

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TRECHO DO RIO APODI-MOSSORÓ: EFEITOS DAS AÇÕES ANTRÓPICAS E SAZONALIDADE

João Luiz Lima¹, Eulene Francisco da Silva², Ramona Rodrigues Amaro de Oliveira³, Francisco Éder Rodrigues de Oliveira⁴, Lyandra Maria de Oliveira⁵, Rafael Oliveira Batista⁶,

RESUMO: As alterações climáticas, crescimento populacional e ações antrópicas tornam a região semiárida mais suscetível aos problemas de escassez hídrica. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar as mudanças na qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró pela sazonalidade e ações antrópicas. A amostragem aconteceu em seis pontos do rio no município de Governador Dix-Sept Rosado/RN, nos períodos seco e chuvoso. Foram analisados os atributos OD, temperatura, coliformes termotolerantes, pH, DBO_{5,20}, N, P, turbidez e resíduo total, para estimar e classificar o IQA-/ANA-CETESB. A maioria dos pontos de coleta tiveram classificação boa em ambos os períodos, exceto em P6S, P1C, P2C e P6C onde a classificação foi média pela ANA. Conclui-se que a antropização impactou, diretamente, a qualidade da água nesse trecho do rio, bem como a sazonalidade.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido. Ação antrópica. Indicadores.

WATER QUALITY MONITORING IN A STRETCH OF THE APODI-MOSSORO RIVER: EFFECTS OF HUMAN ACTIONS AND SEASONALITY

ABSTRACT: Climate changes, population growth and anthropogenic actions make the semi-arid region more susceptible to water scarcity problems. The purpose of this study was to evaluate changes in the water quality of the Apodi-Mossoró River due to seasonality and anthropogenic actions. The samples were taken at six points along the river in of Governador

¹ Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caixa Postal 137, CEP: 59625-900, Mossoró/RN, Fone: (88) 98130-3538, E-mail: joao.lima29937@alunos.ufersa.edu.br

² Professora do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN

³ Mestranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN

⁴ Doutorando em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN

⁵ Mestranda em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN

⁶ Professor do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN

Dix-Sept Rosado/RN city, during the dry and rainy periods. The attributes DO, temperature, thermotolerant coliforms, pH, BOD_{5.20}, N, P, turbidity and total solids were analyzed to estimate and classify the WQI-/ANA-CETESB. In both periods, most of the collection points had a good rating, except for P6D, P1R, P2R and P6R, where the ANA rating was moderate. Anthropization has directly impacted water quality in this stretch of the river, as well as seasonality.

KEYWORDS: Semiarid. Anthropic action. Indicators.

INTRODUÇÃO

As alterações climáticas e a escassez hídrica são fatores de interesse mundial. Assim, nas regiões áridas e semiáridas, as altas temperaturas e baixa precipitação pluvial, potencializam ainda mais esse problema. Além disso, com o crescimento populacional elevado, a previsão é que cada vez mais pessoas sejam afetadas, atingindo aproximadamente 2 bilhões de pessoas em todo o mundo (Dougahneh et al., 2023; World Water, 2023; Karimi et al., 2024; Wang et al., 2024).

Ações antrópicas tendem a alterar características importantes da água, tornando-a imprópria ao uso humano. Porém, a qualidade da água dos rios não depende apenas de ações antrópicas, mas também de fatores próprios, como hidrodinâmica e características principais, bem como as condições sazonais da região onde está inserido, como precipitação pluvial e temperatura do ar (Peng et al., 2024; Kang, Jo & Kim, 2025). No contexto da região semiárida, onde estudos sobre esse tema são escassos na literatura, se tornam imprescindíveis trabalhos que abordem a qualidade da água.

O índice de qualidade da água utiliza como parâmetro para cálculo indicadores químicos e físicos (Nong et al., 2020). Aborda também a parte microbiológica da água, através da quantificação da bactéria *Escherichia coli*, que é essencial para determinar se uma determinada água apresenta ou não riscos para saúde humana, pois sua presença é indício de contaminação fecal (Brasil, 2021). Doenças causadas por más condições sanitárias precárias causam cerca de 2 milhões de mortes por ano, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2019), o que torna o seu estudo um problema de saúde pública.

