

QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA

ELUARA NUNES RODRIGUES

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO

LILIAN BECHARA ELABRAS VEIGA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO

FLAVIA DE ALMEIDA VIEIRA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO

Introdução

A Baía de Guanabara, localizada no município do Rio de Janeiro, apresenta constante e elevada poluição decorrente do descarte irregular de efluentes e resíduos sólidos (Alencar, 2021), cenário que é agravado pelos sistemas de saneamento básico precários e falta de tratamento de esgoto (BRITTO, 2003). Desta forma, os grandes índices de degradação ambiental comprometem não só a qualidade da água, mas também a biodiversidade e a saúde das comunidades locais que muitas vezes precisam dos corpos hídricos que estão comprometidos para sobreviver.

Problema de Pesquisa e Objetivo

A Região Hidrográfica da Baía de Guanabara foi escolhida como área de estudo devido à intensidade de poluição recebida. Nesta área, a qualidade da água tem sido historicamente comprometida pela poluição causada pelo lançamento direto e sem que haja um tratamento prévio, tanto de esgotos domésticos, quanto de resíduos industriais. O objetivo do estudo é avaliar a qualidade da água dos rios da RH-V, considerando parâmetros físicos, químicos e biológicos, identificar os impactos antrópicos, os níveis de contaminação e propor soluções para a recuperação e uso sustentável

Fundamentação Teórica

A água doce, embora essencial à vida, é um recurso limitado e distribuído de forma desigual no planeta (SUASSUNA, 2019). O aumento populacional, as mudanças climáticas e o uso inadequado dos recursos hídricos têm colocado o mundo diante de uma das principais crises do século 21, a escassez de água (BPBES, 2020). Embora seja um problema global, seus efeitos variam refletindo desigualdades sociais, econômicas e territoriais no planeta. Logo, o estudo analisou a qualidade da água dos rios da RH-V, considerando parâmetros físicos, químicos e biológicos, impactos antrópicos e níveis de contaminação

Metodologia

A metodologia adotada no estudo foi a pesquisa exploratória com o objetivo de levantar dados sobre o monitoramento da qualidade da água de rios da RH-V em trabalhos acadêmicos, foram sistematizados dados secundários do INEA referentes aos parâmetros OD, DBO, PT, NO_3^- , pH, turbidez, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes (entre os anos 2012-2023) e gráficos do tipo Box Plot para visualizar a distribuição dos dados e identificar valores discrepantes segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005. Os principais rios Caceribu, Guapi e Iguaçu (RH-V) foram utilizados para as análises metodológicas

Análise e Discussão dos Resultados

Com base na CONAMA 357/2005, foi possível analisar os valores apresentados para cada parâmetros dos rios. Ao visualizar o box plot de DBO para o Rio Caceribu, é possível ver que diversos valores destoam do permitido de 5mg/L, indicando poluição elevada. A maioria das medianas se encontra abaixo de 5, porém 2017 foi um dos anos com maior índices de poluição. Ao analisar as médias dos parâmetros de cada um dos 3 rios, os parâmetros fósforo total, coliformes termotolerantes, DBO e OD apresentaram os maiores índices destoantes da resolução, indicando poluição constante nos corpos hídricos.

Considerações Finais

A comparação dos rios Caceribu, Guapi e Iguaçu com a CONAMA 357/2005 mostrou que não atendem aos padrões de águas doces classe 2 em parâmetros como fósforo total, coliformes, DBO e oxigênio dissolvido. A elevada DBO associada ao baixo OD indica despejo contínuo de esgoto, enquanto fósforo elevado aponta poluição por compostos fosforados e coliformes revelam contaminação fecal. Já nitrato, pH e turbidez permaneceram dentro dos limites. O cenário reflete deficiências na gestão ambiental, principalmente na gestão dos recursos hídricos, e a necessidade urgente de recuperação ambiental

Referências

Alencar Emanuel Baía de Guanabara descaso e resistência 2021 CNRH Resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003 Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 BPBES Relatório temático água 2020 BRITTO Ana Lucia Implantação de Infraestrutura de Saneamento na Região Metropolitana do Rio De Janeiro 2003 CBH-BG ATLAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA V 2021 INEA BAÍA DE GUANABARA BACIA DA BAÍA DE GUANABARA 2023 Resolução CERHI-RJ no 107 de 22 de maio de 2013 UMCES Os Rios da Baía de Guanabara 2015 SANTOS Mariana Evolução temporal da eutrofização... 2014 SUASSUNA João A má distribuição da água no Brasil 2019

Palavras Chave

Qualidade da água, Monitoramento ambiental, Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara

Agradecimento a órgão de fomento

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

QUALIDADE DA ÁGUA DE RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA

1 INTRODUÇÃO

A Baía de Guanabara, localizada no município do Rio de Janeiro, apresenta altos níveis de poluição resultantes do descarte irregular de efluentes e resíduos sólidos (ALENCAR, 2021), cenário que é agravado pelos sistemas de saneamento básico precários e pela ausência de tratamento de esgoto (BRITTO, 2003). Como consequência, os elevados índices de degradação ambiental comprometem não só a qualidade da água, mas também a biodiversidade e a saúde das comunidades locais, que muitas vezes dependem dos corpos hídricos para sobreviver, refletindo a ausência de investimentos públicos consistentes, falhas regulatórias e desigualdades territoriais na gestão ambiental.

Sendo assim, a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (RH V) foi selecionada como área de estudo devido aos elevados níveis de poluição recebida. A qualidade da água nesta região tem sido historicamente comprometida pela poluição causada pelo lançamento direto e sem que haja um tratamento prévio, tanto de esgotos domésticos, quanto de efluentes industriais.

Ao longo dos anos, diversas iniciativas foram implementadas com o objetivo de recuperar a Baía de Guanabara, entre elas o Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) e o Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno (PSAM). Embora essas ações tenham resultado na implementação de estações de tratamento de esgoto e instalação de ecobarreiras para retenção dos resíduos flutuantes, os resultados ainda dependem de monitoramento e manutenção contínuos das ações, além de um maior comprometimento governamental e investimentos mais robustos (INEA, 2018).

