



Dinâmica de nutrientes calha fluvial inferior do Rio Paraíba do Sul após período de estiagem

Letícia Maria Evangelista de Souza¹
Marina Satika Suzuki²

Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

O estudo dos recursos hídricos é um tema recorrente na ecologia e devido ao intenso uso e degradação desses recursos é necessário monitorar e analisar a qualidade de suas águas. Além disso, as pesquisas com recursos hídricos auxiliam na criação de modelos para previsão de eventos climáticos extremos. Nessas pesquisas, os parâmetros físico-químicos e o material particulado são comumente utilizados como indicadores de qualidade da água, já que por meio de sua quantificação é possível determinar o nível de qualidade da água, assim como estimar o impacto das atividades humanas. Por isso, o objetivo desse trabalho foi analisar a associação do material particulado em suspensão (MPS), dos parâmetros físico-químicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, alcalinidade e temperatura) e nutrientes (COD, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SiO_2) com a vazão na calha fluvial inferior da bacia do Rio Paraíba do Sul (RPS), no período 2017 a 2019. Os resultados mostraram que existiu associação positiva e estatisticamente significativa entre a vazão, MPS, temperatura e COD, e negativa entre pH, condutividade elétrica e NO_2^- . Ainda, esses resultados indicaram que ocorreu uma variação sazonal na concentração desses parâmetros e que a vazão agiu como controlador da dinâmica de nutrientes na região do Baixo Paraíba entre os anos de 2017 e 2019.

Palavras-chave: Recurso hídricos; Mudanças globais; Monitoramento

Orientação: Inserir aqui: 1º- vínculo Institucional; 2º- departamento e 3º- contato eletrônico. (Regra: Times New Roman, itálico, 10).

¹ Aluno (s) do Curso de graduação em Ciência Biológicas, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, departamento, leticiaevangelistauenf@pq.uenf.br

² Prof. Dr. Marina Satika Suzuki, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Laboratório de Ciências Ambientais, marina@uenf.br



INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são corpos aquático dulcícolas que são acessíveis a humanidade. Além disso, o estudo de recursos hídricos é tema recorrente na ecologia. Dettinger et al., (2015) e Kuwayama *et al.*, (2020), por exemplo, destacam a importância da análise da qualidade e do uso das águas das bacias hidrográficas e chamam atenção para os efeitos das mudanças hidroclimáticas. Dettinger et al., (2015) e Kuwayama *et al.*, (2020), por sua vez, afirmaram que essas mudanças não são influenciadas apenas por fatores antrópicos, mas também por fatores naturais. Um exemplo dessas mudanças no caso brasileiro é o intenso uso dos recursos hídricos e o déficit de chuvas na bacia do Rio Paraná (SANTOS *et al.*, 2021). De modo geral, o número de estudos sobre os recursos hídricos tem aumentado e a preocupação com as mudanças climáticas e a relação dessas com os recursos hídricos tem ganhado atenção nos últimos anos (ARAÚJO *et al.*, 2015).

Os estudos sobre a ocorrência das mudanças climáticas comumente destacam que essas afetam os recursos naturais, principalmente os recursos hídricos. Por isso é fundamental a compreensão de como as mudanças climáticas afetam os recursos hídricos e por consequência a humanidade, pois não é possível estudar o uso e a degradação dos recursos hídricos sem considerar o fator humano. Pois, a humanidade sempre fez uso dos recursos hídricos, de modo que essa estreita relação impacta diretamente os ciclos hidrológicos e a qualidade da água. De modo que, conservar os recursos hídricos está entre os desafios enfrentados pelas sociedades humanas. Assim, compreender a complexidade dos recursos hídricos e suas interações com as atividades humanas é uma tarefa de grande prioridade para a pesquisa científica (WANG, 2020).

