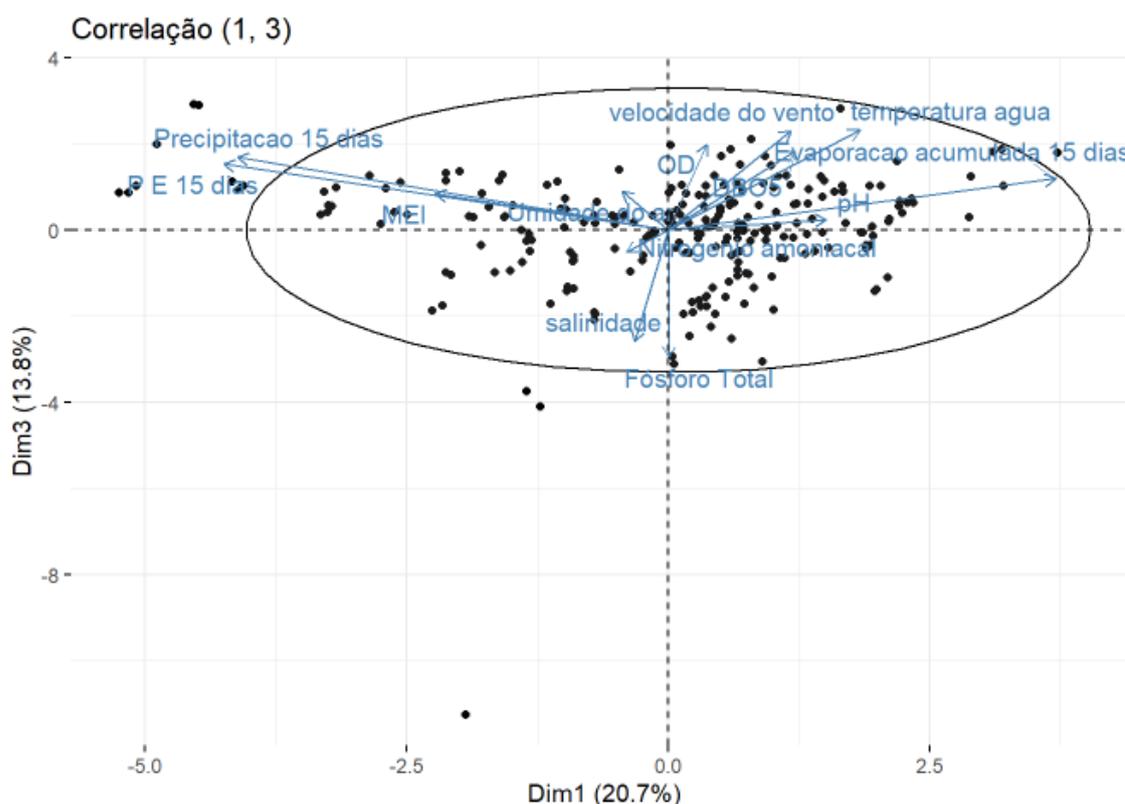
A segunda componente principal (CP2), composta por umidade, velocidade do vento e oxigênio dissolvido, esteve ligada a 14,5 % da variância total, e indica que variações na velocidade dos ventos tendem a promover uma movimentação das águas, estimulando reações químicas de efeito qualitativo, assim como a umidade do ar que favorece alterações físicas (COSTA *et al.* 2006). O OD, por sua vez, apresenta grande importância, visto que sua ausência ou presença está ligada à degradação da matéria orgânica, caracterizando o ambiente ora mais redutor, ora mais oxidante, o que vai regular muitas reações biogeoquímicas (BUZELLI *et al.* 2013).

**Figura 6: Gráfico PCA *biplot* com a correlação dos componentes 1 (CP1) e 2 (CP2) evidenciando as variáveis que compõem os mesmos na expressão de qualidade de água para as lagoas Passo, Quadros e Itapeva, BHRT, RS, Brasil.**