Nesse contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a qualidade da água do Rio Apodi-Mossoró no município de Governador Dix-Sept Rosado, visando entender se houve alterações causadas por sazonalidade e ações antrópicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, que ocupa 26,8% do território do estado do Rio Grande do Norte. O trecho escolhido engloba o município de Governador Dix-Sept Rosado, inserido no bioma caatinga. O clima é do tipo BSh, caracterizado como semiárido, com precipitação pluvial média anual em torno de 705 mm/ano, com períodos seco e chuvoso bem definidos (Dubreuil et al., 2018).

Foram selecionados seis pontos na zona rural e urbana do município, mediante visita técnica e utilizando como critério de escolha locais onde houve antropização, como extração de calcário e agropecuária às margens do referido corpo hídrico (Figura 1).

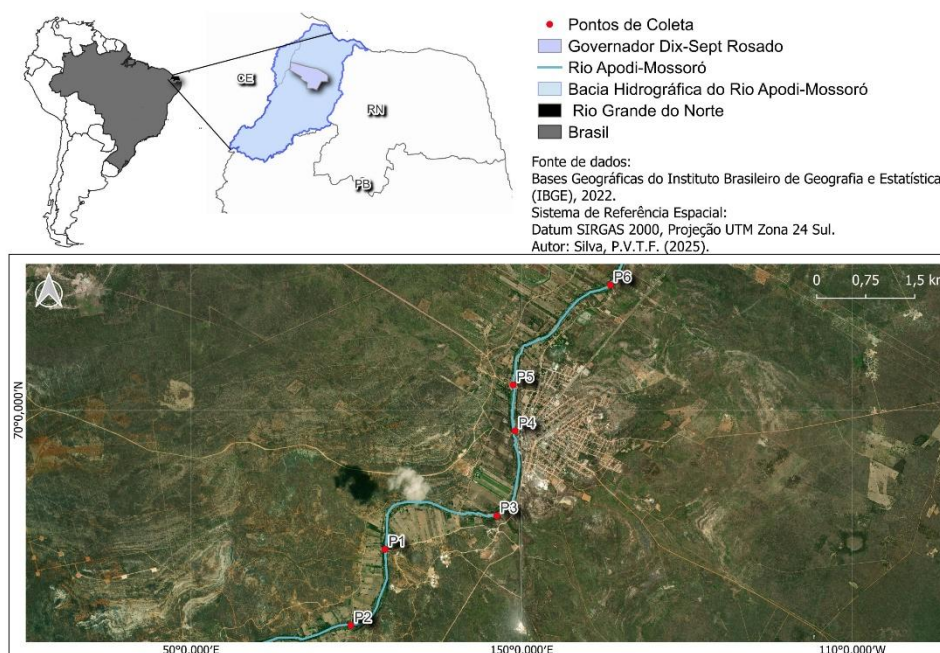


Figura 1. Mapa da área de estudo, destacando o trecho da Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró e os pontos localizados no município de Governador Dix-Sept Rosado.

A amostragem das águas foi realizada em dois períodos, seco (dezembro de 2023) e chuvoso (maio de 2024). Em cada período, foram coletadas seis amostras em garrafas de polietileno de 500 mL para as análises físico-químicas, seis em frascos de polietileno de 70 mL para as análises microbiológicas, e seis em garrafas de polietileno de 1 L para as análises de efluentes, obtendo-se 18 amostras por período, totalizando 36 amostras. Foram realizadas leituras *in loco*, como oxigênio dissolvido (OD) e temperatura da água. Posteriormente, as

amostras foram armazenadas em caixa térmica com objetivo de reduzir as reações bioquímicas, e transportadas ao Laboratório de Solo, Água e Planta (LASAPSA).

Foram realizadas análises da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}), pH, resíduo total, nitrogênio, fósforo e turbidez conforme Awwa (2022) e Eaton (1950) e de coliformes termotolerantes segundo Brasil (2018). Após as análises, estimou-se a DBO_{5,20} (eq. 1) (Awwa, 2022), e o Índice de Qualidade da Água (IQA) (eq. 2 e 3) (ANA, 2025; CETESB, 2022).

$$DBO_{5,20} = (OD \text{ inicial} - OD \text{ final}) / P \quad (1)$$

Em que,

DBO_{5,20} - demanda bioquímica de oxigênio;

OD inicial - leitura realizada no dia da coleta em campo;

OD final - leitura realizada após 5 dias de incubação a 20° C; e

P - fração volumétrica decimal da amostra (volume da amostra/volume do frasco).