O acesso limitado água potável é um problema que pode ser agravado por atividades antrópicas, especialmente a poluição dos corpos hídricos. Sobre a poluição dos corpos hídricos, já de é amplo conhecimento que as atividades agrícolas, setor estratégico da econômica brasileira, são fontes de fósforo, nitrogênio, sedimentos e íons. (BERNER; BERNER, 1996; FIGUEIREDO et al., 2020). Além disso, é amplamente aceito entre os especialistas que altas concentrações desses compostos afetam a qualidade da água. Assim, alterações em concentrações de nutrientes, íons e temperatura podem causar a ocorrência

de blooms algais, que são florações de algas nos corpos aquáticos. Em alguns casos, essas algas, especificamente as cianobactérias, podem produzir cianotoxinas, o que eleva a mortandade de animais e impossibilita o uso da água pela população (BROOKS et al., 2016).

A disponibilidade de água potável, ainda, é uma das questões abordadas na Agenda 2030. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que compõem a Agenda 2030, destacam a importância de assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos (PNUD, 2021). Para alcançar esse objetivo, serão necessários programas de monitoramento de longo prazo dos recursos hídricos. Esses programas contribuem não só para o monitoramento da qualidade da água, como também para a previsão de eventos climáticos extremos, como destacam Wheater e Gober (2015) e Wilby (2019) em suas propostas de agenda de pesquisa. Pois, com os dados de monitoramento de longo prazo é possível desenvolver modelos para previsão de eventos climáticos com impacto direto ou indireto sobre os recursos hídricos e desses sobre a população.

O monitoramento dos recursos hídricos brasileiros é realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA), que opera mais de 4.000 estações de tratamento ao longo das bacias hidrográficas brasileiras. Os principais parâmetros medidos pela ANA são: vazão, precipitação, qualidade da água, quantificação de sedimento, entre outros parâmetros (ANA, 2021). Mas, nem sempre essas estações estão funcionando perfeitamente ou existem lacunas em seus bancos de dados, o que pode afetar estudos comparativos e ou de longo prazo. Além disso, os custos com a instalação equipamentos, manutenção e mão de mão de obra são elevados, o que afeta diretamente a qualidade do monitoramento. Todavia, já existem modelos que podem realizar a previsão de parâmetros em bacias com dados de longo prazo, como aponta Jin et al., (2020), porém modelos como esses ainda são pouco utilizados no Brasil.

As pesquisas e monitoramento de bacias hidrográficas realizadas por universidades e institutos de pesquisa têm papel importante no preenchimento das lacunas dos dados da ANA, no desenvolvimento de projetos, na elaboração de políticas públicas e na compreensão dos processos hidrológicos das bacias de drenagem (TUNDISI, 2008). Um exemplo desse tipo de pesquisa e monitoramento é a realizada na região do Baixo Paraíba

pelo Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) da UENF, que a quase três décadas coleta dados sobre os recursos hídricos dessa região. Essa região do Baixo Paraíba possui características distintas das outras partes dessa bacia, pois apresenta as menores taxas pluviométricas da bacia (COHIDRO, 2014; COSTA et al., 2018; MARENGO; ALVES, 2005; OVALLE et al., 2013), baixo grau de tratamento das águas residuais, e a agropecuária como principal atividade econômica. Esses três fatores favorecem o aumento na concentração de nutrientes na região, o que afeta a qualidade e disponibilidade das suas águas (FIGUEIREDO et al., 2011; OVALLE et al., 2013).

O trabalho aqui apresentado é uma análise oriunda do monitoramento realizado pelo LCA da UENF e teve o objetivo de analisar a associação do material particulado em suspensão (MPS), dos parâmetros físico-químicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, alcalinidade e temperatura) e nutrientes (COD, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SiO_2) com a vazão na calha fluvial inferior da bacia do Rio Paraíba do Sul, no período 2017 a 2019. As perguntas foram: existe correlação positiva e estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre a vazão, (MPS), temperatura e sílica reativa (SiO_2) na calha fluvial inferior da bacia do Rio Paraíba do Sul (RPS), no período 2017 a 2019? Existe correlação negativa e estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre a vazão e os demais nutrientes (COD, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) e parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, alcalinidade total e oxigênio dissolvido) na calha fluvial inferior da bacia do Rio Paraíba do Sul (RPS), no período 2017 a 2019?