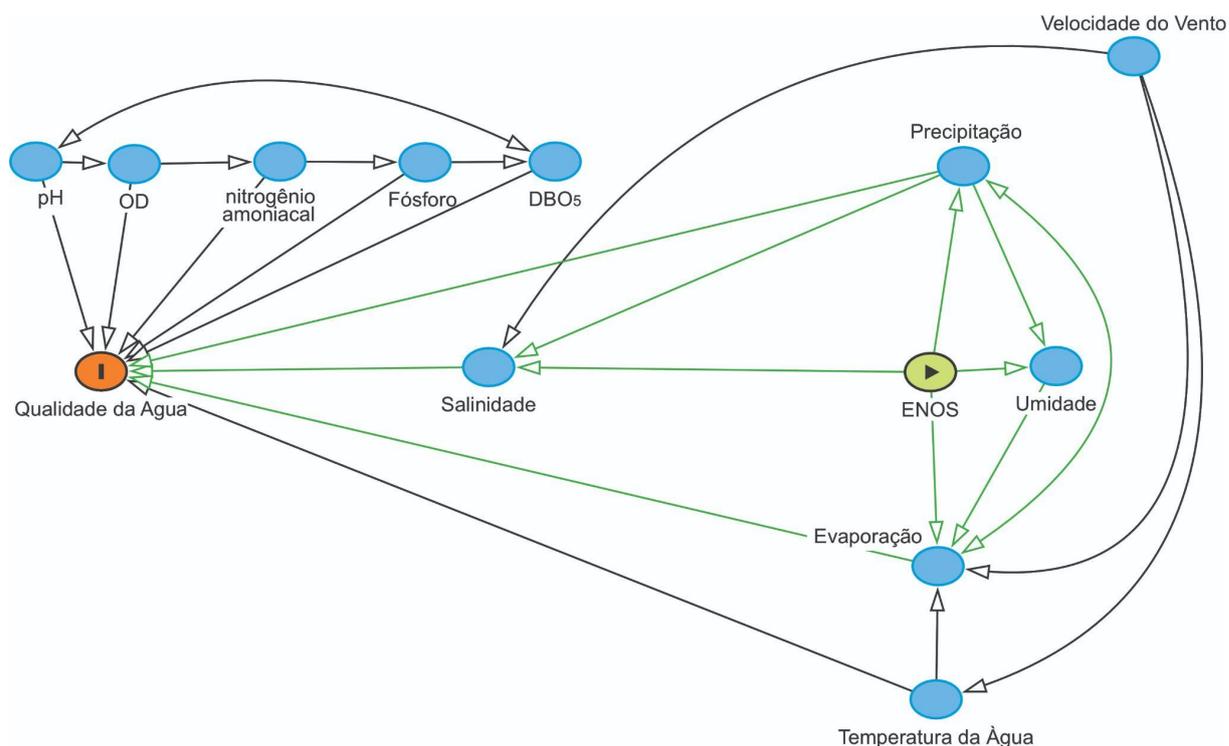
A terceira componente (CP3) é composta por fósforo total, salinidade e temperatura da água, e representa 13,8 % da variância total dos dados. Indica desdobramentos químicos associados a penetração salina, cuja água marinha pode ter temperatura e características físico químicas diferentes do sistema lagunar de água doce (VALENTIM, 2017; MILANI, 2019; HONGYO *et al.*, 2015).

**Figura 7: Gráfico PCA *biplot* com a correlação dos componentes 1 (CP1) e 3 (CP3) evidenciando as variáveis que compõem os mesmos na expressão de qualidade de água para as lagoas Passo, Quadros e Itapeva, BHRT, RS, Brasil.**



Em resumo, boa parte dos componentes que explicam esse conjunto de amostras são de origem climática ou em resposta a eles.

**Figura 8: Gráfico da análise em DAG realizada com base nos resultados obtidos a partir das análises multivariada para as Lagoas do Passo, Quadros e Itapeva, BHRT, RS, Brasil. Em laranja a variável resposta, e em verde a variável exposição.**



Com os resultados gerados a partir da análise estatística multivariada, foi elaborado um gráfico em DAG (sigla em inglês de Grafos Acíclicos Dirigidos) (Figura 8), indicando relações causais apontadas pelo banco de dados através das correlações. Foram utilizadas variáveis correspondentes ao ENOS, como fatores de exposição (causa), e a qualidade de água como resposta (efeito).

Ao analisar o gráfico, observamos os caminhos verdes, como a variável de exposição, afetando as variáveis climáticas de precipitação, evaporação e umidade, bem como a influência sobre a salinidade. Já a velocidade do vento, demonstra influência indireta sobre fatores de salinidade, temperatura de água e evaporação (caminhos em preto).

Quando observamos a variável resposta, a qualidade de água, é possível identificar as relações indiretas entre pH, fósforo, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido e DBO<sub>5</sub>, e as relações diretas entre as variáveis de DBO<sub>5</sub> e salinidade.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através do tratamento estatístico indicaram que fatores climáticos como precipitação, evaporação e a diferença entre eles, mostram ser agentes influenciadores da qualidade de água das três lagoas, explicando 21 % da variância total dos dados. Esses resultados são um indicativo de como as variáveis climáticas podem influenciar a qualidade da água.

