

Avaliação Integrada da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu: Parâmetros Físico-Químicos, Ecotoxicológicos e Índice de Qualidade da Água

Rafael Barros Mothé¹; Allan dos Santos Argolo¹; Camila do Nascimento Gomes¹; Maria Eduarda Lisboa da Cruz¹; Victoria Guedes Nogueira¹; Gabriela Ferreira dos Santos Silva¹; Rosane Cristina de Andrade¹; Alena Torres Netto¹

✉ rafabmothe@gmail.com

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Maracanã, Rio de Janeiro – Brasil.

Histórico do Artigo: O autor detém os direitos autorais deste artigo.

Recebido em: Outubro de 2025

Aceito em: Novembro de 2025

Publicado em: Dezembro de 2025

Resumo: A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu (BHRG), localizada no Estado do Rio de Janeiro, é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 11 milhões de habitantes, sendo essencial para o abastecimento de água da Região. No entanto, a BHRG sofre sérios impactos ambientais devido à expansão urbana desordenada, ausência de saneamento básico adequado e descarte irregular de efluentes não tratados. Este estudo avalia a qualidade da água por meio do índice de qualidade de água (IQA) de amostras de água da BHRG. As coletas foram realizadas mensalmente em cinco pontos distintos da BHRG, entre janeiro e dezembro de 2023. Complementarmente, IQA nos pontos amostrados foram estimados por meio das metodologias IQA-NSF e IQA-CETESB, associadas a ensaios ecotoxicológicos com os organismos *Raphidocelis subcapitata* e *Vibrio fischeri*. Os resultados revelaram valores de IQA mensais variando entre 22 e 54, classificando grande parte dos pontos como "ruim" ou "muito ruim", com destaque negativo para os rios dos Poços e Queimados. Os ensaios ecotoxicológicos indicaram efeitos tóxicos potenciais sobre a biota aquática, especialmente em abril/2023, onde a inibição do crescimento foi de até 95% para a *Raphidocelis subcapitata* e 75% para a *Vibrio fischeri*, sugerindo presença de condições com potencial impacto ecotoxicológico. A identificação dos contaminantes responsáveis requer, contudo, caracterização química complementar. A pesquisa reforça a urgência de ações de controle da poluição, recuperação de matas ciliares, ampliação do saneamento e a adoção de medidas sustentáveis de gestão dos recursos hídricos, como o controle da eutrofização, campanhas de educação ambiental e implementação de práticas agro-sustentáveis.

Palavras-chave: Ecotoxicidade, Índice de qualidade de água, Poluição hídrica, Qualidade da água, Saneamento.

Integrated Assessment of Water Quality in the Guandu River Basin: Physicochemical Parameters, Ecotoxicological Analyses, and Water Quality Index

Abstract: The Guandu River Basin (BHRG), located in the state of Rio de Janeiro, supplies water to approximately 11 million inhabitants and is essential for the region's water provision. However, the basin faces severe environmental impacts due to unplanned urban expansion, lack of adequate sanitation, and improper disposal of untreated effluents. This study assesses water quality using the Water Quality Index (WQI) based on samples collected monthly at five distinct points between January and December 2023. The WQI at these points was estimated using the NSF-WQI and CETESB-WQI methodologies, combined with ecotoxicological assays employing *Raphidocelis subcapitata* and *Vibrio fischeri*. Results showed monthly WQI values ranging from 22 to 54, classifying most sites as "poor" or "very poor," with the Poços and Queimados rivers showing the worst conditions. Ecotoxicological tests revealed potential toxic effects on aquatic biota, especially in April 2023, when growth inhibition reached up to 95% for *Raphidocelis subcapitata* and 75% for *Vibrio fischeri*, suggesting the presence of ecotoxicologically critical conditions. Identifying the contaminants responsible, however, requires additional chemical characterization. The study underscores the urgency of implementing pollution control measures, riparian forest restoration, improved sanitation coverage, and sustainable water management practices, including eutrophication control, environmental education programs, and adoption of agro-sustainable practices.

Keywords: Ecotoxicity, Water quality index, Water pollution, Water quality, Sanitation.

Evaluación Integrada de la Calidad del Agua en la Cuenca Hidrográfica del Río Guandu: Parámetros Físicoquímicos, Ecotoxicológicos e Índice de Calidad del Agua

Resumen: La Cuenca Hidrográfica del Río Guandu (BHRG), ubicada en el estado de Río de Janeiro, abastece de agua a aproximadamente 12 millones de habitantes y es fundamental para el suministro hídrico de la región. No obstante, la BHRG enfrenta graves impactos ambientales debido a la expansión urbana desordenada, la falta de saneamiento adecuado y la descarga irregular de efluentes sin tratamiento. Este estudio evalúa la calidad del agua mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA) a partir de muestras recolectadas mensualmente en cinco puntos distintos entre enero y diciembre de 2023. Los valores de ICA fueron estimados mediante las metodologías ICA-NSF e ICA-CETESB, junto con ensayos ecotoxicológicos utilizando *Raphidocelis subcapitata* y *Vibrio fischeri*. Los resultados mostraron valores de ICA mensuales entre 22 y 54, clasificando la mayoría de los puntos como “malos” o “muy malos”, destacándose negativamente los ríos Poços y Queimados. Los ensayos ecotoxicológicos indicaron efectos tóxicos potenciales sobre la biota acuática, especialmente en abril de 2023, cuando la inhibición del crecimiento alcanzó hasta 95% para *Raphidocelis subcapitata* y 75% para *Vibrio fischeri*, sugiriendo condiciones con posible impacto ecotoxicológico. La identificación de los contaminantes responsables requiere una caracterización química complementaria. El estudio refuerza la urgencia de implementar acciones de control de la contaminación, recuperación de bosques ribereños, ampliación del saneamiento y adopción de medidas sostenibles de gestión hídrica, como el control de la eutrofización, la educación ambiental y prácticas agro-sostenibles.

Palabras clave: Ecotoxicidad, Índice de calidad del agua, Contaminación hídrica, Calidad del agua, Saneamiento.

INTRODUÇÃO

A gestão sustentável dos recursos hídricos nos grandes centros urbanos tornou-se um desafio urgente, exigindo uma abordagem integrada e multidisciplinar para compreender e mitigar as complexas interações que afetam a qualidade da água (CALMON, 2021).

O aumento alarmante da pressão humana sobre o meio ambiente tem gerado desequilíbrios ambientais significativos, afetando a estabilidade, resistência e resiliência dos ecossistemas. As alterações impostas aos corpos hídricos são tão profundas que alteram drasticamente sua dinâmica (SILVA, 2013; CALMON, 2021; NASCIMENTO *et al.*, 2025).