Diante desse cenário, se faz necessário assegurar a sustentabilidade ambiental, evidenciando a urgência de investimentos em saneamento, regulamentação ambiental e conscientização pública. As consequências da negligência histórica de proteção aos ecossistemas aquáticos reforçam ainda mais a necessidade de ações preventivas, tais como o controle da poluição difusa, recuperação de áreas degradadas e monitoramento ambiental contínuo, enfatizando que a melhoria da qualidade da água depende da integração entre conhecimento técnico, mobilização política e participação social.

Neste contexto, o estudo realizou a avaliação técnica da qualidade da água dos rios da Região Hidrográfica V (RH-V) – Baía de Guanabara, uma das nove RHs do estado do Rio de Janeiro, considerando parâmetros físicos, químicos e biológicos. A pesquisa buscou avaliar o grau de degradação ambiental dos rios Caceribu, Guapi e Iguçu, levando em conta os impactos antrópicos, como o lançamento de esgoto, o descarte inadequado de resíduos e a ausência de infraestrutura de saneamento, além de identificar os níveis de contaminação e aspectos críticos que comprometem os usos múltiplos dos recursos hídricos.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi a pesquisa exploratória, com o objetivo de levantar dados sobre o monitoramento da qualidade da água de rios da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara em trabalhos acadêmicos. Em seguida, os dados secundários sobre os parâmetros de qualidade da água, divulgados periodicamente pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA), foram sistematizados considerando os seguintes indicadores: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PT), nitrato (NO_3^-), pH, turbidez (T), sólidos dissolvidos totais (SDT) e coliformes termotolerantes. Com base nesses dados, a variabilidade dos parâmetros foi analisada entre os anos de 2012 e 2023,

permitindo a compreensão da qualidade das águas e a identificação dos principais agentes de degradação ambiental. Os dados de 2020 e 2021 não foram disponibilizados devido à pandemia de COVID-19.

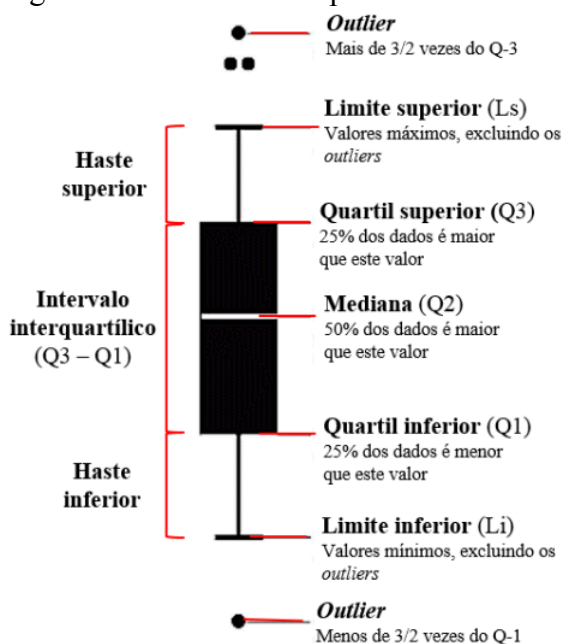
Para avaliação da qualidade ambiental, realizou-se uma análise exploratória através do gráfico tipo Box Plot, que inclui estatísticas descritivas como Quartil 1 e 3, mediana, valores mínimos e máximos e os limites superiores e inferiores da definição de outliers. Este gráfico permite uma visualização da distribuição de dados e os valores discrepantes dentre eles, além de permitir também a comparação de diferentes amostras. O quadro 1 apresenta as estatísticas utilizadas na construção do boxplot, enquanto a figura 1 permite visualizar a posição de cada uma dessas estatísticas no gráfico, facilitando a interpretação dos dados.

Quadro 1 - Informações do Box Plot

Observações ou Parâmetros Estatísticos	Descrição
Valores aberrantes (outliers)	Números discrepantes, se diferenciam dos padrões definidos e estão fora dos limites da definição estabelecida previamente.
Quartil 1 (Q1)	25% dos dados estão abaixo deste valor
Mediana	É o valor central do gráfico, dividindo 50% dos valores inferiores e 50% dos superiores.
Quartil 3 (Q3)	25% dos dados estão acima deste valor
Intervalo interquartilico	É a diferença entre Q3 e Q1 (Q3-Q1) e representa a dimensão do box plot
Limite superior da definição de outliers	Valor mínimo do conjunto de dados, não incluindo os outliers
Limite inferior da definição de outliers	Valor máximo do conjunto de dados, não incluindo os outliers

Fonte: Adaptado de SANTOS, 2014.