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i w_i \quad (2)$$

$$\sum w_i = 1 \quad (3)$$

Em que,

IQA - índice de qualidade das águas, de 0 a 100;

q_i - qualidade do parâmetro, obtido através da curva média específica de qualidade;

w_i - peso atribuído a cada parâmetro utilizado na equação; (Tabela 1) e

n - número de parâmetros utilizados no cálculo do IQA.

Tabela 1. Peso dos atributos no cálculo do IQA da CETESB

Parâmetro	Peso (w)
Oxigênio dissolvido (OD)	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO _{5,20})	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Após o cálculo do IQA, os dados foram submetidos à classificação de acordo com os parâmetros da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), e National Sanitation Foundation (NSF) (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação do IQA de acordo com o CETESB (2022), ANA (2025) e NSF para o estado do Rio Grande do Norte

Classificação	Faixa de variação	
	CETESB (2022)	ANA (2025) /NSF
Ótima	91 < IQA ≤ 100	80 < IQA ≤ 100
Boa	71 < IQA ≤ 90	52 ≤ IQA < 80
Regular	51 < IQA ≤ 70	37 ≤ IQA < 52
Ruim	26 < IQA ≤ 50	20 ≤ IQA < 37
Péssima	0 < IQA ≤ 25	0 ≤ IQA < 20

Nota: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB); Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA); National Sanitation Foundation (NSF).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os valores dos nove parâmetros utilizados na estimativa do IQA. O oxigênio dissolvido (OD), que é o parâmetro de maior peso no cálculo do IQA (0,17) teve médias que variaram entre 5,49 e 5,29 mg L⁻¹ no período seco e chuvoso, respectivamente, ficando dentro do limite mínimo estabelecido pela resolução 357 do CONAMA (Brasil, 2005), que estabelece um valor mínimo de 5 mg L⁻¹.

Porém, quando se observa os pontos isoladamente, nota-se que três pontos no período seco e dois no período chuvoso ficaram abaixo desse valor mínimo, o que indica provável lançamento de materiais orgânicos sem tratamento naquele trecho, sendo necessária maior quantidade de oxigênio para decompô-los, reduzindo o teor de OD (Bouslah, Djemili & Houichi, 2017; Coffin et al., 2018).

A temperatura da água variou entre 27,4 °C e 32,8 °C, com os maiores valores sendo associados ao período chuvoso, com média de 31,3 °C, valor 8,6% maior que a média do período seco, que foi de 28,6 °C, informação que corrobora com o encontrado por Barros (2024). A temperatura é um parâmetro que pode ter alta variação sazonal e local, portanto o seu comportamento não pode ser tratado como via de regra. Fontes de poluição como escoamento agrícola e descarte indevido de efluentes industriais podem causar aumento repentino na temperatura da água de corpos hídricos, como afirmam Gradilla-Hernandéz et al., (2020), em estudo realizado no Lago Cajititlán, México.

Tabela 3. Parâmetros usados na avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) nos pontos estudados em trecho do Rio Apodi-Mossoró nos períodos seco e chuvoso

Parâmetros	OD	T	CT	pH	DBO _{5,20}	N	P	Turbidez	RT
Unidade	mg L ⁻¹	°C	NMP	-	mg L ⁻¹			NTU	mg L ⁻¹
Amostra					Seco				
P1	4,81	28,6	161	7,4	0,49	0,57	0,06	0,60	457,1
P2	3,38	27,4	<3,0	7,4	0,64	0,61	0,04	1,43	486,9
P3	6,85	28,9	430	7,4	0,13	0,59	0,04	0,58	521,6
P4	6,24	29,5	20	7,4	0,55	0,61	0,05	1,00	530,6
P5	7,51	29,4	92	7,4	0,50	1,18	0,03	0,83	525,8
P6	4,17	27,6	92	7,5	0,88	0,58	0,02	1,64	605,8
Amostra					Chuvoso				
P1	3,48	30,6	36	6,2	1,78	0,55	0,07	0,64	389,2
P2	3,85	30,5	20	5,6	1,37	0,53	0,04	2,01	369,2
P3	6,26	31,4	<3,0	6,9	2,59	0,59	0,03	0,54	405,0
P4	5,53	30,9	117	7,1	1,43	0,73	0,06	0,47	403,1
P5	7,03	32,8	150	6,7	0,85	0,64	0,17	0,69	445,3
P6	5,56	31,9	36	5,9	1,85	0,74	0,18	3,60	449,3