Dentro desse contexto, a Bacia Hidrográfica do Rio Guandu (BHRG), localizada no Estado do Rio de Janeiro (ERJ), emerge como um foco de particular relevância, dada sua importância estratégica para o abastecimento de água no ERJ (COMITÊ GUANDU, 2018; CALMON, 2021).

A BHRG abriga a maior Estação de Tratamento de Água (ETA) em operação do mundo, com capacidade para tratar 42 m³/s de forma contínua, atendendo a uma população de cerca de 12 milhões de habitantes em nove municípios do ERJ, incluindo a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) (INEA, 2018; CALMON, 2021).

Entretanto, apesar da sua inegável importância, a BHRG sofre com diversas pressões de origem antrópica, como a expansão descontrolada e irregular de áreas urbanas e industriais, ocasionando diversos conflitos ambientais (SANTOS, 2014).

Além disso, a precariedade dos serviços de saneamento nos municípios que integram a bacia agrava a situação, com os lançamentos de esgoto *in natura* e a disposição inadequada de resíduos sólidos em diversos corpos hídricos (LAFAGE et al., 2019; SOUZA, 2020). Outros desafios ambientais incluem o despejo de efluentes industriais e agropecuários, a extração mineral e a intrusão salina, comprometendo ainda mais a qualidade da água e a sustentabilidade da bacia (LAP et al, 2023).

Como consequência, a BHRG enfrenta uma grave situação sanitária, com a crescente degradação de seus corpos hídricos, tornando suas águas vulneráveis a diversas fontes de poluição (DRZ, 2015; FERNANDEZ, 2018). Diante desse cenário, a caracterização dessas fontes torna-se essencial para compreender o processo de degradação da bacia e viabilizar medidas eficazes de controle e mitigação (GIORI, 2011; NASCIMENTO et al., 2025).

Logo, o presente trabalho realiza um levantamento sobre os principais agentes antrópicos atuantes na região e analisa, por meio da avaliação integrada de parâmetros físico-químicos, ecotoxicológicos e índice de qualidade de água (IQA-NSF e IQA-CETESB) amostras mensais de cinco pontos distintos da bacia do rio Guandu a fim de mapear os pontos de maior pressão e elencar medidas para controle da poluição e recuperação ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido com base na consolidação de dados obtidos por meio de pesquisas bibliográficas e análises laboratoriais, com ênfase nos impactos ambientais observados na bacia do Guandu. A pesquisa foi estruturada em três etapas: a primeira envolveu a seleção dos locais de coleta; a segunda abrangeu a coleta de amostras e caracterização físico-química, seguida da determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) utilizando as metodologias IQA-CETESB e IQA-NSF (National Sanitation Foundation) e sua posterior comparação com os resultados de IQA publicados pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), além do levantamento pluviométrico. Por fim, a terceira etapa compreendeu os ensaios de ecotoxicidade.

Etapa 1 – Seleção dos pontos de coleta

Os pontos de coleta seguiram critérios específicos, visando responder às seguintes perguntas: *Os municípios de Japeri, Queimados, Nova Iguaçu e Seropédica, com seus respectivos polos industriais e urbanos interferem negativamente na qualidade da água da BHRJ? Os Rio dos Poços e o Rio Queimados (afluentes do rio Guandu) interferem negativamente na lagoa de captação da ETA Guandu ?*

Para investigar essas questões, foram selecionados cinco pontos de coleta:

- Ponto 1 (P1): Rodovia BR 101, Km 394, próximo ao Polo Industrial de Santa Cruz (rio Guandu).
- Ponto 2 (P2): Rodovia 465, na ponte da lagoinha, divisa de Seropédica com Nova Iguaçu (rio Guandu).
- Ponto 3 (P3): Rodovia BR 116, Km 205 (rio Guandu), ponto logo após o município de Japeri.
- Ponto 4 (P4): Rodovia BR 116, Km 204 (rio dos Poços).
- Ponto 5 (P5): Rodovia BR 116, Km 200 (rio Queimados).

Etapa 2 – Coleta, análises e comparações do IQA

Para a análise dos índices IQA-CETESB e IQA-NSF, foram realizadas 11 campanhas ao campo para coleta de amostras, de janeiro a dezembro nos dias 25/01, 01/03, 30/03, 13/04, 25/05, 11/07, 18/07, 04/08, 15/09, 31/10 e 28/12 do ano de 2023, de forma a abranger tanto o período chuvoso quanto o período de estiagem, sempre nos mesmos cinco pontos indicados na Figura 1.

Os atributos físicos, químicos e biológicos considerados neste estudo foram:

- Para o IQA-NSF: Coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), fósforo total, nitrato, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais dissolvidos, temperatura e turbidez. (ANA, 2020)
- Para o IQA-CETESB: coliformes fecais, DBO5, fosfato, nitrogênio total, OD, pH, sólidos totais, temperatura e turbidez. (CETESB, 2020)

As análises das amostras de águas seguiram a metodologia apresentada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2012).

A partir da caracterização físico-química das amostras de água, a qualidade da água bruta foi determinada por meio do IQA que varia de 0 a 100 e é categorizado em cinco níveis:

Avaliação Integrada da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu: Parâmetros Físico-Químicos, Ecotoxicológicos e Índice de Qualidade da Água

Muito ruim (0-25), ruim (25-50), médio (50-70), bom (70-90) e excelente (90-100) no IQA-NSF e muito ruim(0-19), ruim (19-36), médio (36-51), bom (51-79) e excelente (79-100) no IQA-CETESB.

Os resultados de IQA obtidos neste trabalho foram comparados com os valores publicados no boletim consolidado de qualidade das águas da região hidrográfica II - Guandu pelo Instituto Estadual do Ambiente INEA em 2023 (INEA, 2023).