A análise dos dados nos mostrou que fatores como umidade, velocidade do vento e oxigênio dissolvido, também possuem influência sobre a qualidade da água. Esses resultados possivelmente nos indicam que mudanças de temperatura na água e a irradiação solar podem favorecer a disponibilidade de nutrientes, assim como o vento, capaz de carregar substâncias e provocar a ressuspensão de nutrientes na água, além de contribuir com a intrusão salina na Lagoa do Passo via Estuário Tramandaí-Armazém.

Fósforo total, salinidade e temperatura da água, foram os parâmetros que se destacaram entre os demais descritores de qualidade de água analisados, visto que assim como o clima, influenciam nas reações químicas da água.

Com relação aos ENOS, foi observado um maior volume de precipitação em períodos com influência do fenômeno *El Niño* em anos onde esse se demonstrou forte, com índices acima de 1,7, sendo observado influência sobre a temperatura da água e oxigênio dissolvido.

Assim, os resultados deste estudo evidenciam a influência climática na qualidade de água local, indicando que afora efeitos locais já conhecidos, há de se considerar desdobramentos de qualidade de mais ampla escala. Perfazem, também, dados que podem contribuir para gestão de qualidade de água na BHRT, permitindo a observação das tendências de modificações futuras na qualidade de água a partir das variações climáticas, como forma de previsão de comportamento.

## REFERÊNCIAS

(Conforme Revista Brasileira de Recursos Hídricos)

- ALENCAR, V. E. S. A, ROCHA, E. J. P., SOUZA JÚNIOR, J. A., CARNEIRO, B. S. (2019) Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baía de Guajará - Belém - PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 1275–1291.
- ALVARENGA, L. A., MARTINS, M. P. P., CUARTAS, L. A., PENTEADO, V. A., ANDRADE, A. (2012) Estudo da qualidade e quantidade da água em microbiota, afluente do rio Paraíba do Sul - São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente e Água**, v. 7, n. 3, p. 228–240. DOI: 10.4136/1980-993X.
- BARBARA, V. F., CUNHA, A. C., RODRIGUES, A. S. de L., SIQUEIRA, E. Q. (2010) Monitoramento sazonal da qualidade de água do rio Araguari/AP. **Revista de Biociências**. UNITAU. v.16, n.1, p. 57-72.
- BORBA, A. A. (2016) **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos, biológicos e ecológicos do curso d'água do Rio Turvo (SP)**. 2016. Universidade Estadual Paulista.
- BRASIL - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357 (18 de março de 2005) **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 053, p. 58–63.
- BRASIL, Agência Nacional de Águas (2016) **Mudanças climáticas e recursos hídricos: Avaliações e diretrizes para adaptação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- BUZELLI, G. M., SANTINO, M. B. C. (2013) Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Ambi-Agua**, Taubaté, v.8, n.1, p.186-205.
- CASTRO, D.; DA ROCHA, C. M. (2016) **Qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**. 1ª ed. Porto Alegre: Via Sapiens.
- CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2014) **Determinação da Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico**. São Paulo.
- CÉSAR, G. C. de L., KELES, J. A., CORDEIRO, J.; LAGE, M. A. (2020) Avaliação da qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Peti, Minas Gerais. São Paulo, UNESP, **Geociência**, v.39, n.3, p.817-829.
- CHAVES, A. D. C. G.; ALMEIDA, R. R. P., CRISPIM, D. L., DA SILVA, F. T., FERREIRA, A. C. (2015) Monitoramento e qualidade das águas do Rio Piranhas. **Revista Verde**. v.10, n.1, p.160-164.
- DARWICH, A. J, APRILE, F. M., ROBERTSON, B. A. (2005) Variáveis limnológicas : contribuição ao estudo espaço-temporal de águas pretas amazônicas. *In*: MELO, Sérgio (org.). **Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central**. Manaus. v.

1p. 19–33.

DELPLA, I. A.; JUNG, V.; BAURE, E.; CLEMENT, M.; THOMAS, O. (2009) Impactos da mudança climática na qualidade da água da superfície em relação à produção da água de beber. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, p. 85–1079.

DUARTE, A. A. L. S. (2007) Impacto das alterações climáticas na gestão da água. **Revista águas e resíduos**, v. III, n. 2, p. 58–73. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1822/7718>.

ESTEVEES, F. A., SUZUKI, M. S. (2011) Comunidade fitoplanctônica. In. ESTEVEES, F. A. (2011) **Fundamentos de limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro. Interciência. p.625-655.

FANTIN-CRUZ, I., TONDATO, K. K., MARQUES, D. M., PEDROLLO, O. (2010) Regime térmico em águas correntes e sua importância na estrutura do habitat e na biologia de organismos aquáticos. **Water**, v. 11, n. 36, p. 295–307.