METODOLOGIA

O Rio Paraíba do Sul é formado pela confluência entre os rios Paraíba e Paraitinga, sua bacia hidrográfica é dividida em entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Seus 61.307 km² abrigam uma população de 9,6 milhões de habitantes, onde 992.539 estão na região do Baixo Paraíba. A região do Baixo Paraíba contém 20 municípios, com destaque para Campos dos Goytacazes, município com a maior população, onde sua principal atividade econômica é a agricultura, com forte presença da agroindústria sulcroalcooleira. Junto a massiva urbanização, estes são os principais fatores responsáveis

pela intensa antropização do Baixo Paraíba, onde apenas 18% das águas residuais recebem tratamento (CEIVAP, 2020).

Os dados referentes a este trabalho foram coletados no município de Campos de Goytacazes, na região central da cidade. As coletas de água foram realizadas de forma bimensal com um amostrador de metal acoplado com uma garrafa de vidro âmbar de 5 L, onde em três pontos pré-determinados foram mensurados os valores de vazão. A temperatura, condutividade elétrica e pH foram mensuradas em campo. Ainda, três alíquotas de água foram fixadas para determinação de oxigênio dissolvido pelo método Winkler, sugerido por Golterman et al., (1978).

A alcalinidade total foi medida utilizando titulador automático. As subamostras foram filtradas em membranas GF/F e estocadas em freezer para determinação de amônio (NH_4^+) e sílica (SiO_2), como indica Carmouze, (1994), com leitura es espectrofotométrica (Shimadzu-UV). O carbono orgânico dissolvido (COD) foi medido por oxidação catalítica em alta temperatura. O material particulado em suspensão (MPS) foi determinado por gravimetria após filtração (0,45 μm de poro). As determinações das concentrações de nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}) foram realizadas em cromatógrafo de íons (Metrhon 861).

A análise das associações dos os parâmetros físico-químicos e dos nutrientes com a vazão foi feita por meio da correlação de Spearman e os resultados foram apresentados numa matriz de correlação (Tabela 2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os esperados para as correlações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as variáveis temperatura, MPS e sílica (SiO_2), é que apresentem correlação positiva e estatisticamente significativa a vazão. Pois, de acordo com Queiroz *et al.*, (2017), Teixeira *et al.*, (2010) os maiores valores de vazão na região do Baixo Paraíba ocorrem durante o verão, estação mais quente do ano e com a maior taxa de precipitação pluviométrica. Este período favorece a maior entrada de MPS e silicatos no canal fluvial devido aos processos erosivos e a lixiviação das áreas marginais. Além disso o maior volume e o aumento da

velocidade do fluxo das águas durante as altas vazões, promovem a ressuspensão do sedimento de fundo, e assim contribui para aumentar a concentração de silicatos.

O esperado é que o pH, condutividade elétrica e os demais nutrientes (COD , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) apresentem correlação estatisticamente significativa ($p < 0,05$), mas negativa com a vazão. Uma possível explicação é que de acordo com os resultados observados por Figueiredo *et al.*, (2011), Pezinni *et al.*, (2012), durante os períodos secos as concentrações de nutrientes e os valores de condutividade tendem a serem elevados, enquanto os valores de pH tendem a se manter estáveis. Pois o maior volume de vazão favorece a diluição desses componentes, o que reduz os seus valores, mesmo com os menores valores de vazão registrados na região após os períodos de estiagem, ela ainda é capaz de promover a diluição desses componentes.

A Tabela 1, apresenta os resultados da correlação de Spearman entre os parâmetros, com as correlações estatisticamente significativas destacadas com arêscos. O foco desse trabalho foram as correlações estatisticamente significativas entre a vazão e a demais variáveis. Os parâmetros físico-químicos apresentaram correlações estatisticamente significativas e inversas a vazão foram pH, condutividade. Temperatura e MPS, e foram estatisticamente significativa e positivas. Dentre os nutrientes apenas o carbono orgânico dissolvido (COD) e nitrito (NO_2^-) apresentaram-se estatisticamente significativos a vazão.