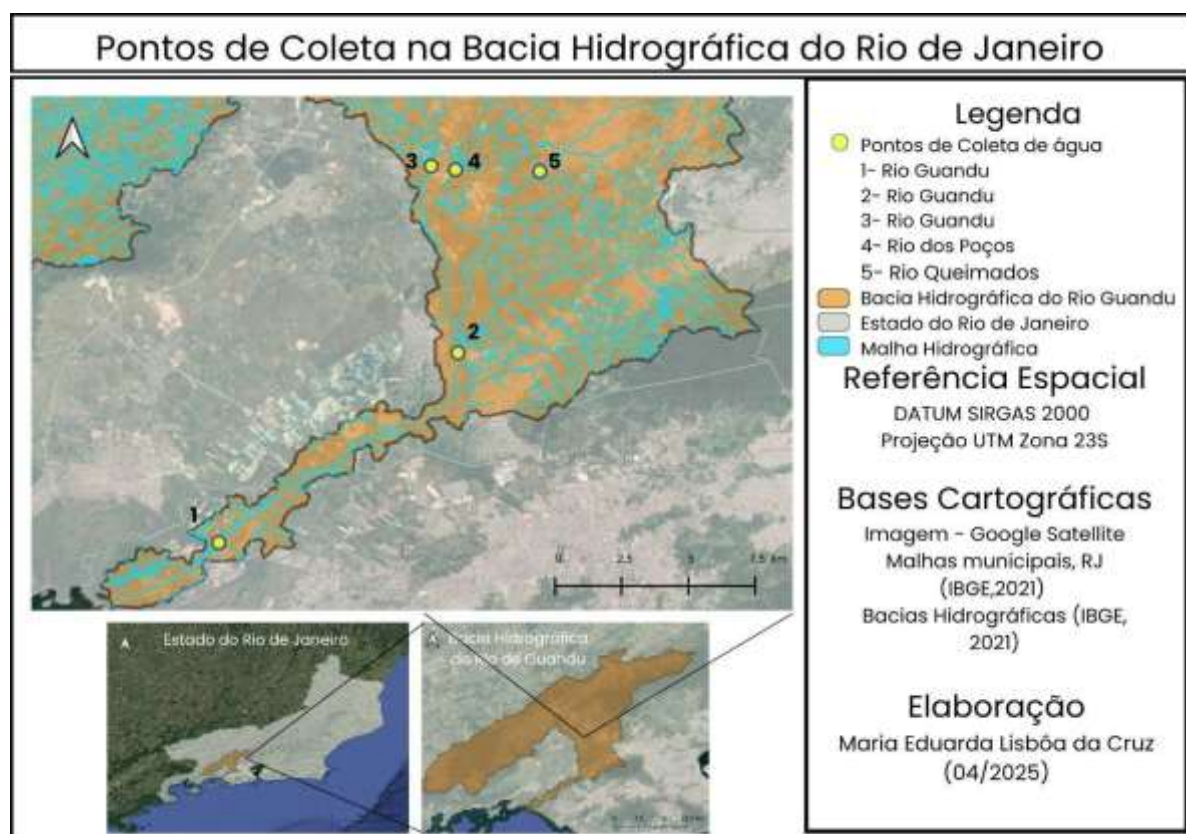


Figura 1. Localização dos pontos de coleta na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Fonte: O autor, 2025.

Etapa 3 – Ensaios de Ecotoxicidade

Foram realizados ensaios de toxicidade aguda com os organismos-teste *Raphidocelis subcapitata* e *Vibrio fischeri*. Os ensaios com a microalga unicelular *Raphidocelis subcapitata* foram realizados seguindo a ABNT-NBR 12648/2018 (ABNT, 2018) e consistiam em expor os organismos-teste às amostras de água sem diluição em laboratório e avaliar a inibição do crescimento da biomassa após 72 h de exposição, comparando com o controle. Os resultados foram expressos em percentual de inibição e confirmados por análise estatística.

Já o ensaio com a bactéria *Vibrio fischeri* foi realizado seguindo a norma ABNT-NBR 15411-3/2021 (ABNT, 2021) e consistiu em expor o organismo-teste às amostras ambientais sem diluição em ambiente controlado por 30 minutos e registrar o efeito na redução de sua

bioluminescência natural em comparação com uma amostra controle (CE30min). Os resultados foram expressos em percentual de inibição. A avaliação da toxicidade em ambos os organismos foi realizada de forma qualitativa, sendo amostras tóxicas para a microalga *Raphidocelis subcapitata* aquelas com percentual de inibição acima de 60%, enquanto para a bactéria *Vibrio fischeri* foram consideradas não tóxicas aquelas com percentual de inibição de até 18,1%, moderadamente tóxica de 18,2% até 50%, tóxicas de 50,1% até 75% e, por fim, muito tóxica de 75,1% até 100% (ABNT, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do Rio Guandu possui, na classificação de Köppen, possui um clima do tipo Cfb - sempre úmido e verão morno, tendo como característica climatológica predominante da região a precipitação média anual em cerca de 1.700 mm. O período chuvoso é de outubro a março, com abril sendo o mês de transição para o período seco que vai de maio a setembro (SEGPLAN, 2015; INMET, 2025).

Na Figura 2 são apresentados o mapa da BHRG e as fotos dos pontos de monitoramento.

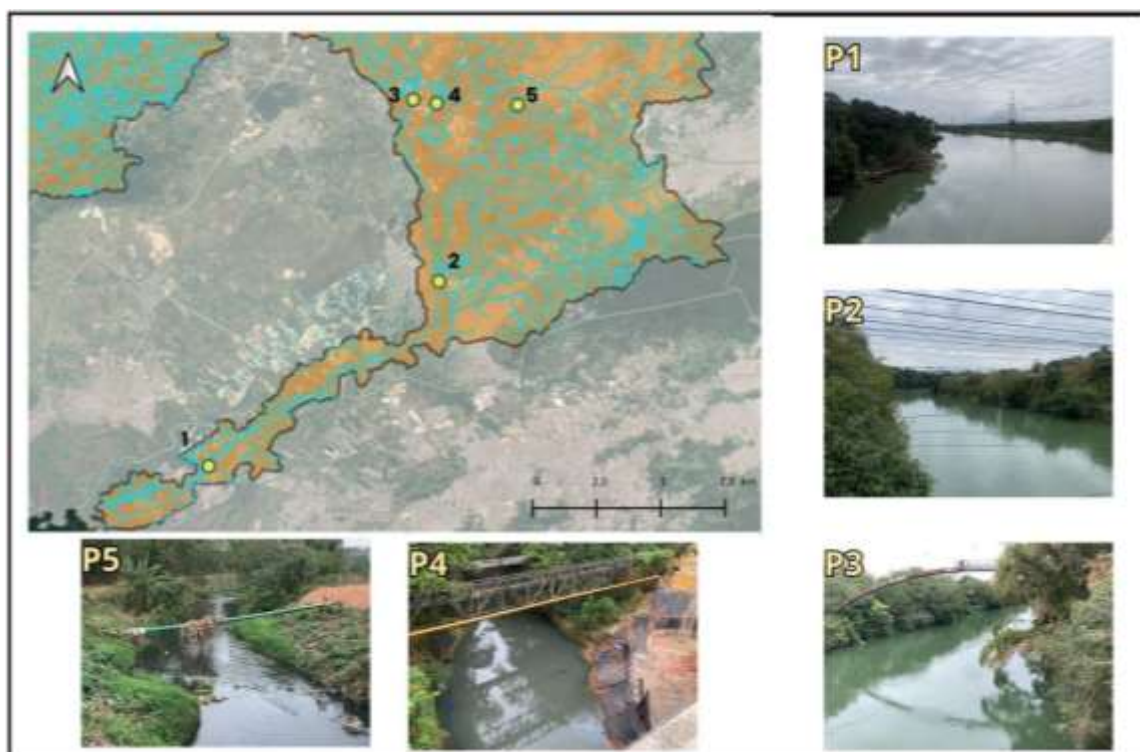


Figura 2. Mapa da bacia hidrográfica do rio guandu e fotos dos pontos de monitoramento.
Fonte: O autor, 2025.