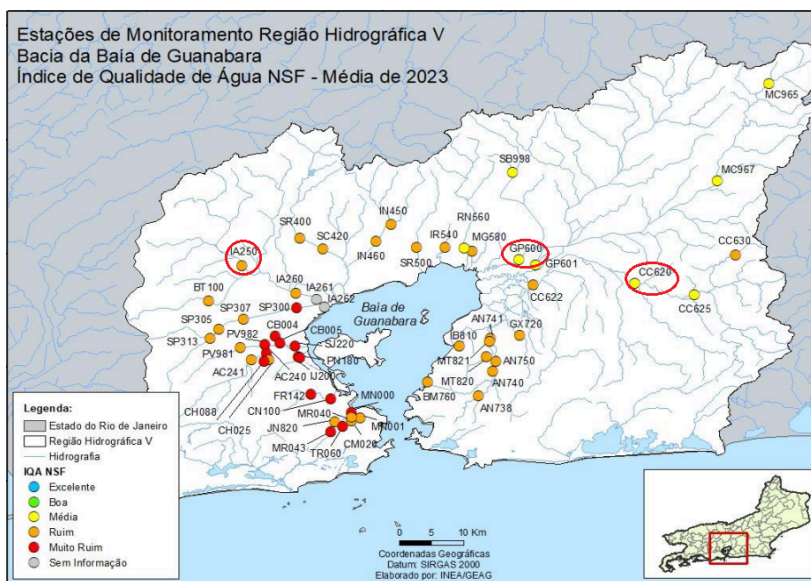
Figura 1- Divisão do Boxplot



Fonte: NETO, 2017

O estudo concentrou-se nos rios mais representativos da RH-V, os Rio Caceribu, Rio Guapi e Rio Iguçu (figura 2), considerados fundamentais para a dinâmica hídrica da região (Coelho, 2007; Sampaio, 2003 apud UMCES, 2015). Posteriormente, foi realizada a comparação entre os resultados obtidos a partir dos dados secundários do INEA e os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), que define os padrões de qualidade para os corpos hídricos. A análise considerou especificamente o enquadramento em águas doces de classe dois. A mencionada resolução preconiza que as águas doces são consideradas de classe dois para os corpos hídricos que não possuem enquadramento. No que tange os rios objeto do presente estudo, a proposta de Enquadramento do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Baía de Guanabara se encontra em revisão (CBH-BG, 2021).

Figura 2 - Estações de Monitoramento RH-V (INEA)



Fonte: INEA, 2023

2.1 Enquadramento de Corpos Hídricos

O enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes é um dos cinco instrumentos previstos na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433/1997, cuja função consiste em estabelecer os níveis de qualidade a serem alcançados ou mantidos em um corpo hídrico, de acordo com os usos preponderantes. Nesse contexto, a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) estabelece diretrizes ambientais para o enquadramento das águas superficiais, determinando padrões de qualidade baseados em parâmetros físico-químicos e biológicos conforme os usos preponderantes. Conforme dispõe a Lei nº 9.433/1997, art. 3º, inciso III, a gestão dos recursos hídricos deve ser realizada de forma integrada à gestão ambiental, garantindo que o planejamento e o uso das águas estejam alinhados à proteção dos ecossistemas e à promoção da sustentabilidade dos usos múltiplos.

As classes de enquadramento dos corpos d' água superficiais estabelecidas pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA, variam conforme os usos (Brasil, 2005) (figura 3). A classe especial corresponde aos usos que exigem o mais alto nível de qualidade da água, sendo portanto, a mais restritiva quanto às interferências antrópicas, não sendo permitido o lançamento de efluentes, mesmo que tratados. À medida que o número da classe avança, há uma redução na qualidade da água e, conseqüentemente, uma flexibilização das restrições quanto às atividades humanas que possam comprometer a qualidade do corpo hídrico.

Figura 3- Requisitos de Qualidade da Água por classe e uso



Fonte: ANA, 2020

A gestão da água deve garantir que ela atenda aos múltiplos usos e usuários, como para a conservação de ecossistemas aquáticos, abastecimento urbano, lazer, irrigações, fornecimento de água para animais, navegação, geração de energia, entre outros usos. Sendo assim, cada uso exige um nível diferente de qualidade. Por exemplo, a água utilizada para consumo humano requer uma qualidade maior do que a utilizada para navegação (ANA, 2020).

A existência da classe quatro no enquadramento dos corpos hídricos representa um desafio significativo para a gestão ambiental e a saúde pública no Brasil. Essa classificação permite que rios recebam elevadas cargas de poluentes sem limites definidos para diluição, tornando-se inaptos para qualquer tipo de uso, inclusive o abastecimento humano, a irrigação, a pesca e a recreação, ainda que submetidos a tratamento. Desse modo, os cursos d'água acabam funcionando como esgotos a céu aberto, piorando ainda mais a degradação ambiental e os riscos sanitários (CMS SOSMA, 2021).

No Brasil, cerca de 32 milhões de pessoas vivem sem acesso à água potável, e aproximadamente 90 milhões de brasileiros não contam com serviço de coleta de esgoto (Instituto Trata Brasil, 2024). Diante desse cenário, a manutenção da classe quatro contribui para acentuar a desigualdade socioambiental existente, além de comprometer o direito fundamental à água limpa e de qualidade. Por isso, a revisão e eventual extinção da classe quatro se tornam essenciais para fortalecer políticas de recuperação dos mananciais urbanos, ampliar o uso sustentável dos recursos hídricos e garantir melhores condições de vida para a população.

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1 QUALIDADE AMBIENTAL

Neste tópico, foi realizada a análise comparativa dos indicadores de DBO e fósforo total dos rios Caceribu, Guapi e Iguazu ao longo de 2012 a 2023, avaliando sua conformidade com os limites legais e identificando padrões, variações e episódios críticos que caracterizam a qualidade ambiental desses corpos hídricos.

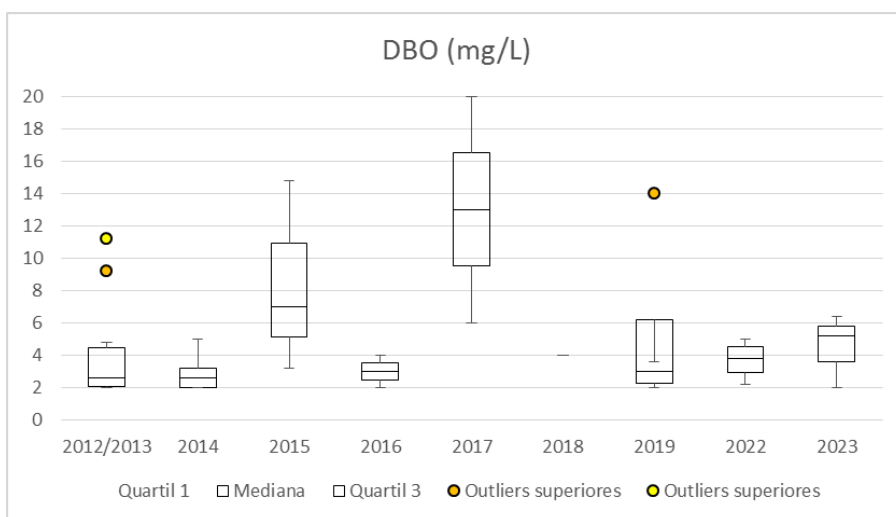
Durante os nove anos avaliados pelo INEA (2012 a 2023) no rio Caceribu (figura 4), cinco apresentaram medianas de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) inferiores a 5 mg/L, atendendo aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe dois. Porém os anos de 2015, 2017 e 2023 ultrapassaram esse valor, com

