

QUALIDADE SAZONAL DA ÁGUA DO RIO PARAÍBA APÓS O LANÇAMENTO DE EFLUENTES TRATADOS

Libiane Marinho Bernardino¹, Patrícia da Silva Costa², Renner Luciano de Souza Ferraz³

RESUMO: O aumento populacional está associado à poluição dos recursos hídricos, o que justifica o tratamento de efluentes. Objetivou-se avaliar a qualidade sazonal da água do Rio Paraíba após o lançamento de efluentes tratados em Campina Grande, PB. Entre os meses de janeiro e dezembro de 2019 foram coletados dados das variáveis meteorológicas e amostras de água do Rio Paraíba para determinação de indicadores físico-químicos e bacteriológicos. Verificou-se que ocorrem variações sazonais na qualidade da água do Rio Paraíba, com aumento de indicadores físico-químicos nos meses de setembro e dezembro e do indicador bacteriológico nos meses março, abril, maio e junho. As variações sazonais também influenciaram na classificação do rio, que conforme o uso preponderante da água variou entre as classes 2 e 3, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, tratamento de efluentes, indicadores físico-químicos

SEASONAL QUALITY OF RIO PARAÍBA WATER AFTER THE RELEASE OF TREATED EFFLUENTS IN CAMPINA GRANDE, PB

ABSTRACT: The population increase is associated with the pollution of water resources, which justifies the treatment of effluents. The objective of this study was to evaluate the seasonal water quality of the Rio Paraíba after the discharge of treated effluents in Campina Grande, PB. Between January and December 2019, data on meteorological variables and water samples from the Rio Paraíba were collected to determine physicochemical and bacteriological indicators. It was verified that seasonal variations occur in the water quality of the Rio Paraíba, with an increase in physical-chemical indicators in the months of September and December and in the bacteriological indicator in the months of March, April, May and June. The seasonal

¹ Mestranda em Gestão e Regulação em Recursos Hídricos, Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento, UFCG, CEP 58540-000, Sumé, PB. Fone (83) 3353-1854, e-mail: libiane@cagepa.pb.gov.br

² Doutoranda em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

³ Prof. Doutor em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento, UFCG, Sumé, PB

variations also influenced the classification of the river, which according to the predominant use of the water varied between classes 2 and 3, according to the CONAMA Resolution 357/2005.

KEYWORDS: Water resources, effluent treatment, physicochemical indicators

INTRODUÇÃO

A população humana estimada para 2050 é de 9,7 bilhões de habitantes, dos quais 60% vivem em áreas urbanas e geram demanda por água, energia e alimentos, o que aumenta a pressão sobre os recursos hídricos e provoca poluição e escassez de água e tem incentivado o reuso de águas pluviais e de outras fontes de baixa qualidade para atender demandas de diversos segmentos, como agricultura, indústria e lazer (FENG et al., 2022; TUNDISI et al., 2023).

O cenário supracitado evidencia a necessidade de tratamento de efluentes para redução dos valores de variáveis físico-químicas e microbiológicas até os limites permitidos para fins diversos (LAW et al., 2022; LI et al., 2022; OTHMANI et al., 2022). Dentre as finalidades potenciais de uso de efluentes tratados, destaca-se a irrigação, prática que já é adotada em muito países, como a Grécia (PROCHASKA & ZOUBOULIS, 2022), o Chile (RODRÍGUEZ et al., 2022) e o Brasil (MARANGON et al., 2020; ALVES et al., 2021; LEONEL & TONETTI, 2021).

Após o tratamento dos efluentes, a água residuária gerada pode ser reutilizada ou liberada para os corpos hídricos, motivo pelo qual faz-se necessário o monitoramento de indicadores físico-químicos e microbiológicos para garantir a qualidade e evitar contaminação, pois, é possível que ao longo do tempo ocorra acúmulo de contaminantes no solo (MA et al., 2022). Assim, objetivou-se avaliar a qualidade sazonal da água do Rio Paraíba à jusante do lançamento de efluentes tratados em Campina Grande, PB.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada entre os meses de janeiro e dezembro de 2019, na Estação de Tratamento de Esgoto – ETE localizada no bairro da Catingueira em Campina Grande, PB, nas coordenadas 7°16'51.8" de latitude Sul (S) e 35°55'39.7" de longitude Oeste (W) (Figura 1).