Os pontos de monitoramento encontram-se em uma área densamente urbanizada que, como pode ser observado, apesar da presença de pequenas matas ciliares, é nítido o

desmatamento e o descaso ao redor. De acordo com o perfil econômico da região, as proximidades dos pontos 1 e 3 são áreas destinadas à pastagem e agricultura, apresentando sessões arborizadas, possivelmente com vegetação nativa, prevista na Lei Federal nº12.651/2012, podendo resultar em uma maior proteção do corpo d'água (BRASIL, 2012), enquanto os demais pontos são rodeados por áreas urbanas, onde a degradação é mais acentuada.

Além disso, o ponto 3 identifica-se por uma presença mais expressiva de vegetação ciliar, caracterizada como mata de galeria, às margens do rio de forma a preservar a qualidade das águas.

Índice de qualidade de água (IQA-NSF e IQA-CETESB)

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados graficamente os valores de IQA-NSF e IQA-CETESB ao longo do período de monitoramento (jan./2023 – dez./2023) deste estudo. Os resultados mensais de IQA tiveram variações expressivas, apresentando valores variando de 22 a 54 no IQA-NSF (Figura 3) e de 23 a 54 no IQA-CETESB (Figura 4). Dentre os locais avaliados, o ponto 5, correspondente ao Rio Queimados, apresentou a pior qualidade da água, com índices médios baixos (22 no IQA-NSF e 23 IQA-CETESB), indicando alto grau de deterioração da qualidade da água neste ponto.

O ponto 4 (Rio dos Poços) registrou valores médios de IQA 39 em ambas as metodologias (CETESB e NSF). Por outro lado, os pontos 1 e 2 obtiveram valores ligeiramente superiores (49 no IQA-NSF e 50 IQA-CETESB) e, por fim, o ponto 3 foi o mais bem avaliado, com IQA 54 nas metodologias NSF e CETESB. Destaca-se que os pontos 1, 2 e 3 correspondem a pontos de coleta localizados no rio Guandu.

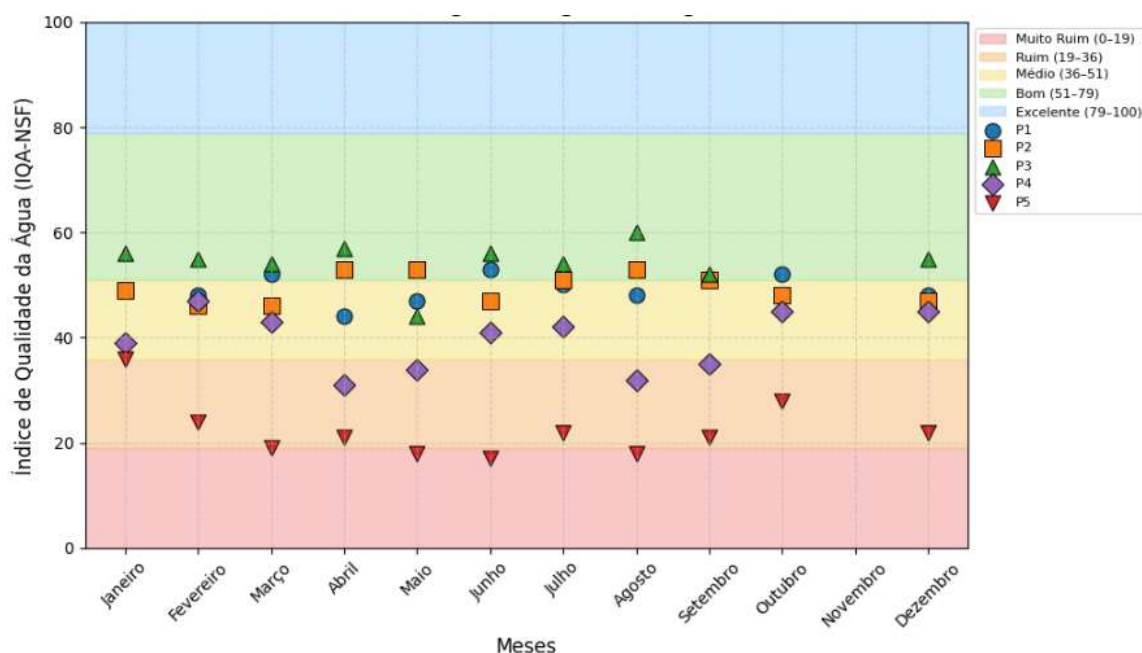


Figura 3– Variação mensal do IQA-NSF nos pontos de coleta ao longo do Rio Guandu (pontos 1, 2 e 3), Rio dos Poços (ponto 4) e Rio Queimados (ponto 5), com classificação nas respectivas faixas de qualidade.

Fonte: O autor, 2025.