destaque para 2017, que registrou a pior mediana (13 mg/L), seguido por 2015 (7 mg/L) e 2023 (5,2 mg/L). Esses dados indicam maior presença de matéria orgânica biodegradável nesses períodos, exigindo maior consumo de oxigênio em decomposição mediada por microorganismos, o que pode comprometer a saúde do ecossistema aquático.

Os menores valores anuais, com exceção de 2017 (mínimo de 6 mg/L), ficaram entre 2 e 4 mg/L, abaixo do limite legal. Já nos valores máximos foram registrados picos nos anos de 2015 (14,8 mg/L), 2017 (20 mg/L) e 2023 (6,4 mg/L), reforçando o indicativo de poluição elevada.

Valores aberrantes superiores foram observados apenas nos anos de 2012/2013 (9,2 e 11,2 mg/L) e 2019 (14,0 mg/L), apontando despejos irregulares e em grande quantidade de esgoto no corpo hídrico. No geral, a dispersão dos dados avaliada pelo intervalo interquartil foi reduzida (entre 1 e 3,9 mg/L), indicando relativa estabilidade. As exceções ficam por conta de 2015 e 2017, que apresentaram maior variabilidade (5,8 e 7 mg/L respectivamente), sinalizando maior instabilidade na qualidade da água nesses anos.

Figura 4 - Box plot para DBO referente ao rio Caceribu, estação CC620

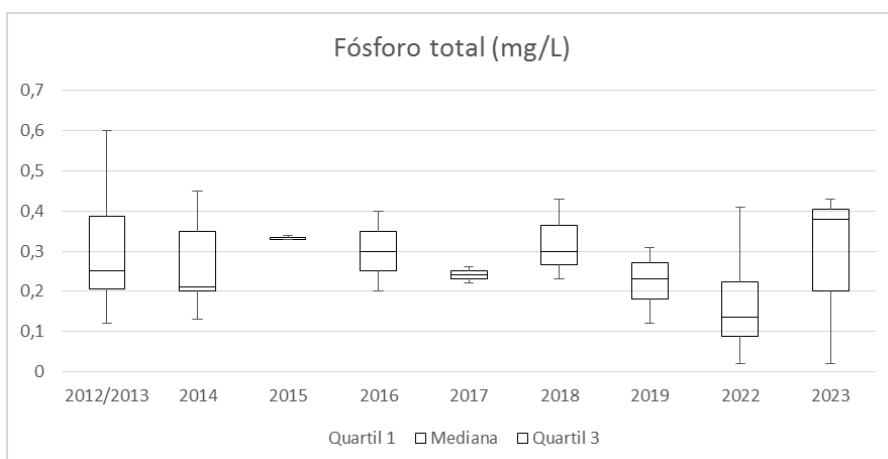


Em todos os anos analisados (2012-2023), as medianas dos valores de fósforo total do rio Caceribu (figura 5) superaram o limite de 0,10 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para ambientes lóticos, indicando consistente presença significativa de carga poluente no corpo d'água monitorado. Esse padrão sugere que há um despejo recorrente de esgoto não tratado, doméstico ou industrial, nas áreas de coleta. Os anos de 2015 e 2023 apresentaram as piores medianas, com 0,33 mg/L e 0,38 mg/L, respectivamente, evidenciando momentos críticos de deterioração da qualidade da água.

Quanto aos valores mínimos, apenas os anos de 2022 e 2023 registraram concentrações inferiores ao limite legal, ambos com 0,02 mg/L. Nos demais anos, mesmo os menores valores se mantiveram acima de 0,10 mg/L, reforçando a constância da contaminação. Já os valores máximos ultrapassam muito o valor de referência em todos os períodos, sendo 2012/2013 o mais crítico, com pico de 0,60 mg/L.

Não foram identificados *outliers* em nenhum dos anos, o que demonstra uma certa uniformidade nos dados. A dispersão, medida pela diferença entre os quartis, também se manteve baixa na maioria dos anos, variando entre 0,2 e 0,48. As exceções foram 2015 e 2017, que apresentaram variabilidade muito reduzida (0,01 e 0,04, respectivamente).