FERNANDES, P. C. L. (2015) **Validação e controle de qualidade do fósforo total em águas residuais: Análise da qualidade da água**. 2015. Universidade da Beira Interior. Disponível em: [https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/6072/1/4188\\_8215.pdf](https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/6072/1/4188_8215.pdf).

GLORIA, L. P., HORN, B. C., HILGEMANN, M. (2017) Avaliação Da Qualidade Da Água De Bacias Hidrográficas Através Da Ferramenta Do Índice De Qualidade Da Água - Iqa. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 14, n. 1, p. 103–119, 2017. DOI: 10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1421.

HONGYU, K., SANDANIELO, V. L. M., OLIVEIRA JUNIOR, G. J. (2015) Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação Principal Component Analysis: theory, interpretations and applications. **Engineering and Science**, n.5, v.1.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (2022) Banco de dados meteorológicos, 2021. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 13 de outubro de 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. (2022) Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br> acesso em 13 de outubro de 2022.

IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Relatório do IPCC/ONU – Novos Cenários Climáticos. (2014) *In: Conferência Latino-Americana sobre Meio Ambiente e Responsabilidade Social*. p. 1–42.

LELIS, T. A., CALIJURI, M. L., FONSECA, A. S., LIMA, D. C. (2011) Impactos causados pela mudança climática nos processos erosivos de uma bacia hidrográfica: Simulação de cenários. **Revista Ambiente e Água**, v. 6, n. 2, p. 282–294. DOI: 10.4136/1980-993X.

LIBÂNIO, M. (2016) **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**, 4ª ed., Campinas, SP: Editora Átomo.

LOITZENBAUER, E., BULHÕES MENDES, C. A. (2012) Salinity dynamics as a tool for water resources management in coastal zones: An application in the Tramandaí River basin, southern Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 55, p. 52–62. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2011.10.011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.10.011>.

LOITZENBAUER, E., MENDES, C. A. B. (2011) A dinâmica da salinidade como uma ferramenta para a gestão integrada de recursos hídricos na zona costeira: uma aplicação à realidade brasileira. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 11, n. 2, p. 233–245. DOI: 10.5894/rgci248.

MARENGO, J. A. (2001) Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.16 (1): 01-18. Disponível em: [http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/05.25.18.19/doc/Marengo\\_mudancas%20climaticas%20globais%20e%20regionais.pdf](http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/05.25.18.19/doc/Marengo_mudancas%20climaticas%20globais%20e%20regionais.pdf).

MARENGO, J. A. (2008) Água e Mudanças Climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 83–96. DOI: 10.1590/s0103-40142008000200006.

MENDES, L. da S., FERREIRA, I. M. (2014) Influência da sazonalidade na qualidade da água bruta no município de Ituiutaba - MG. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, [S. l.], v. 10, n. 19, p. 97–105.

MILANI, G. B. (2019) A qualidade da água. *In*: CASTRO, Dilton De (org.). **Ciclo das águas na Bacia do Rio Tramandaí**. 1ª ed. Porto Alegre: Via Sapiens, v. 1p. 111–122.

MILANI, G. B., ROCHA, C. M.; ZANONA, Q. K. (2021) Monitoramento de qualidade de águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Relatório de dados brutos – período 2018-2020. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Campus Litoral CECLIMAR - Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, Laboratório de Análise de Águas e Sedimentos.

MIRO, J. M. R., SOUZA, V. C., GUEDES, R. A. T., ALVES, L. A. (2019) A relação entre os fenômenos *El Niño e La Niña* e o clima da baixada campista, Norte do estado do Rio de Janeiro. **XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física aplicada**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

NÓBREGA, R. S. (2008) **Modelagem de impactos do desmatamento nos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jamari (RO) utilizando dados de superfície e do TRMM**. Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

NOAA. (2022) National Oceanic and Atmospheric Administration. Multivariate ENSO Index Version 2 (MEI.v2). Disponível em: <<https://psl.noaa.gov/enso/mei/>> Acesso em: 27 Nov 2022.

NUNES, L. H. (2015) Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. *Terra Livre*, v. 1, n. 20, p. 101-110.

OLIVEIRA, B. S. S., CUNHA, A. C. (2014) Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente e Água**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 261–275. DOI: 10.4136/1980-993X.

OLIVER, S. L. (2013) **A influência da variabilidade climática na qualidade da água do Reservatório Guarapiranga e possíveis impactos à saúde**. Universidade de São Paulo.