Nota: Oxigênio dissolvido (OD); Temperatura (T); CT (Coliformes termotolerantes); Potencial hidrogeniônico (pH); Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20}); Nitrogênio (N); Fósforo (P); Resíduo total (RT); Número mais provável (NMP); Unidade nefelométrica de turbidez (NTU).

A DBO_{5,20} variou entre 0,13 e 2,59 mg L⁻¹, com os maiores valores sendo encontrados no período chuvoso. Este parâmetro é essencial para determinar o nível de poluição de um determinado corpo hídrico, pois indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água. Quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior será o consumo de oxigênio para degradação, portanto há uma correlação negativa entre OD e DBO_{5,20}, quanto menor for a DBO_{5,20}, maior será o OD (Ferreira et al., 2017). O valor máximo recomendado pelo CONAMA é de 5 mg L⁻¹, portanto todas as amostras se enquadram no valor limítrofe e não apresentam riscos.

O IQA obteve uma ligeira variação quanto aos períodos avaliados, porém com valores um pouco maiores no período seco (Tabela 4). Neste, os valores de IQA foram mais constantes e variaram entre 69 (P9) e 79 (P4), e a maioria das amostras foram classificadas como boas, em ambas as classificações. Já no período chuvoso, o IQA teve uma variação maior, indo de 66 (P1) a 85 (P3), e, assim como no período seco, houve uma predominância de pontos classificados como bons, em ambas as classificações.

Tabela 4. Índice de Qualidade da Água (IQA) dos pontos estudados no Rio Apodi-Mossoró no período seco e chuvoso

Amostra	Classificação			Classificação		
	Seco			Chuvoso		
	IQA	ANA	CETESB	IQA	ANA	CETESB
P1	71	Bom	Bom	66	Médio	Bom
P2	72	Bom	Bom	67	Médio	Bom
P3	72	Bom	Bom	85	Bom	Ótimo
P4	79	Bom	Bom	75	Bom	Bom
P5	76	Bom	Bom	73	Bom	Bom
P6	69	Médio	Bom	69	Médio	Bom

Nota: Agência Nacional de Águas (ANA); Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Sendo o OD o parâmetro de maior peso no cálculo do IQA, pode-se indicar a este a responsabilidade pelos menores valores de IQA, como é o exemplo do P1C e P2C, que apresenta os menores IQA de todo o estudo (66 e 67), bem como baixos teores de OD (3,48 e 3,85 mg L⁻¹). Porém, há exceções, por ser um somatório, apesar do maior peso de um determinado parâmetro no cálculo, bons teores de outros parâmetros podem puxar o índice para cima.

Com critérios mais rígidos, observa-se que a classificação da ANA se difere em relação às demais, a exemplo do P6 em ambos os períodos, além dos pontos P1 e P2 no período chuvoso. Observa-se elevada variação entre os pontos amostrados e os diferentes períodos, devido ao uso de múltiplos parâmetros no cálculo, que são influenciados por distintos fatores e condições locais. Os resultados encontrados por Silva (2024) corroboram com os encontrados pelo estudo, diferente do encontrado por Landa et al. (2025), onde o IQA foi melhor no período chuvoso, porém com uma pequena variação entre ambos.

CONCLUSÕES

A ação antrópica mostrou efeito direto na qualidade da água do corpo hídrico. O ponto 6, pela maior antropização, foi o único a não ter boa classificação em ambos os períodos pela classificação da ANA. A sazonalidade influenciou os resultados, porém, devido à alta variabilidade e à quantidade de parâmetros, não houve diferença considerável no IQA entre os períodos analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **Índice de Qualidade das Águas (IQA)**, 2025. Acesso em 01 fev. 2025.

AWWA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 24th Edition. 24th editioned. Washington: American Water Works Association, 2022.