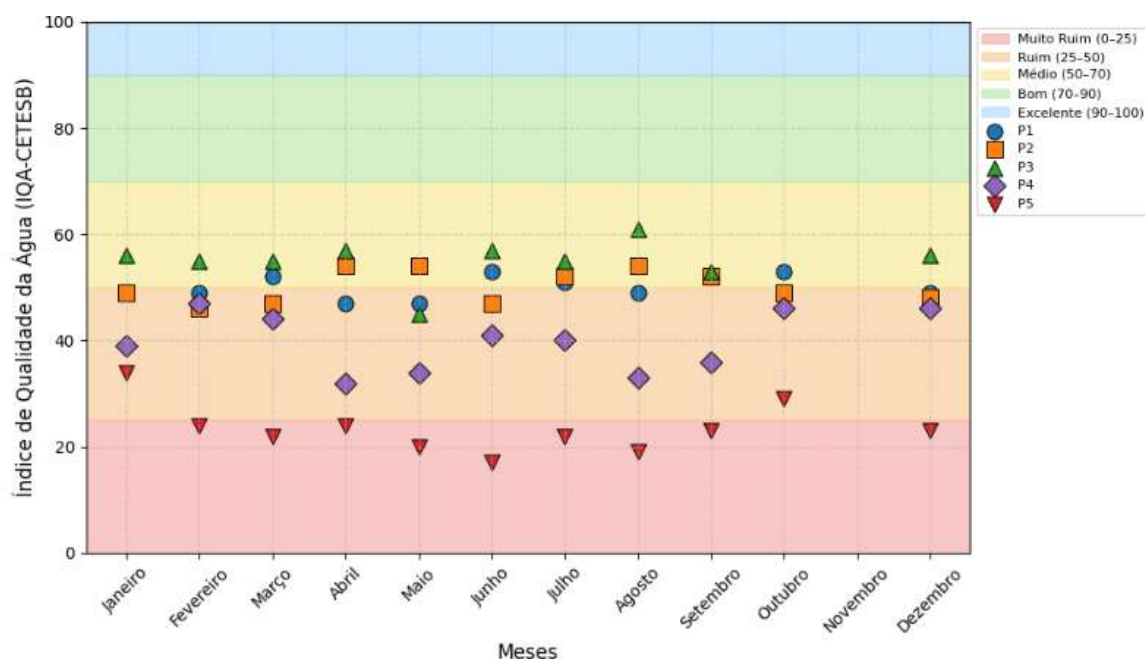


Figura 4 – Variação mensal no ano de 2023 do IQA-CETESB nos pontos de coleta ao longo do Rio Guandu (pontos 1, 2 e 3), Rio dos Poços (ponto 4) e Rio Queimados (ponto 5), com classificação nas respectivas faixas de qualidade

Fonte: O autor, 2025.

As apurações de IQA-NSF publicados no boletim consolidado de qualidade das águas da região hidrográfica II - Guandu pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) em 2023 (INEA, 2023) vêm para sedimentar ainda mais os resultados encontrados neste trabalho, uma vez que foi similar ao padrão observado pelo INEA, sendo o ponto 5 (Rio Queimados) o mais degradado, seguido bem próximo pelo ponto 4 (Rio dos poços), um empate nos pontos 1 e 2 (Rio Guandu) e, por fim, o ponto 3 (Rio Guandu) como o melhor em qualidade (Figura 5).

Apesar de o ponto 3 exibir uma média anual superior a 50, ainda está longe de ser considerado um rio com qualidade da água adequada para diversos usos pela população, uma vez que o recomendado seria uma média acima de 70 (CETESB, 2020). Ao analisar o ponto 3 isoladamente, sua classificação varia: no IQA-NSF, os meses de jan./2023 a dez./2023 oscilam entre ruim e médio, enquanto no IQA-CETESB, as amostras de água apresentaram nível de qualidade categorizado como médio a bom.

Essa discrepância na interpretação dos valores de IQA é preocupante, uma vez que não há uma padronização nacional, ficando a cargo de cada estado a escolha de seus índices e seus respectivos parâmetros, dificultando uma comparação mais eficaz, podendo gerar uma falsa sensação de segurança para o público leigo, levando-os a possíveis riscos à saúde.

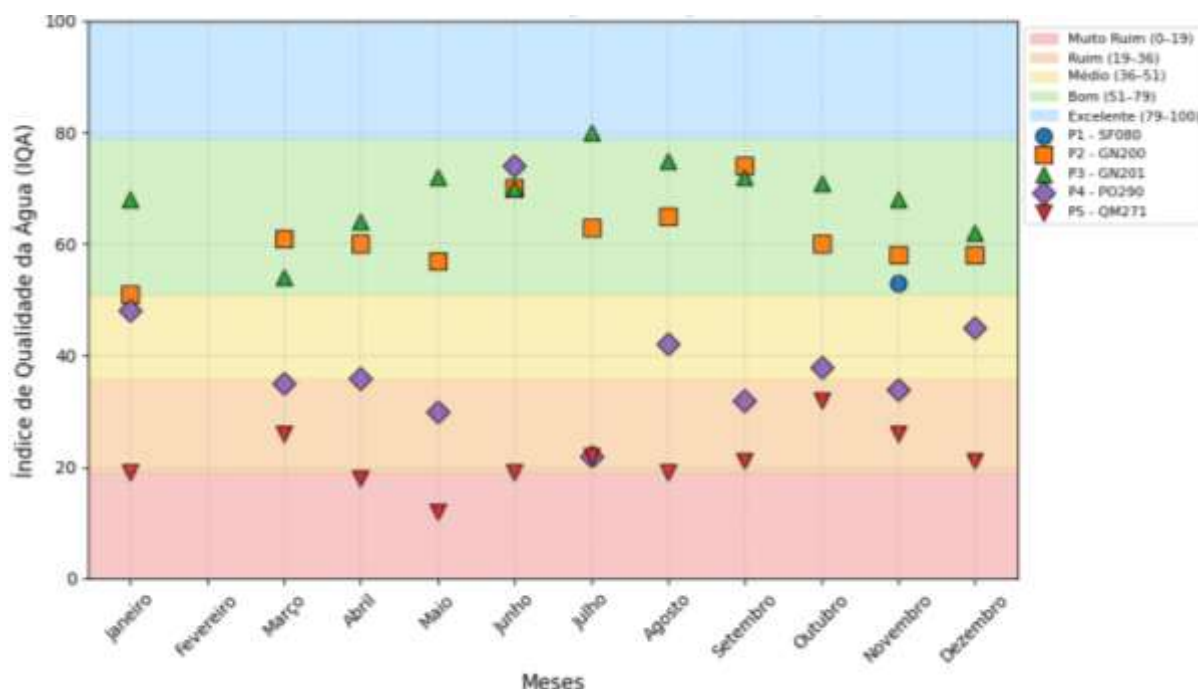


Figura 5 – Boletim Consolidado de Qualidade das águas da Região Hidrográfica II - Guandu
Fonte: Adaptado INEA, 2025.

Avaliação ecotoxicológica das amostras de água

No contexto dos estudos de ecotoxicidade, os ensaios realizados se concentraram nos meses de janeiro/2023 a julho/2023. Com a microalga unicelular *R. subcapitata*, a taxa de inibição do crescimento da biomassa algal apresentou valores elevados nos meses de março e abril de 2023. E como as microalgas estão na base da cadeia alimentar aquática, esse tipo de impacto pode afetar todo o ecossistema (MACHADO; SOARES, 2022).

Segundo a ABNT-NBR 12648/2018, após a validação dos resultados por análise estatística, valores de inibição maiores que 60% indicam que há substâncias que causam a mortalidade das microalgas, tornando o ambiente tóxico.

Janeiro teve os melhores resultados, com a inibição do crescimento variando de 35%, nos pontos 2 e 5, até 87% no ponto 3, sendo este o único ponto que apresentou toxicidade no mês de janeiro/ 2023. Esses valores podem estar associados ao acúmulo de 40 mm de chuva no período, o que possivelmente aumentou a vazão dos rios analisados, diluindo os poluentes.