Figura 5- Fósforo total referente ao rio Caceribu, estação CC620

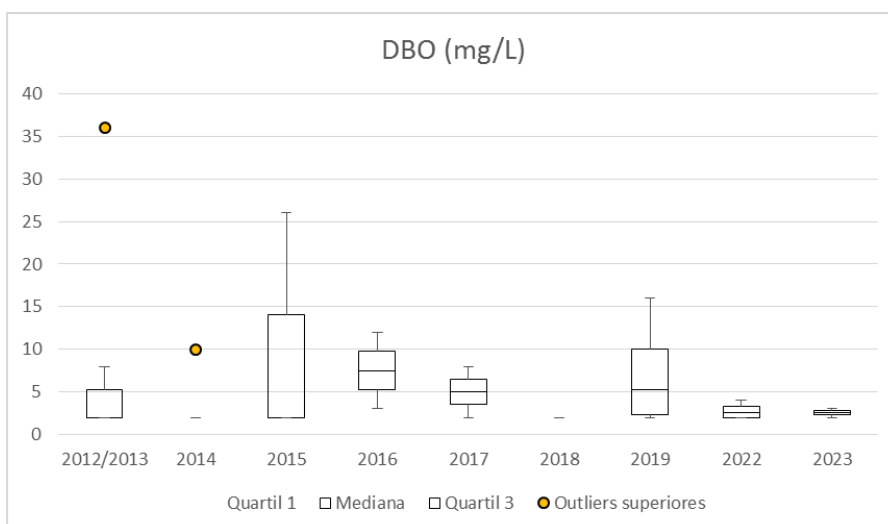


Para o rio Guapi, para a DBO (figura 6) que não pode ultrapassar 5 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, apenas 2 anos excederam o permitido, sendo eles 2016 com 7,5 mg/L e 2019 com 5,2 mg/L. O ano de 2017 obteve o valor máximo estabelecido, ficando com uma mediana de exatamente 5 mg/L, enquanto o restante dos anos ficou entre a faixa de 2 e 2,6 mg/L.

Os valores mínimos oscilaram entre 2 e 3 mg/L, dentro do permitido. Já os valores máximos que ultrapassam a Resolução chegaram de 8 até 16 mg/L, com destaque para o ano de 2015 que obteve o maior valor não aberrante de 26 mg/L.

Foram identificados outliers superiores em 2012/2013 (36 mg/L) e em 2014 (10 mg/L), sugerindo despejos pontuais de esgoto com alta carga orgânica. O intervalo interquartil variou entre 0,5 e 12 mg/L, apontando certa irregularidade na distribuição dos dados ao longo do período monitorado.

Figura 6- DBO referente ao rio Guapi, estação GP600

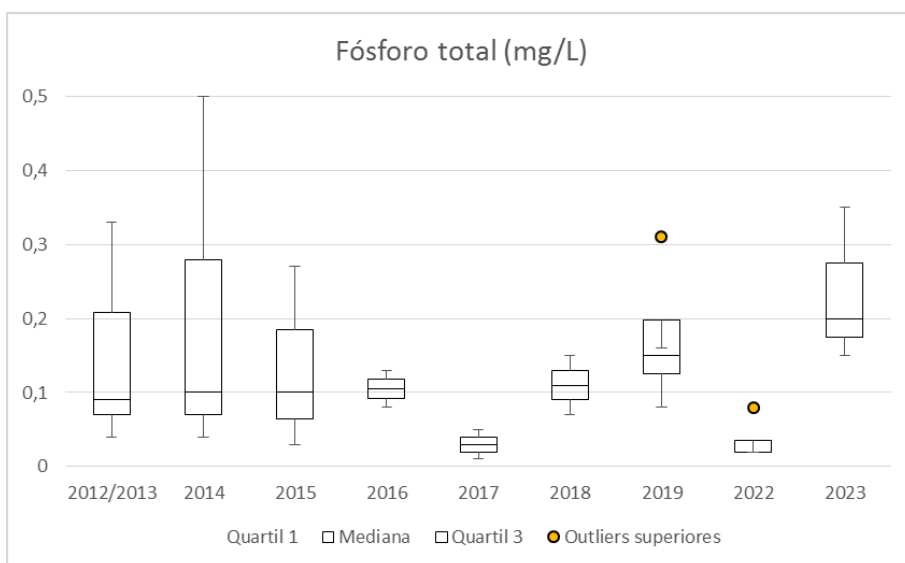


Como mencionado anteriormente, para ambientes lóticos, a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o limite de 0,10 mg/L de fósforo total (figura 7). Ao longo dos anos avaliados (2012-2023), as medianas de quatro períodos do rio Guapi ultrapassaram esse limite: 2016 (0,105 mg/L), 2018 (0,11 mg/L), 2019 (0,15 mg/L) e 2023 (0,20 mg/L), evidenciando condições desfavoráveis à qualidade da água nesses momentos.

Os valores mínimos permaneceram dentro do padrão legal na maioria dos anos, com exceção de 2023, que apresentou 0,15 mg/L como valor mais baixo. Em contrapartida, os valores máximos superaram o limite em praticamente todos os anos analisados, variando em média entre 0,13 e 0,50 mg/L. As exceções ficaram por conta de 2017 e 2022, que registraram máximos de 0,05 e 0,02 mg/L, respectivamente.

Houve também valores aberrantes superiores em 2019 (0,31 mg/L) e em 2022 (0,08 mg/L). O intervalo interquartil variou de 0,015 a 0,21 mg/L, refletindo oscilações importantes na distribuição dos dados e de contaminação por fósforo.

Figura 7-Fósforo Total referente ao rio Guapi, estação GP600

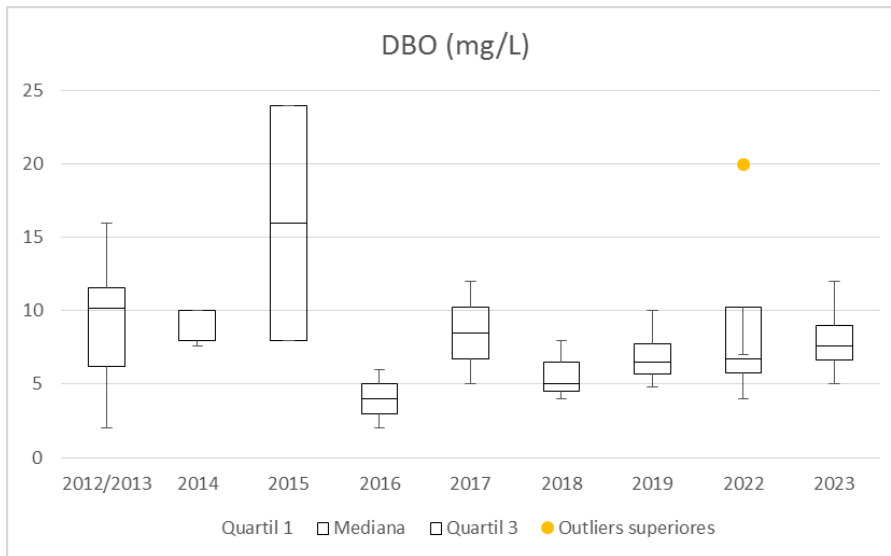


Para o rio Iguaçu, a DBO (figura 8) dos anos analisados (2012-2023) apresentou medianas entre 6,5 e 16 mg/L, ultrapassando o limite de 5 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 na maioria dos anos analisados. Apenas dois anos ficaram dentro dos padrões: 2016, com 4 mg/L, e 2018, com exatamente 5 mg/L. Os dados reforçam a presença constante de matéria orgânica biodegradável nos corpos hídricos avaliados, o que sugere aporte significativo de esgoto.