Tabela 01: Matriz de Correlação com os resultados das Correlações de Spearman entre as variáveis

	Vazão	Temperatura	pH	Condut	OD	HCO ₃	MPS	Clorof	COD	NO ₂	NO ₃	NH ₄	PO ₄	Silica
Vazão	—													
Temp	0,555 ***	—												
pH	-0,330 **	-0,330 **	—											
Condut	-0,436 ***	-0,515 ***	0,181	—										
OD	0,092	0,025	0,283 *	-0,070	—									
HCO ₃	0,110	-0,127	-0,088	-0,027	-0,220	—								
MPS	0,659 ***	0,470 ***	-0,304 *	-0,416 ***	-0,068	0,006	—							
Clorof	-0,264 *	-0,287 *	0,417 ***	0,154	-0,160	0,155	-0,282 *	—						
COD	0,471 ***	0,322 **	-0,228	-0,313 **	0,270 *	0,090	0,122	-0,191	—					
NO ₂	-0,291 *	-0,313 *	0,128	0,208	0,184	-0,195	-0,167	0,049	-0,260 *	—				
NO ₃	-0,141	-0,255 *	0,070	0,370 **	-0,352 **	0,107	-0,144	0,176	-0,308 *	0,036	—			
NH ₄	-0,030	0,030	0,018	-0,241 *	0,347 **	-0,086	-0,226	-0,058	0,397 ***	0,007	-0,346 **	—		
PO ₄	-0,115	-0,022	0,147	0,088	0,109	-0,160	-0,310 *	0,187	-0,081	0,199	-0,077	0,280 *	—	
Silica	0,081	0,124	-0,008	-0,146	0,295 *	0,011	-0,135	0,115	0,296 *	-0,019	-0,060	0,360 **	0,129	—

Nota: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Os parâmetros físico-químicos analisados e estatisticamente significativos a vazão

foram: MPS, temperatura, pH e condutividade elétrica. A Figura 1 mostra a variação sazonal entre as variáveis vazão e MPS, que a correlação é positiva ($\rho = 0.659$, $p\text{-value} = <.001$). Na Figura 1 é possível observar como a variável MPS variou em função da vazão, com os seus picos acompanhando os picos de vazão. Isto pode ser explicado pelo comportamento da vazão durante os períodos de cheias, em que ocorrem as maiores taxas de precipitação. O maior fluxo de água promove a erosão e lixiviação das margens (ANDRIETTI et al., 2016) e a ressuspensão do sedimento de fundo, principalmente de partículas mais finas como silte e argila, o que disponibiliza uma maior concentração de partículas na coluna d'água (CIESLA et al., 2020).

A temperatura também apresentou correlação positiva a vazão ($\rho = 0.555$, $p\text{-value} = <.001$). Comportamento esse que pode ser explicado em razão das variações sazonais da bacia. O período chuvoso ocorre de dezembro a março, este é caracterizado por fortes chuvas e temperaturas elevadas (COHIDRO, 2014), o que explica as maiores temperaturas durante o verão e também a presença de correlação positiva entre vazão e temperatura. Altiores como, Ovalle et al., (2013), Queiroz et al., (2017) e Teixeira et al., (2010), em estudos na bacia do RPS também encontram relação entre vazão e temperatura.

Ao contrário do MPS e da temperatura, a condutividade apresentou correlação inversa a vazão ($\rho = -0.436$, $p\text{-value} = <.001$). Os valores de condutividade expressam a concentração de íons dissolvido na água na coluna d'água (DE ARAÚJO et al., 2007). Segundo Pezinni et al., (2012), a maior entrada de águas pluviais durante o período chuvoso promove diluição dos íons presentes na água. Este comportamento é um dos fatores responsáveis pela redução da condutividade elétrica durante a alta vazão, portanto resulta na correlação inversa entre as variáveis. Valores elevados de condutividade elétrica durante período de alta vazão podem indicar a presença de contaminantes e influência de águas subterrâneas, caracterizadas pela presença de íons (SHAHLI et al., 2018).