Por outro lado, a escassez de precipitação também impacta negativamente os resultados, como observado nos meses de março e abril de 2023. Em ambos os períodos, todos os pontos de coleta tiveram as amostras classificadas como tóxicas, com taxas de inibição que variaram de 64% no ponto 3 a 95% no ponto 4 em março, enquanto em abril variaram de 55% no ponto 2 a 95% também no ponto 4.

Esses resultados sugerem que, não apenas, fatores sazonais influenciam diretamente na qualidade da água e, conseqüentemente, na inibição do crescimento dos organismos testados. Assim, reforça-se a importância do monitoramento contínuo e de investigações mais aprofundadas para compreender as causas da inibição de crescimento em níveis elevados.

Por fim, surpreendentemente, houve uma melhora constante nos subsequentes meses analisados, com o mês de maio de 2023 tendo três dos cinco pontos considerados como qualidade da água tóxica, o ponto 1 com percentual de inibição de 75% e o ponto 2 e 5 com 87%, junho/ 2023 apenas com o ponto 5 (71%) sendo tóxico e, por fim, julho com o ponto 3 (100%) com a inibição total do crescimento algal (figura 6).. Esse fenômeno pode sugerir a presença de substâncias altamente poluidoras que impedem o desenvolvimento da flora local como os agrotóxicos. Tal fato acende um alarme para a necessidade de futuras investigações, caso venham a ocorrer novamente.

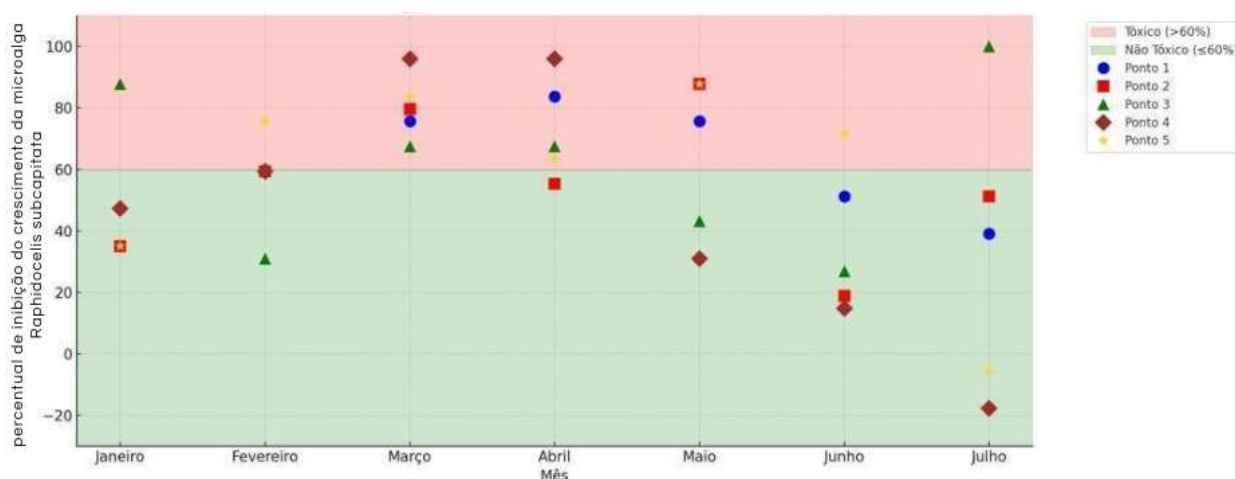


Figura 6 – Variação Mensal no percentual de inibição do crescimento da microalga *Raphidocelis subcapitata* nos Pontos de Amostragem ao longo do curso do rio Guandu, rio dos Poços e rio Queimados

Fonte: O autor, 2023.

Em relação aos ensaios de ecotoxicidade com a bactéria *V. fischeri*, ao contrário do que ocorreu com a microalga unicelular *R. subcapitata*, a maior parte dos resultados apresentou baixo índice de inibição, ou seja, pouca variação na bioluminescência natural em relação ao grupo controle e, conseqüentemente, a não toxicidade das amostras de água.

Para as análises realizadas nos meses de janeiro, fevereiro e junho de 2023, as amostras de água não apresentaram valores estatisticamente significantes para caracterização das amostras como tóxicas, conforme CETESB (2013). Os percentuais de inibição variaram de -2% a 9% em janeiro, 4% a 13% em fevereiro e 0% a 6% em junho de 2023.

Conforme descrito na ABNT-BR 15.411-3/21, o aumento na produção de luz não necessariamente indica uma melhora na qualidade ambiental. Pelo contrário, esse fenômeno pode estar relacionado à exposição do organismo a substâncias ou condições que induzem um estresse elevado.

Abril de 2023 destacou-se como o mês com os piores resultados, com três dos cinco pontos sendo considerados tóxicos, com elevado percentual de inibição da bioluminescência natural, sendo eles os pontos 1 (54%), ponto 2 (75%) e ponto 3 (71%). Assim como observado com a *Raphidocelis subcapitata*, esses resultados podem estar relacionados a variações sazonais que influenciam na qualidade da água e, conseqüentemente, na sobrevivência dos organismos.

Por fim, no mês de julho de 2023, observou-se uma profusão de resultados negativos, ou seja, um aumento na bioluminescência natural em relação ao grupo controle. Os valores encontrados foram de -22% no ponto 3, -20% no ponto 2, -14% no ponto 1, -3% no ponto 5, enquanto o ponto 4 apresentou o único resultado tóxico (70%) (Figura 7).

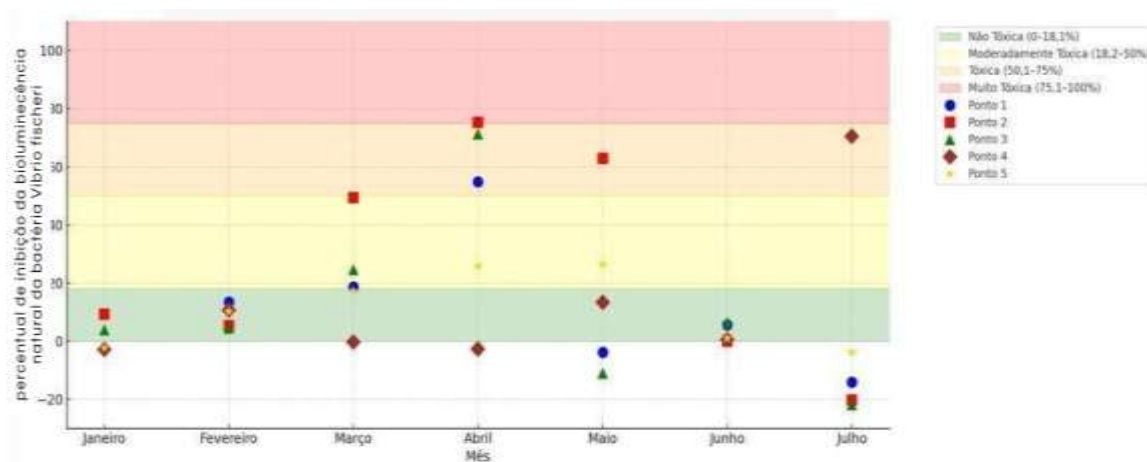


Figura 7 – Variação mensal da inibição a bioluminescência natural da bactéria *Vibrio fischeri* (%) nos pontos de amostragem ao longo do curso do rio Guandu, rio dos Poços e rio Queimados
Fonte: O autor, 2023.