Entre os dias 16 e 27 de cada mês, foram coletadas amostras de água a montante do Riacho de Bodocongó, afluente do Rio Paraíba, as quais foram encaminhadas ao Laboratório de Análise e Monitoramento de Efluentes da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba –

LAMEC/CAGEPA para determinação de variáveis físico-químicas e bacteriológicas, a saber: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE, em $\mu\text{S cm}^{-1}$), demanda bioquímica de oxigênio (DBO, em mg L^{-1}), sólidos totais (ST, em mg L^{-1}), totais fixos (TF, em mg L^{-1}), totais voláteis (TV, em mg L^{-1}) e coliformes termotolerantes (CTT, em NMP de coliformes/100 mL). Concomitante, na estação meteorológica convencional localizada em Campina Grande, PB nas coordenadas $7^{\circ}13'32.000''$ S e $35^{\circ}54'17.000''$ W, foram coletados dados das variáveis meteorológicas, a saber: evaporação de Piche (EVP, em mm), insolação total (INT, em horas), precipitação total (PRE, em mm), temperatura média do ar (TMA, em $^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa média do ar (URA, em %).

Os dados obtidos foram padronizados para distribuição normal, com média zero e variância unitária, em que $Z \sim N(\mu = 0 \text{ e } s^2 = 1)$. Posteriormente, foi realizada análise de componentes principais (ACP), considerando-se componentes principais (CPs) com autovalores maiores ou iguais a um ($\lambda \geq 1$) relevantes para explicar as variações sazonais da qualidade dos efluentes (HAIR JR. et al., 2009). Os resultados mensais dos indicadores físico-químicos e bacteriológicos foram classificados com base nos valores máximos permitidos (VMP) preconizados na resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005a).



Fonte: Jornal da Paraíba, 2017.

Figura 1. ETE Catingueira – Caiçara, Campina Grande.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espaço multidimensional de 12 variáveis originais foi reduzido em quatro componentes principais (CP₁, CP₂, CP₃ e CP₄), os quais explicam 81,64% da variância (s²) dos indicadores físico-químicos e bacteriológicos das águas influenciadas pelos efluentes tratados. O CP₁ (37,17% da s²) foi formado pela combinação linear dos totais voláteis (TV) e variáveis meteorológicas (EVP, INT, PRE, TMA e URA); o CP₂ (24,57% da s²) foi a combinação dos indicadores físico-químicos (CE, DBO, ST e TF); o CP₃ (10,14% da s²) combinou os indicadores físico-químicos (pH e DBO); e o CP₄ (9,77% da s²) combinou os indicadores físico-químicos (CE e TV) com o bacteriológico (CTT) (Tabela 1).

Tabela 1. Correlação entre variáveis originais e componentes principais, autovalores e variância explicada.

Variáveis originais dos efluentes	Coeficientes de correlação de Pearson (r)			
	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄
pH – Potencial hidrogeniônico	-0,20	0,21	-0,60*	0,25
CE – Condutividade elétrica	-0,29	-0,81*	0,15	0,45*
DBO – Demanda bioquímica de oxigênio	-0,22	-0,59*	0,67*	0,15
ST – Sólidos totais	0,34	-0,85*	-0,30	0,13
TF – Totais fixos	0,01	-0,91*	-0,32	-0,12
TV – Totais voláteis	0,61*	0,29	0,10	0,48*
CTT – Coliformes termotolerantes	0,36	-0,29	0,04	-0,76*
EVP – Evaporação de Piche	-0,90*	0,38	0,14	0,01
INT – Insolação total	-0,90*	0,05	-0,02	-0,04
PRE – Precipitação total	0,93*	0,15	-0,19	0,13
TMA – Temperatura média do ar	-0,65*	-0,14	-0,18	-0,14
URA – Umidade relativa média do ar	0,88*	0,06	0,31	-0,11
λ – Autovalores maiores que 1	4,46	2,95	1,22	1,17
s ² – Variância amostral explicada (%)	37,17	24,57	10,14	9,77

*: variáveis com coeficiente de correlação $r \geq 0,45$ consideradas para interpretação dos componentes principais

Na Figura 2, observa-se as variações sazonais dos indicadores de qualidade da água do Rio Paraíba à jusante do lançamento de efluentes tratados em Campina Grande, PB, Brasil. Verificou-se que, no CP₁, durante os meses de janeiro, outubro, novembro e dezembro, o aumento da insolação total provocou elevação da temperatura do ar e maior evaporação, o que refletiu em redução da umidade relativa do ar, precipitação e totais voláteis. Já nos meses de junho, julho e agosto, a insolação, temperatura e evaporação diminuem e ocorre maior precipitação, aumento da umidade relativa do ar e dos totais voláteis.