Assim como a condutividade elétrica, o pH também apresentou correlação inversa a vazão ($\rho = -0.330$, $p\text{-value} = 0.006$). A variação sazonal da vazão afetou os valores de pH, porém este apresentou comportamento oposto a vazão, ou seja, durante as maiores vazões os valores de pH são menores. Os maiores fluxos de vazão favorecem a erosão das margens e por consequência de lixiviação de matéria orgânica para o rio. Segundo Esteves



(2011), em águas dulcícolas, baixos valores de pH estão relacionados ao aumento na concentração de ácidos orgânicos. Um comportamento semelhante também é encontrado por Hao et al., (2016), em seu trabalho no Rio Luan, onde os menores valores de pH também ocorrem durante as altas vazões.

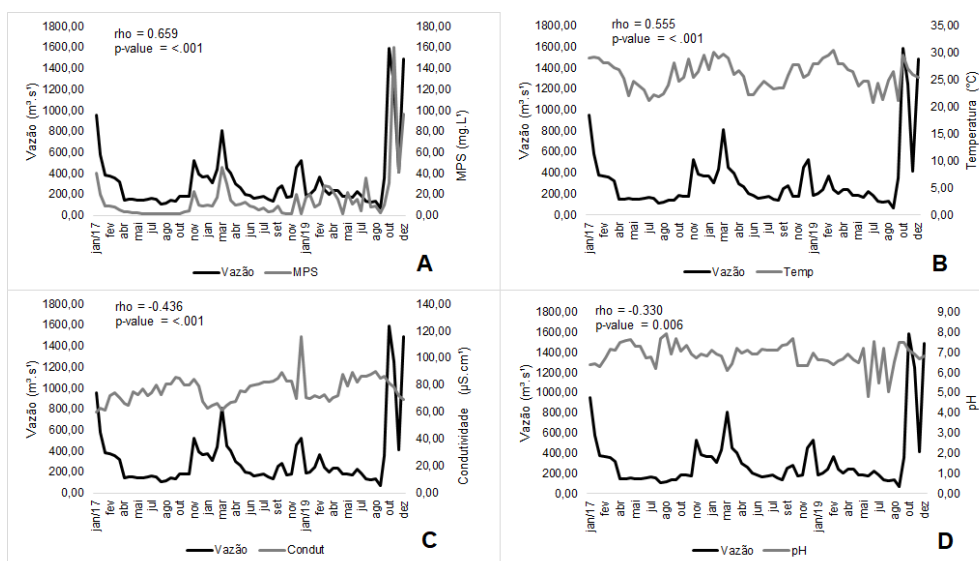


Figura 01: Correlações estatisticamente significativas entre a vazão e os parâmetros físico químicos.

Dentre os nutrientes apenas dois foram estatisticamente significativos a vazão, são eles COD e NO_2^- . O COD apresentou correlação positiva com a vazão ($\rho = 0.471$, $p\text{-value} = < .001$) como mostra a figura 2 A. Onde foi possível observar que os picos de COD acompanham os picos de vazão, o mesmo comportamento foi observado na Figura 1 A, na correlação entre vazão e MPS. Em períodos de maiores vazões, valores expressivos de COD vem origem alóctone, fator que proporciona o aumento das concentrações de COD durante as cheias (VIONE; SCOZZARO, 2019). A agropecuária é a principal atividade econômica da região do Baixo Paraíba, com destaque para cultivo da cana-de-açúcar. Neste tipo de cultivo é comum uso de fertilizante feitos com insumos de cana, pois são ricos em açúcares e nitrogênio. Com as chuvas esses compostos são lixiviados até o rio, aumentando a concentração de COD (FIGUEIREDO *et al.*, 2011).

O nitrito apresentou correlação inversa a vazão ($\rho = -0.291$, $p\text{-value} = 0.021$). O nitrito é uma das principais formas de nitrogênio requerida pelos produtores primários, o que justifica suas baixas concentrações no ambiente aquáticos e seu comportamento inverso a vazão (ESTEVES, 2011). Na porção inferior do RPS, a agricultura é uma fonte significativa de nitrogênio devido ao uso de fertilizantes nitrogenados, principalmente durante os períodos de baixa vazão (FIGUEIREDO *et al.*, 2011). Em seus trabalhos Ahearn *et al.*, (2005), Figueiredo *et al.*, (2020), encontram comportamento parecido em relação a vazão e concentração de compostos nitrogenados. De acordo com Gikas, (2017) concentrações elevadas de nitrito, também são indicadores de entrada de esgotos domésticos.