BARROS, B. T. S.; BAGGIO, H.; SANTOS, M. S.; TRAVASSOS, L.E.P.; CARVALHO, F. A. Avaliação da Qualidade da Água Superficial e Subterrânea na Bacia do Rio Peruaçu, Minas Gerais. **Caderno de Geografia**, v. 34, p. 581-610, 2024.

BOUSLAH, S.; DJEMILI, L.; HOUICHI, L. Water quality index assessment of Koudiat Medouar Reservoir, northeast Algeria using weighted arithmetic index method. **Journal of Water and Land Development**, v. 35, n. 1, p. 221, 2017.

BRASIL. Instrução Normativa GM/MAPA N° 30/2018. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 2005.

BRASIL. Portaria GM/MS n° 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS no 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os 47 procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 2021.

CETESB. **Apêndice D: Metodologia de Cálculo dos Índice de Qualidade das Águas**. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2023.

COFFIN, M. R.; COURTENAY, S. C.; PATER, C. C.; VAN DEN HEUVEL, M. R. An empirical model using dissolved oxygen as an indicator for eutrophication at a regional scale. **Marine Pollution Bulletin**, v. 133, p. 261-270, 2018.

DOUGAHEH, M. P.; ASHOFTEH, P. S.; LOÁICIGA, H. A. Urban stormwater management using low-impact development control measures considering climate change. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 154, n. 3, p. 1021-1033, 2023.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Confins*.

Revue Franco-Brésilienne de Géographie/Revista Franco-Brasileira de Geografia, v. 37, 2018.

EATON, F. M. Significance of carbonation in irrigation waters. **Soil Science**, v. 69, n. 2, p. 123–134, 1950.

FERREIRA, A. R. L.; SANCHES FERNANDES, L. F.; CORTES, R. M. V.; PACHECO, F. A. L. Assessing anthropogenic impacts on riverine ecosystems using nested partial least square regression. **Science of the Total Environment**, v. 583, p. 466–477, 2017.

GRADILLA-HERNÁNDEZ, M. S.; ANDA, J.; GARCIA-GONZALEZ, A.; MEZA-RODRÍGUEZ, D.; YEBRA MONTES, C.; PERFECTO-AVALOS, Y. Multivariate water quality analysis of Lake Cajititlán, Mexico. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 5, 2020.

KANG, Y.; JO, H. H.; KIM, S. Effects of UV degradation on building materials with emphasis on microplastic generation potential. **Journal of Hazardous Materials**, v. 483, p. 136521, 2025.

KARIMI, M.; TABIEE, M.; KARAMI, S.; KARIMI, V.; KARAMIDEHKORDI, E. Climate change and water scarcity impacts on sustainability in semi-arid areas: Lessons from the South of Iran. **Groundwater for Sustainable Development**, 24, 101075, 2024.

LANDA, G. G.; VALFRÉ, A. R.; SOUZA, S. S. Assessment of the Water Quality Index in the Sete de Setembro Stream Dam, in the City of Nanuque, State of Minas Gerais (MG), Brazil. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 3, p. e8814348508, 2025.

NONG, X.; SHAO, D.; ZHONG, H.; LIANG, J. Evaluation of water quality in the South-to-North Water Diversion Project of China using the water quality index (WQI) method. **Water Research**, v. 178, p. 115781, 2020.

PENG, S.; WU, P.; LU, Y.; CHEN, L.; WANG, Z.; LU, Y. Influence of river structure and hydrodynamics on water quality in the upper Taihu Basin, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 453, p. 142262, 2024.

SILVA, A. L. S. **Qualidade da água e capacidade de fitoextração de macrófitas no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró no município de Mossoró-RN**. 129 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2024.

WORLD WATER. **Water scarcity clock**. <https://worldwater.io/>, 2023. Acesso em 01 fev. 2025.

WANG, M.; BODIRSKY, B. L.; RIJNEVELD, R.; BEIER, F.; BAK, M. P.; BATOOL, M.; STROKAL, M. A triple increase in global river basins with water scarcity due to future pollution. **Nature Communications**, v. 15, n. 1, p. 880, 2024.

WHO/UNICEF. **Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000-2017: Special Focus on Inequalities**. New York, NY, USA: United Nations Children's Fund (UNICEF); World Health Organization (WHO), 2019.