No CP₂, constatou-se que durante os meses de setembro e dezembro ocorreu aumento dos sólidos totais e totais fixos o que induziu maior condutividade elétrica da água e consequente aumento da demanda bioquímica de oxigênio. No CP₃, foi verificado que durante o mês de dezembro o aumento do potencial hidrogeniônico provocou redução da demanda bioquímica de oxigênio. Já no CP₄, durante os meses de março, abril, maio e junho, ocorreu redução dos totais voláteis e da condutividade elétrica da água, o que provocou aumento de coliformes

termotolerantes, e alterou a qualidade da água para classe 3, segundo os padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/2005 para os usos preponderantes.

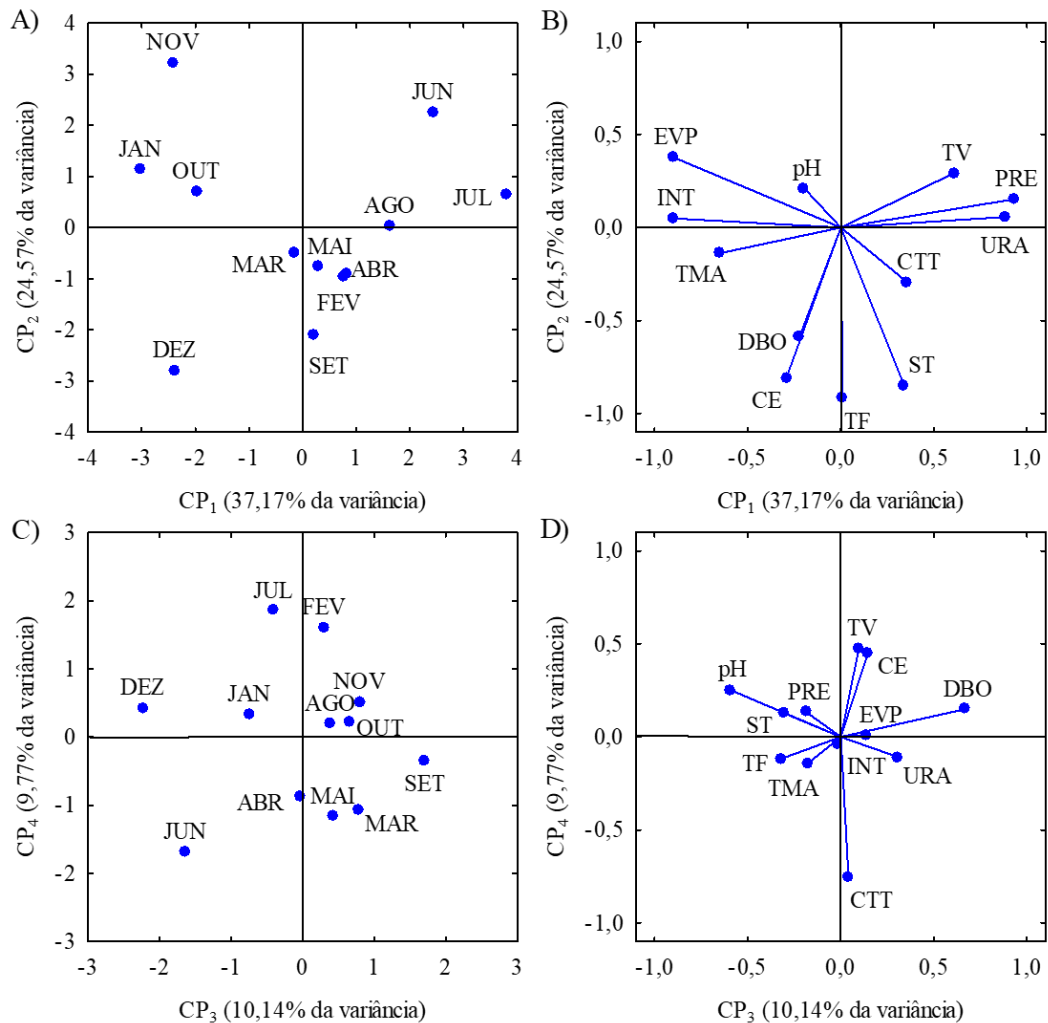


Figura 2. Projeção bidimensional das coordenadas dos meses (A e C) e coeficientes de correlação (B e D) das variáveis originais nos quatro primeiros componentes principais (CP₁, CP₂, CP₃ e CP₄).