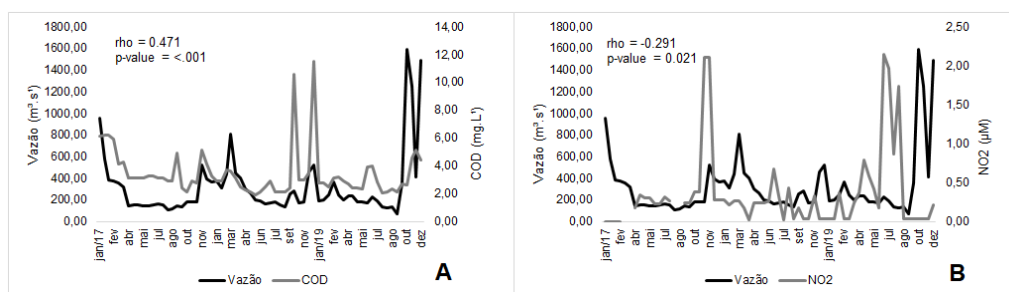


Figura 02: Correlações estatisticamente significativas entre a vazão e nutrientes.

Neste contexto, é possível afirmar que existe associação estatisticamente significativas entre a vazão e a maioria dos parâmetros analisados. Em que mesmo após a pior estiagem em 85 anos (BRITTO *et al.*, 2016), a vazão tem efeito controlador na dinâmica de nutrientes na região do Baixo Paraíba, onde as variações ocorrem de forma sazonal. Para NEIFF, 1996 a vazão é agente renovador para os rios, em que promove mudanças a nível físico, químico e biológicos. Onde a recarga de suas águas é feita principalmente pelas chuvas, que abastecem a nível superficial e também os lençóis freáticos (OVALLE *et al.*, 2010). Em períodos de estiagem, as concentrações de nutrientes e de outros componentes físico-químicos pode apresentar comportamento diferentes, quando comparados a períodos com chuvas dentro da média.

A ocorrência de períodos com precipitação abaixo da média na bacia do Rio Paraíba é notificada por autores como Andrade *et al.*, (2018), Costa *et al.*, (2018), Marengo *et al.*, (2005). Ovalle *et al.*, (2013), também relata a ocorrência de precipitações abaixo da média

entre os anos de 1998 a 2002 como resultado de fenômenos climáticos. Essas alterações na taxa de precipitação afetam diretamente o volume de vazão, o que também pode afetar a dinâmica de nutrientes e dos parâmetros físico-químicos. Como observa os trabalhos de Figueiredo *et al.*, (2011), Ovalle *et al.*, (2013), Pezinni *et al.*, (2012), na região do Baixo Paraíba, as mudanças no parâmetros físico-químicos nas águas da região não são influenciadas apenas pela sazonalidade, mas também por processos internos do canal fluvial. Por se tratar de uma bacia de drenagem devemos levar em conta os seus processos internos.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho mostram que existiu associação entre a vazão e os demais nutrientes na região do Baixo Paraíba nos anos de 2017 a 2019. Em algumas dessas associações com a vazão, como MPS e COD, foi possível observar que seus picos de concentração acompanham a vazão, mesmo após a intensa estiagem pela qual a região passou. Assim, é possível sugerir que a vazão exerceu papel chave no controle da dinâmica de nutrientes da Região do Baixo Paraíba e que os parâmetros apresentam variação sazonal. As associações fracas entre a vazão e alguns parâmetros podem ser explicadas pelos processos internos do canal fluvial, que também apresentam sua contribuição no controle da dinâmica de nutrientes. Contudo, para melhor compreensão do controle da dinâmica de nutrientes será necessário um estudo longitudinal que compare os dois períodos para identificar as principais mudanças e verificar quais fatores exercem maior influência sobre o controle da dinâmica de nutrientes na região do Baixo Paraíba.