Os valores mínimos registrados oscilaram entre 2 e 8 mg/L, enquanto os máximos ficaram entre 6 e 24 mg/L. Dos 38 resultados obtidos, apenas 9 respeitaram os padrões permitidos, sendo 3 deles iguais ao valor máximo de 5mg/L.

No que se refere à valores aberrantes, foi observado apenas um outlier superior no ano de 2022, com valor de 20 mg/L. O intervalo interquartil variou de 2 a 16 mg/L, revelando considerável amplitude nos resultados ao longo dos anos.

Figura 8- DBO referente ao rio Iguaçu, estação IA250

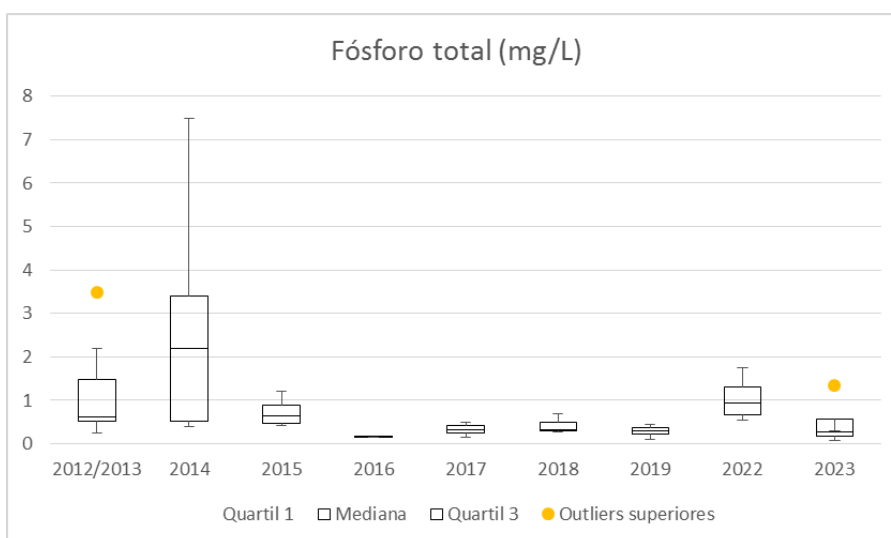


As medianas observadas para o fósforo total do rio Iguaçu (figura 9) variaram entre 0,14 e 2,22 mg/L, estando todas acima do limite máximo de 0,10 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. Esses resultados indicam um quadro recorrente de enriquecimento por nutrientes nos corpos hídricos analisados.

Os valores mínimos oscilaram entre 0,08 e 0,54 mg/L, sendo o único dentro do padrão legal o registrado em 2023 (0,08 mg/L). Por outro lado, os valores máximos foram significativamente elevados, variando de 0,15 a 7,49 mg/L, o que aponta para uma carga considerável de fósforo nos pontos de monitoramento ao longo dos anos, possivelmente associada a despejos de esgoto doméstico, efluentes industriais ou uso excessivo de fertilizantes.

Em relação aos outliers, foram identificados superiores em 2012/2013, com 3,48 mg/L, e outro em 2023, com 1,34 mg/L. O intervalo interquartil apresentou grande amplitude, variando de 0,005 a 2,88 mg/L, o que reflete uma alta dispersão nos resultados e indica que as concentrações de fósforo sofreram grandes variações temporais.

Figura 9- Fósforo Total referente ao rio Iguaçu, estação IA250



3.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

A análise dos parâmetros de qualidade da água dos rios Caceribu, Guapi e Iguaçu foi realizada com base nos dados disponibilizados pelo INEA. Neste tópico são apresentados os resultados obtidos que foram comparados com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (tabela 1), que define as diretrizes e limites permitidos para diferentes classes de corpos hídricos, de acordo com seus usos preponderantes.

Ao comparar a média dos dados obtidos nos pontos de monitoramento com os valores estabelecidos pela Resolução, é possível identificar quais parâmetros estão dentro dos padrões aceitáveis e quais apresentam valores em desacordo. Isso permite avaliar se a qualidade da água dos rios atende aos usos pretendidos ou se há comprometimento ambiental. Sendo assim, valores acima dos limites indicam potenciais fontes de poluição e refletem a necessidade de ações corretivas e preventivas.

Tabela 1 - Padrões de lançamento de efluentes por classe CONAMA 357/2005

PARÂMETRO	UNIDADE	ÁGUAS DOCES CLASSE 2
Turbidez	UNT	100
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500
pH	-	6,0 a 9,0
Coliformes Termotolerantes	org/100ml	1.000 / Resol. 274
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)	mg/L	5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	≥ 5
Nitrato	mgN/L	10,0
P total (amb. lótico e trib. amb. interm.)	mgP/L	0,10

A análise das médias de dados de qualidade da água do rio Caceribu (tabela 2), em comparação com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe dois mostrou que, de um total de 72 resultados obtidos, 23 apresentaram valores acima dos limites permitidos (em vermelho). O fósforo total excedeu o limite em todos os anos analisados (2012-2023), seguido pelos coliformes termotolerantes (cinco anos excedentes), oxigênio dissolvido (quatro registros abaixo do mínimo exigido) e a DBO (três anos acima do permitido).