De acordo com a resolução CONAMA 430/2011, os efluentes tratados pela CAGEPA estão dentro dos padrões exigidos (BRASIL, 2005b). A classificação da água do Rio após o lançamento dos efluentes tratados está relacionada aos pontos e dias de coletas, além do uso preponderante da água, que variou entre as classes 2 e 3, seguindo a classificação estabelecida pelo CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005a).

CONCLUSÕES

Ocorrem variações sazonais na qualidade da água do Rio Paraíba após o lançamento de efluentes tratados em Campina Grande, PB, com aumento de indicadores físico-químicos nos

meses de setembro e dezembro e do indicador bacteriológico nos meses março, abril, maio e junho.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. S.; SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L. C.; PEREIRA, E. L. Performance evaluation and coefficients of reliability for waste stabilization ponds in northeast Brazil. **Revista Ambiente e Água**, v. 16, p. e2571, 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, 2005a. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 19 out. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430**, 2005b. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>. Acesso em: 19 out. 2021.

FENG, W.; LIU, Y.; GAO, L. Stormwater treatment for reuse: Current practice and future development – A review. **Journal of Environmental Management**, v. 301, p. e113830, 2022.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

LAW, X. N., CHEAH, W. Y.; CHEW, K. H.; IBRAHIM, M. F.; PARK, Y. K.; HO, S. H.; SHOW, P. L. Microalgal-based biochar in wastewater remediation: Its synthesis, characterization and applications. **Environmental Research**, v. 204, 2022.

LEONEL, L. P.; TONETTI, A. L. Wastewater reuse for crop irrigation: Crop yield, soil and human health implications based on giardiasis epidemiology. **Science of The Total Environment**, v. 775, p. e145833, 2021.

LI, M.; SONG, G.; LIU, R.; HUANG, X.; LIU, H. Inativação e controle de risco de microrganismos patogênicos no tratamento de lodo municipal: Uma revisão. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, v. 16, 2022.

MA, J.; RENE, E. R.; CHEN, Z.; MA, W. Fate of PAHs in treated wastewater reused as irrigation water: Environmental risks in water-soil-ryegrass multimedia system. **Journal of Hazardous Materials**, v. 424, p. e127500, 2022.

MARANGON, B. B.; SILVA, T. A.; CALIJURI, M. L.; ALVES, S. C.; SANTOS, V. J.; OLIVEIRA, A. P. S. Reuse of treated municipal wastewater in productive activities in Brazil's semi-arid regions. **Journal of Water Process Engineering**, v. 37, p. e101483, 2020.

OTHMANI, A.; MAGDOULI, S.; KUMAR, P. S.; KAPOOR, A.; CHELLAM, P. V.; GÖKKUŞ, Ö. Agricultural waste materials for adsorptive removal of phenols, chromium (VI) and cadmium (II) from wastewater: A review. **Environmental Research**, v. 204, p. e111916, 2022.

PROCHASKA, C.; ZOUBOULIS, A. Wastewater reuse for agricultural irrigation in Greece: Review of guidelines under the prism of the latest European Union's policy developments. In: STEFANAKIS, A.; NIKOLAOU, I. (Eds.). **Circular Economy and Sustainability**, p. 49-62, 2022.

RODRÍGUEZ, C.; CARRASCO, F.; SÁNCHEZ, R.; REBOLLEDO, N.; SCHNEIDER, N.; SERRANO, J.; LEIVA, E. Performance and treatment assessment of a pilot-scale decentralized greywater reuse system in rural schools of north-central Chile. **Ecological Engineering**, v. 174, p. e106460, 2022.

TUNDISI, J. G.; WENDLAND, E. C.; MENDIONDO, E. M. Urban Waters. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e250000, 2023.