OLIVER, S. L., RIBEIRO, H. (2014) Variabilidade climática e qualidade da água do reservatório Guarapiranga. **Estudos avançados**. v.28, n.82.

PINZON, I. M. (2015) **Influência dos fatores ambientais sobre a ocorrência de Cyanobacteria na Lagoa dos Quadros, RS, Brasil**. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

RYBERG, K. R, CHANAT, J. (2022) Climate extremes as drivers of surface-water-quality trends in the United States. **Science of The Total Environment**. v. 809. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152165>.

ROCHA, C. M. (2019) Monitoramento de qualidade de águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Relatório de dados brutos – período 2008-2011. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Campus Litoral CECLIMAR - Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, Laboratório de Análise de Águas e Sedimentos.

ROCHA, C. M., CASTRO, D. (2019) Monitoramento de qualidade de águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Relatório de dados brutos – período 2011-2013. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Campus Litoral CECLIMAR - Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, Laboratório de Análise de Águas e Sedimentos.

ROCHA, C. M., CASTRO, D. (2019) Monitoramento de qualidade de águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Relatório de dados brutos – período 2014-2015. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Campus Litoral CECLIMAR - Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, Laboratório de Análise de Águas e Sedimentos.

ROCHA, C. M., ZANONA, Q. K., MILANI, G. B. (2019) Monitoramento de qualidade de águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí. Relatório de dados brutos – período 2015-2017. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Campus Litoral CECLIMAR - Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos, Laboratório de Análise de Águas e Sedimentos.

SANTOS, S. A. M.; SCHIAVETTI, A.; DEBERDT, A. J. (2002) Qualidade da água. In: ACHIEL, D.; VALEIRAS, N. (org.) **O estudo de Bacias hidrográficas - uma estratégia para educação ambiental**. 2 ed. São Carlos-SP, v.1, p.68-75.

SANTOS, S. A., GASTALDINI, M. C. C., PIVETTA, G. G., SCHMIDT FILHO, O. (2018) Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí, Santa Maria/RS. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 2, p. 23–44, 2018. DOI: 10.14393/sn-v30n2-2018-2.

SILVA, A. E. P., ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A. T., WAICHAMAN, A. V. (2008) Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733–742, 2008. DOI: 10.1590/S0044-59672008000400017.

SILVA, Í. F., NÓBREGA, R. S., GALVÍNCIO, J. D. (2009) Impacto Das Mudanças Climáticas Nas Respostas Hidrológicas Do Rio Ipojuca (Pe) – Parte 2: Cenários De Aumento De Temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 2, p. 19–30. DOI: 10.26848/rbgf.v2i2.232637.

SILVA, D. F., GALVÍNCIO, J. D., ALMEIDA, H. R. R. C. (2010) Variabilidade Da Qualidade De Água Na Bacia Hidrográfica Do Rio São Francisco E Atividades Antrópicas Relacionadas. **Qualitas Revista Eletrônica**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 1–17. DOI: 10.18391/qualitas.v9i3.687.

SMITH, J. A. (1993) Precipitation. In: MAIDMENT, David R. (org.). **Handbook of Hydrology**. New York: McGraw-Hill, p. 824.

SOARES, S. (2008) Efeitos do El Niño e da La Niña na Agricultura Brasileira. São Paulo: INPE.

SOARES, R. D. B., CRUZ, R. W. L., SILVA, C. E. S. (2019) A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 16643-16672.

SOUZA, W. M., AZEVEDO, P. V. (2012) Índices de detecção de mudanças climáticas derivados da precipitação pluviométrica e das temperaturas em Recife - PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, p. 143–159.

SOUZA, M. M., GASTALDINI, M. C. C. (2014) Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v.19, n.3, jun-set, 263-274.

TIAN, L., ZHU, X., WANG, L., DU, P., PENG, F., PANG, Q., (2020) Long-term trends in water quality and influence of water recharge and climate on the water quality of brackish-water lakes: A case study of Shahu Lake. **Journal of Environmental Management**, Volume 276, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111290>.

TRAVASSOS, K. R., COSTA, K. M. P. (2011) Análise da qualidade ambiental no estuário do rio Botafogo: determinação do índice trófico e componentes do fósforo na coluna da água. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Oceanografia, **Universidade Federal de Pernambuco**, Recife.

TRENBERTH, K. (1997) E. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, n. 12, p. 2771-2778.

VALENTIM, M. M. (2017) **Relação da salinidade e turbidez nos limites de um estuário amazônico**. Universidade Federal do Pará, 2017.

VON SPERLING, M. (2014) Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 4 ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Universidade Federal de Minas Gerais**.

WETZEL, R. G. (2001) **Limnology**. San Diego: Academic Press.