Tabela 2 - Média dos parâmetros do Rio Caceribu

Parâmetros	2012/13	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023
DBO	4,2	3,0	8,3	3,0	13,0	4,0	5,5	3,7	4,5
Fósforo Total	0,29	0,27	0,33	0,3	0,24	0,32	0,22	0,18	0,28
Nitrato	2,6	4,7	1,0	0,6	0,4	0,1	0,9	1,1	1,1
O.D	6,0	3,7	3,3	5,3	2,7	3,6	5,6	6,3	6,2
pH	7,5	7,0	6,9	6,7	7,4	7,4	7,4	7,0	7,2
Turbidez	40,9	6,4	8,3	20,1	11,9	41,5	22,0	19,1	80,5
Coliformes	22.387	1.270	716,7	1.300	328	853,3	847,5	2.200	9.253
SDT	149,6	153,2	190,3	201	650	650,7	118	93,5	110,3

Ao analisar a qualidade da água do rio Guapi (tabela 3) também é possível observar que as médias dos parâmetros ultrapassaram os limites da Resolução em 26 dos 72 resultados totais analisados. Os coliformes termotolerantes excederam os limites em oito anos, seguidos pelo fósforo total (sete anos acima do permitido), oxigênio dissolvido (seis anos abaixo do mínimo) e DBO (quatro anos acima do valor máximo).

Tabela 3- Média dos parâmetros do Rio Guapi

Parâmetros	2012/13	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023
DBO	6,5	3,6	10	7,5	5,0	2,0	7,1	2,8	2,5
Fósforo Total	0,14	0,20	0,13	0,11	0,03	0,11	0,17	0,04	0,23
Nitrato	0,4	0,3	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,6
O.D	4,5	5,3	3,9	3,4	5,4	3,7	2,5	4,7	5,7
pH	7,3	6,8	6,9	6,5	7,0	7,0	6,9	6,8	6,8
Turbidez	44,2	19,7	22,6	21,3	11,6	17,4	33,1	20,9	75,1
Coliformes	4.766	4.920	2.312,3	4.900	658	12.700	1.255	14.242	8.430
SDT	212,6	102,8	3.491	75,5	35	86,5	117,8	44,5	98,3

Por fim, analisando a qualidade da água do rio Iguaçu (tabela 4), igualmente foi possível observar que diversas médias ultrapassam os limites estabelecidos pela Resolução, com 30 resultados dos 72 analisados acima do permitido. O fósforo total e os coliformes termotolerantes estiveram acima do permitido em todos os nove anos analisados, seguidos pela DBO, que excedeu o limite em oito anos, e pelo oxigênio dissolvido, com quatro anos abaixo do valor mínimo exigido.

Tabela 4- Média dos parâmetros do Rio Iguaçu

Parâmetros	2012/13	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023
DBO	9,4	8,7	16	4,0	8,5	5,7	7,0	9,4	8,1
Fósforo Total	1,1	2,8	0,72	0,15	0,33	0,42	0,29	1,04	0,49
Nitrato	2,6	6,0	2,4	1,1	0,4	0,3	0,5	8,4	4,8
O.D	3,8	5,2	3,0	6,6	6,3	3,9	5,5	4,7	5,6
pH	7,2	7,0	7,1	7,9	7,2	7,3	7,4	7,3	7,3
Turbidez	10,9	16,6	10,2	22,6	24,1	12,3	20,6	12,5	14,4
Coliformes	765.900	966.000	1.600.000	33.000	80.012	386.667	600.500	234.500	24.000
SDT	283,2	150,6	201,5	114,5	85,5	153,7	120,5	278,5	144,5

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As intervenções humanas têm provocado profundas alterações na qualidade dos ecossistemas aquáticos, principalmente devido à poluição dos recursos hídricos por diferentes agentes contaminantes. A avaliação da qualidade da água representa uma etapa fundamental do monitoramento ambiental, funcionando como uma ferramenta essencial para a proteção da saúde humana e para a manutenção do equilíbrio ecológico. O monitoramento de corpos hídricos envolve a medição contínua ou periódica de parâmetros de qualidade da água, gerando dados e informações fundamentais para subsidiar estratégias de recuperação de áreas degradadas e para a conservação dos recursos hídricos.

Ao comparar os dados de monitoramento dos Rios Caceribu, Guapi e Iguaçu com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, verificou que os corpos hídricos analisados não atendem aos padrões mínimos exigidos para águas doces de classe 2 em diversos parâmetros, em especial no que se refere ao fósforo total, coliformes termotolerantes, DBO e oxigênio dissolvido. Os elevados registros da DBO associados às baixas concentrações de oxigênio dissolvido (OD) indicam a ocorrência de despejo contínuo de esgoto nos corpos hídricos, visto que o O.D é consumido no processo de oxidação da matéria orgânica biodegradável (M.O). Os altos teores de fósforo total, revelam que os corpos hídricos estão sofrendo com poluição de compostos fosforados (detergentes, etc) e lançamento de esgoto, enquanto os coliformes indicam a ocorrência de poluição de origem fecal. Os parâmetros de Nitrato, pH e turbidez foram os únicos parâmetros que apresentaram todos os seus resultados dentro dos limites permitidos em todos os rios analisados, indicando uma baixa de contaminação por compostos nitrogenados (por exemplo, fertilizantes),

equilíbrio da acidez/alcalinidade da água e ausência de substâncias que alterem a transparência da água (por exemplo, sólidos suspensos, etc).

Ao observar a elevada incidência de valores fora dos padrões estabelecidos pela legislação, fica evidente a ocorrência constante de poluição causada pelo lançamento de esgoto sem tratamento. Esse cenário evidencia, uma realidade onde os corpos hídricos avaliados estão submetidos a uma forte pressão antrópica, decorrente principalmente da ausência de infraestrutura de saneamento, da ocupação desordenada das margens dos rios e do uso intensivo do solo sem o devido controle ambiental.