REFERÊNCIAS

- AHEARN, Dylan S *et al.* Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology*, v. 313, n. 3, p. 234–247, 2005. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169405001368>>.
- ANA. *Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico : Rede Hidrometeorológica Nacional*. Disponível em:
<https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/8014bf6e92144a9b871bb4136390f732_0/about>.
- Acesso em: 20 jul. 2021.

- ANDRADE, Marcel Pereira De; RIBEIRO, Celso Bandeira de Melo. Análise de tendências no comportamento da chuva na bacia do rio Paraíba do Sul . p. 1–9, 2018.
- ANDRIETTI, Grasiene *et al.* Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT . *Revista Ambiente & Água* . [S.l.]: scielo . , 2016
- ARAÚJO, Ronaldo S *et al.* Water resource management: A comparative evaluation of Brazil, Rio de Janeiro, the European Union, and Portugal. *Science of The Total Environment*, v. 511, p. 815–828, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969714016994>>.
- BERNER, Elizabeth Kay; BERNER, A. Robert. *Global Environment - Water, Air, and Geochemical Cycles*. New York: [s.n.], 1996.
- BRITTO, Ana Lucia *et al.* Water supply and hydrosocial scarcity in the Rio de Janeiro Metropolitan Area. *Ambiente & Sociedade*, v. 19, n. 1, p. 183–206, mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2016000100011&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 31 ago. 2020.
- BROOKS, Bryan W *et al.* Are harmful algal blooms becoming the greatest inland water quality threat to public health and aquatic ecosystems? *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 35, n. 1, p. 6–13, 1 jan. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/etc.3220>>.
- CEIVAP. *RELATÓRIO DE SITUAÇÃO Bacia do Paraíba do Sul* . [S.l.: s.n.], 2020.
- CIEŚLA, Maksymilian; BARTOSZEK, Lilianna; GRUCA-ROKOSZ, Renata. Characteristics and origin of suspended matter in a small reservoir in Poland. *Ecohydrology & Hydrobiology*, v. 20, n. 1, p. 73–82, 2020. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1642359319300023>>.
- COHIDRO. *Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e . .* Rio de Janeiro: [s.n.], 2014.
- COSTA, Da *et al.* *ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL COM ENFOQUE NOS ANOS DE 2014 A 2017* . Juíz de Fora: [s.n.], 2018.
- DE ARAÚJO, Lígia Maria N *et al.* Estudo dos principais parâmetros indicadores da qualidade da água na bacia do rio Paraíba do Sul. 2007.
- DETTINGER, Michael; UDALL, Bradley; GEORGAKAKOS, Aris. Western water and climate change. *Ecological Applications*, v. 25, n. 8, p. 2069–2093, 1 dez. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1890/15-0938.1>>.
- ESTEVES, Francisco de Assis. *Fundamentos de Limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011.
- FIGUEIREDO, Ricardo de O; CAK, Anthony; MARKEWITZ, Daniel. *Agricultural Impacts on Hydrobiogeochemical Cycling in the Amazon: Is There Any Solution? Water* . [S.l.: s.n.], , 2020
- FIGUEIREDO, Ricardo de Oliveira *et al.* Carbon and Nitrogen in the Lower Basin of the Paraíba do Sul River, Southeastern Brazil: Element Fluxes and biogeochemical processes. *Revista Ambiente e Água*, v. 9, n. 3, p. 445–458, 2011.
- GIKAS, Georgios D. Water quantity and hydrochemical quality monitoring of Laspas River, North Greece. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, v. 52, n. 14, p. 1312–1321, 6 dez. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10934529.2017.1357408>>.
- GOLTERMAN, H L; CLYMO, R S; OHNSTAD, M A M. IBP Handbook no. 8. 1978.
- HAO, Shaonan *et al.* Trends and variations of pH and hardness in a typical semi-arid river in a monsoon climate region during 1985–2009. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 18, p. 17953–17968, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-016-6981-x>>.
- JIN, Jian *et al.* Water quality monitoring at a virtual watershed monitoring station using a modified deep extreme learning machine. *Hydrological Sciences Journal*, v. 65, n. 3, p. 415–426, 17 fev. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1699245>>.
- KUWAYAMA, Yusuke *et al.* Trends in nutrient-related pollution as a source of potential water



quality damages: A case study of Texas, USA. *Science of The Total Environment*, v. 724, p. 137962, 2020. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720314753>>.