Ao analisar os resultados apresentados para os dois organismos indicadores de toxicidade, a microalga *Raphidocelis subcapitata* (Figura 6) e a bactéria *Vibrio fischeri* (Figura 7), observa-se que abril apresentou os resultados mais preocupantes. Nesse mês, todas as amostras de *R. subcapitata* e três das cinco de *V. fischeri* foram consideradas tóxicas.

Esses resultados sugerem fortemente uma contaminação local em abril/2023, com ênfase principalmente nos organismos-vivos, uma vez que não foram observadas mudanças significativas em nenhuma das faixas do IQA, e investigações adicionais são necessárias para compreender os fatores responsáveis por essas variações nos pontos específicos. O monitoramento contínuo é essencial para identificar tendências de longo prazo e eventos pontuais que possam impactar a qualidade da água.

Ações e estratégias para controle da poluição e recuperação da BHRG

Os resultados de IQA e ecotoxicidade revelam variações substanciais ao longo dos diferentes períodos e entre os pontos de coleta, evidenciando a heterogeneidade na qualidade da água na BHRG. Essas disparidades podem ser atribuídas a diversas fontes de contaminação, especialmente devido à ausência de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) e ao fato de que

66% dos municípios da BHRG não realizam nenhum tratamento de efluentes sanitários (COMITÊ GUANDU, 2018).

Uma das principais causas dos problemas relativos à água em todo mundo está relacionada à degradação ambiental dos ecossistemas de bacias hidrográficas. Nesse contexto, a adoção de Soluções baseadas na Natureza (SbN) vem sendo proposta como mecanismo de aperfeiçoamento da gestão integrada de recursos hídricos para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 da ONU, o ODS 6 (Assegurar a disponibilidade qualiquantitativa e a gestão sustentável da água e o acesso ao saneamento para todas e todos) (ONU, 2015; NÉTO, FERREIRA, 2022).

Néto e Ferreira (2022) demonstraram que os resultados da aplicação das SbN nas bacias da RH IX - Baixo Paraíba do Sul têm se mostrado promissoras visando a segurança hídrica, por promover o aumento da resiliência ecossistêmica face às mudanças climáticas e a compatibilização do atendimento às necessidades básicas humanas e ecológicas da água. Contudo, por se tratar de toda uma bacia, se faz absolutamente necessário o esforço conjunto dos órgãos municipais, estaduais e nacionais atuantes na gestão de recursos hídricos.

Cabe ainda destacar o papel fundamental da BHRG para o abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro. Nesse contexto, observa-se que a deterioração da qualidade da água impacta diretamente os processos de tratamento na ETA Guandu, que opera com sistema convencional. Esse cenário evidencia a insegurança hídrica do Estado e a necessidade de se repensar os processos de tratamento de água diante da variabilidade de qualidade da água. A implementação de tecnologias mais avançadas, contudo, é complexa e enfrenta barreiras regulatórias, econômicas e ambientais (BAPTISTA et al., 2025). Portanto, é imprescindível preservar a BHRG para garantir a continuidade da oferta de água à população. É fundamental investigar as causas subjacentes e implementar medidas para mitigar a contaminação. Os dados apresentados neste estudo possuem implicações de grande relevância nos serviços ecossistêmicos e sociais vinculados à bacia hidrográfica do rio Guandu, abrangendo diversas esferas, destacando-se: Serviços de abastecimento de água; Biodiversidade aquática; Saúde pública; Produção primária aquática; Recursos hídricos; Recreação, lazer e turismo; Agricultura e uso do solo e educação ambiental e conscientização comunitária.

Em síntese, as análises apontaram para uma condição preocupante na qualidade da água da BHRG, demandando a implementação urgente de medidas corretivas e estratégias de gestão para preservar os serviços ecossistêmicos e atender às demandas sociais associadas a essa

relevante região. Deste modo, algumas estratégias e ações específicas podem ser consideradas (Tabela 1):

Tabela 1 – Estratégias e ações para a melhoria da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Guandu

Estratégias	Ações
Identificação e eliminação de fontes de contaminação	Conduzir investigações detalhadas para mapear as fontes específicas de contaminação, especialmente nos pontos críticos, como o ponto 5 (rio Queimados).
	Implementar ações corretivas imediatas para eliminar ou reduzir as fontes identificadas, como controle de lançamentos industriais e ampliação da cobertura de tratamento de efluentes.
Controle da eutrofização	Adotar práticas agrícolas sustentáveis, visando reduzir o escoamento de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio.
	Introduzir barreiras vegetativas e zonas tampão ao redor dos corpos d'água para minimizar a entrada de nutrientes e sedimentos.
Recuperação de matas ciliares	Realizar análises específicas para avaliar a necessidade de recuperação das matas ciliares, notadamente degradadas, com ações focadas no replantio de espécies nativas e na preservação e restauração das áreas ripárias
Tratamento de efluentes	Reforçar e fiscalizar a conformidade das instalações industriais e sistemas de tratamento de esgoto para garantir a eficiência na remoção de poluentes antes do descarte na bacia.
Monitoramento contínuo	Estabelecer programas de monitoramento contínuo da qualidade da água, com análises regulares e relatórios públicos para garantir a transparência e a conscientização.
	Utilizar tecnologias avançadas, como sensores remotos e análises de <i>big data</i> , para detectar variações e padrões ao longo do tempo.
Envolvimento comunitário e educação ambiental	Desenvolver campanhas de educação ambiental direcionadas à comunidade local, destacando a importância da conservação da água e práticas sustentáveis.
	Incentivar a participação ativa da comunidade em programas de monitoramento e preservação, promovendo uma abordagem coletiva na gestão dos recursos hídricos.
Revisão de normativas e regulamentações	Fortalecer as normativas ambientais, estabelecendo limites mais cabais para emissões e descartes industriais, e promover a conformidade e responsabilidade ambiental.

Fonte: O autor, 2023.

A implementação efetiva dessas estratégias, aliada à colaboração entre os setores público, privado e a comunidade local, é crucial para reverter a condição preocupante da qualidade da água na BHRG e preservar os serviços ecossistêmicos essenciais.

CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou a preocupante degradação ambiental ao longo da BHRG, com destaque para o rio dos Poços e o rio Queimados (ponto 4 e 5, respectivamente), além da deterioração na qualidade da água. Esses resultados reforçam a necessidade de ações urgentes para a recuperação dos serviços ecossistêmicos, uma vez que a ausência de saneamento básico pode ser identificada como o principal problema a ser solucionado. A implementação de medidas efetivas é essencial para atender às demandas socioeconômicas e industriais da região, especialmente no que se refere ao abastecimento de água.

Nessas condições, a RMRJ se vê em um grave dilema: Não há outro corpo hídrico com capacidade suficiente para atender a população, enquanto o Rio Guandu sofre com a contínua degradação da qualidade da água e da bacia. A falta de medidas preventivas por parte das autoridades responsáveis pode, em breve, comprometer a segurança e a viabilidade do tratamento adequado da água, resultando na interrupção do abastecimento público de água potável.

As estratégias propostas incluindo a identificação e eliminação de fontes de contaminação, o controle da eutrofização, a recuperação de matas ciliares, o tratamento de águas residuárias, o monitoramento contínuo e, o envolvimento comunitário, representam um caminho viável para reverter a preocupante degradação da qualidade da água.

Os dados indicam que a bacia hidrográfica do rio Guandu está distante do cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, uma vez que seu atual nível de degradação compromete diversas metas que devem ser alcançadas até 2030. Além disso, a colaboração entre os setores público, privado e a comunidade, aliada à realização de novos estudos colaborativos, é essencial para o sucesso das medidas propostas e para garantir um futuro sustentável para a BHRG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

CALMON, M. Restauração de florestas e paisagens em larga escala: o Brasil na liderança global. *Ciência e Cultura*, v. 73, n. 1, p. 44-48, São Paulo, 2021.

SILVA, C. V. V. Utilização de bioindicadores no monitoramento ambiental e avaliação de impacto no rio Guandu, RJ. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2013. p. 16-33.

COMITÊ DO GUANDU. Relatório executivo do Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Rio Guandu, da Guarda e Guandu Mirim. 2018.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. *Atlas dos mananciais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial*. Rio de Janeiro: INEA, 2018. p. 185-213.

SANTOS, B. B. M. Governança das águas e negociação de conflitos socioambientais: o caso do comitê de bacia hidrográfica do Guandu face à Central de Tratamento de Resíduos Santa Rosa (RJ). Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. p. 62-114.

LAFAGE, D.; BERGMAN, E.; ECKSTEIN, R. L.; ÖSTERLING, E. M.; SADLER, J. P.; PICCOLO, J. J. Local and landscape drivers of aquatic-to-terrestrial subsidies in riparian ecosystems: a worldwide meta-analysis. *Ecosphere*, v. 10, n. 4, 2019.

LAP, B. Q.; PHAN, T. T. H.; NGUYEN, H. D.; QUANG, L. X.; HANG, P. T.; PHI, N. Q.; HOANG, V. T.; LINH, P. G.; HANG, B. T. T. Predicting Water Quality Index (WQI) by feature selection and machine learning: a case study of An Kim Hai irrigation system. *Ecological Informatics*, v. 74, art. 101991, 2023.

FERNANDES, J. G. Ocorrência de poluentes emergentes nos rios Pirai, Paraíba do Sul, Guandu e na água de abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

DRZ – Geotecnologia e Consultoria Ltda. *Plano de contingência para abastecimento de água (Guandu) – Produto P6: volume II: diagnóstico das áreas estudadas*. Abril 2015.

GIORI, J. Z. Análise dos efeitos de despejos acidentais de poluentes em corpos hídricos usando traçadores fluorescentes: estudo de caso da bacia do rio Guandu/RJ. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2011. p. 42-74.

APHA; AWWA; WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22.^a ed. New York: [American Public Health Association], 2012.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*. Brasília: ANA, 2023.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Indicadores de qualidade: índice de qualidade de águas (IQA)*. Brasília: ANA, 2020.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Relatório de qualidade das águas superficiais: Apêndice C – índices de qualidade das águas*. São Paulo: CETESB, 2013. p. 22.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. *Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo – Apêndice D: índices de qualidade das águas*. São Paulo: CETESB, 2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12648: Ecotoxicologia aquática – toxicidade crônica – método de ensaio com algas (Chlorophyceae)*. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 24 p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15411-3: Determinação do efeito inibitório sobre a bioluminescência de Vibrio fischeri. Parte 3: método utilizando bactérias liofilizadas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

SEGPLAN – Secretaria do Planejamento Urbano. *Bacias hidrográficas: Gerência de Estatísticas Econômicas*. Goiânia, 2015.

PINTO, D. B. F.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; COELHO, G. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande – MG, Brasil. 2009.

BRASIL. Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981; 9.393, de 19 de dezembro de 1996; e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989; e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Precipitação acumulada em 72 horas*. 2025.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. *Boletim consolidado de qualidade das águas da Região Hidrográfica II – Guandu*. Rio de Janeiro: INEA, 2022.

Avaliação Integrada da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu: Parâmetros Físico-Químicos, Ecotoxicológicos e Índice de Qualidade da Água

ONU – **Organização das Nações Unidas**. *Relatório sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio 2015*. Nova Iorque: ONU, 2015. 76 p.

NÉTO, N. C. G.; FERREIRA, M. I. P. Soluções baseadas na natureza para a gestão integrada de recursos hídricos: o caso da Região Hidrográfica IX do Estado do Rio de Janeiro. Anais do V Congresso Fluminense de Pós-Graduação, 2022.

NASCIMENTO, M. J. de J.; SOUZA, A. M. S. de; JESUS, E. N. de; BASTOS, M. R. B. C.; PEREIRA, A. S.; PASSOS, K. F. S.; NETA, M. M. N.; FEITOSA, F. R. S. Conservação de matas ciliares por meio da educação ambiental: a experiência da comunidade ribeirinha da Prata em Entre-Rios-BA. *Revista Foco*, 2025.

SOUZA, L. R. O Vale do Gramame e as lutas socioambientais pela qualidade da água em João Pessoa-PB. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

BAPTISTA, A.C.; OLIVEIRA, M.P. de; CARLOMAGNO V.G.; ALMEIDA, R.de. ULTRAFILTRAÇÃO E NANOFILTRAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO: UMA REVISÃO DA LITERATURA. *Revista Internacional de Ciências*, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 181-201, 2025.

Machado, M.D., Soares, E.V. Life and death of *Pseudokirchneriella subcapitata*: physiological changes during chronological aging. *Appl Microbiol Biotechnol* 106, p. 8245–8258. (2022)