MARENGO, José A.; ALVES, Lincoln Muniz. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 20, n. 2, p. 215–226, 2005.

MOHD SHAHLI, Fitriyah; RAHMAT, Siti Nazahiyah; MOHD SALLEH, Siti Nor Aishah. Hydrochemical analysis and evaluation of heavy metals in groundwater: A case study. *MATEC Web Conf.*, v. 250, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1051/mateconf/201825006009>>.

NEIFF, J.J. Large rivers of South America: toward the new approach. *SIL Proceedings, 1922-2010*, v. 26, n. 1, p. 167–180, 1 dez. 1996. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1080/03680770.1995.11900701>>.

OVALLE, A R C *et al.* Long-term trends in hydrochemistry in the Paraíba do Sul River, southeastern Brazil. *Journal of hydrology*, v. 481, p. 191–203, 2013.

OVALLE, Álvaro Ramon C.; ARAGON, Glauca Torres. *Dinâmica da Terra*. [S.l.: s.n.], 2010.

PEZINNI, Junior A; OVALLE, A R C. CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO E DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM UMA ÁREA DE DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS NO RIO PARAÍBA DO SUL (RJ): SUA SIMILARIDADE COM A DINÂMICA DAS ZONAS HIPORRÉICAS. *Geochimica Brasiliensis*, v. 23, n. 2 SE-Articles, 10 fev. 2012. Disponível em: <<https://geobrasiliensis.emnuvens.com.br/geobrasiliensis/article/view/310>>.

PNUD. *Objetivo 6: Água limpa e saneamento | PNUD Brasil*. Disponível em:

<<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>>. Acesso em: 21 jul. 2021.

QUEIROZ, Lucas Gonçalves; SILVA, Flávio Teixeira Da; PAIVA, Teresa Cristina Brazil De. *Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil*. *Revista Ambiente & Água*. [S.l.]: scielo . , 2017

SANTOS, Eliane Barbosa *et al.* Spatio-temporal variability of wet and drought events in the Paraná River basin—Brazil and its association with the El Niño—Southern oscillation phenomenon. *International Journal of Climatology*, v. n/a, n. n/a, 19 mar. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/joc.7104>>.

TEIXEIRA, J. *et al.* Hydrochemical seasonality and transportation of material dissolved in the delta of the Paraíba do Sul river basin, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil, between (2008-2009). *Boletim do Observatorio Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 4, n. 2, p. 205–218, 2010.

TEIXEIRA, Jayme *et al.* Hydrochemical seasonality and transportation of material dissolved in the delta of the Paraíba do Sul river basin, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. Between (2008 - 2009). *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 4, n. 2, p. 205–218, 2010.

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 7–16, 2008. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200002&lng=pt&tln=pt>.

VIONE, Davide; SCOZZARO, Andrea. Photochemistry of Surface Fresh Waters in the Framework of Climate Change. *Environmental Science & Technology*, v. 53, n. 14, p. 7945–7963, 16 jul. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00968>>.

Wang, Y. (Ed.). (2020). *Fresh Water and Watershed* (2nd ed.). CRC Press.

<https://doi.org/10.1201/9780429440984>

WHEATER, Howard S; GOBER, Patricia. Water security and the science agenda. *Water Resources Research*, v. 51, n. 7, p. 5406–5424, 1 jul. 2015. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1002/2015WR016892>>.

WILBY, Robert L. A global hydrology research agenda fit for the 2030s. *Hydrology Research*, v. 50, n. 6, p. 1464–1480, 25 out. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/nh.2019.100>>.