Sendo assim, verifica-se que a contaminação por matéria orgânica e efluentes sem tratamento impactam diretamente a qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, a biodiversidade e os usos potenciais da água. Esse cenário reflete deficiências na gestão ambiental, principalmente na gestão dos recursos hídricos, e na efetiva implementação de políticas públicas voltadas à proteção e recuperação dos recursos hídricos, reforçando a urgência de ações integradas de recuperação ambiental, controle da poluição e conscientização social.

Para que a recuperação da Baía de Guanabara seja eficaz, é necessário que, antes de tudo, enfrentar a causa principal do problema, qual seja, a degradação e a poluição dos rios que compõem a bacia hidrográfica e possuem o curso final desaguardo na Baía. Sendo assim, uma vez que a qualidade da água da Baía de Guanabara reflete diretamente a condição dos corpos hídricos que compõem sua bacia hidrográfica, os rios urbanos também funcionam como espelhos socioambientais das cidades, refletindo de maneira direta as condições sociais, econômicas e ambientais das áreas em que se encontram. Portanto, com a melhoria da qualidade desses corpos hídricos, será possível promover a restauração dos ecossistemas e a valorização socioambiental da região.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Emanuel, 1980. Baía de Guanabara: descaso e resistência / Emanuel Alencar. – [2. ed.] – Rio de Janeiro : Mórula : Fundação Heinrich Böll, 2021. 152 p. ; il. ; 24 cm.

Disponível em:

<https://br.boell.org/sites/default/files/2021-09/2aEDICAO_BaiaGuanabara_WEB_25AGO.pdf>

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Enquadramento dos corpos d'água em classes. Brasília, DF: ANA, 2020. 57 p. Disponível em:

<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarte_enquadramento_conjuntura2019.pdf>

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 dez. 2003. Disponível em:

<<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 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. [Brasília, DF]: MMA, 17 mar. 2005. 27 p. Disponível em:

<https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450>.

BPBES - Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Relatório temático água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem estar humano no Brasil [livro eletrônico] / [organização Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos]; coordenação Aliny P. F. Pires, Vinicius F. Farjalla. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.4322/978-65-00-00068-9>>.

BRITTO, Ana Lucia. Implantação de Infra-Estrutura de Saneamento na Região Metropolitana do Rio De Janeiro. Uma Avaliação das Ações do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR), v. 5, n. 1, p. 63-77, 2003. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/5139/513952497006.pdf>>

CBH-BG - COMITÊ DE BACIA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA E DOS SISTEMAS LAGUNARES DE MARICÁ E JACAREPAGUÁ. ATLAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA V. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: CBH-BG, 2021. 229 p. Disponível em: <https://comitebaiadeguanabara.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Atlas_CBH-BG.pdf>

CBH-BG - COMITÊ DE BACIA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE GUANABARA E DOS SISTEMAS LAGUNARES DE MARICÁ E JACAREPAGUÁ. Pra Baía: Plano de Recuperação Ambiental da Baía de Guanabara. Rio de Janeiro: CBH-BG, 2016. Disponível em: <<https://comitebaiadeguanabara.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Plano-de-Recuperacao-Ambiental-da-Baia-de-Guanabara.pdf>>

CMS SOSMA- CENTRO DE MONITORAMENTO E SISTEMAS DA SOS MATA ATLÂNTICA. OBSERVANDO OS RIOS 2021: o Retrato da Qualidade da Água nas Bacias Hidrográficas da Mata Atlântica. São Paulo, SP: CMS SOSMA, mar. 2021, 61 p. Disponível em: <https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2021/03/observando-rios-2021digital_FINAL.pdf>

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. Boletim Consolidado - Qualidade das Águas. Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2022, 30 p. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2023/03/Boletins-consolidados-por-RH-2022.pdf>>

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. BOLETIM CONSOLIDADO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DA REGIÃO HIDROGRÁFICA V - BAÍA DE GUANABARA BACIA DA BAÍA DE GUANABARA. Rio de Janeiro, RJ: INEA, 2023, 4 p. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2024/06/Consolidado-2023-RH-V-BBG.pdf>>

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. Revista Ineana, v.6, n.1 (jan./jun. 2018) – Baía de Guanabara: Um Olhar sobre o Saneamento. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Ineana6-Completa-Versão-Web.pdf>>

INSTITUTO TRATA BRASIL. RANKING DO SANEAMENTO DO INSTITUTO TRATA BRASIL DE 2024 (SNIS 2022). São Paulo, SP: ITB, GO Associados, 2024, 88 p. Disponível em:

<<https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/04/Relatorio-Completo-Ranking-do-Saneamento-de-2024-TRATA-BRASIL-GO-ASSOCIADOS.pdf>>

NETO, José Valladares et al. Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos. Revista Odontológica do Brasil Central, Goiânia, v. 26, n. 76, p 1-6, 2017. Disponível em:

<<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/11/875289/1132-6472-2-pb.pdf>>

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado do Ambiente. Instituto Estadual do Ambiente. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Resolução CERHI-RJ no 107, de 22 de maio de 2013. Aprova nova definição das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro e revoga a Resolução CERHI N° 18 de 8 de novembro de 2006. Rio de Janeiro: INEA, 5 p. 22 maio. 2013a. Disponível em:

<https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/Res_CERHI-RJ_107_2013.pdf>

UMCES - University of Maryland Center for Environmental Science. Os Rios da Baía de Guanabara. 2015, 17 p. Disponível em:

<https://www.umces.edu/sites/default/files/Os%20Rios%20da%20Baía%20de%20Guanabara_The%20Rivers%20of%20Guanabara%20Bay.pdf>.

Santos et al. Qualidade das águas das bacias hidrográficas da cidade de Salvador e do município de Lauro de Freitas, Bahia. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (Gesta), v. 6, n. 1, Bahia, p. 97-124, 2018. Disponível em:

<<https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/24346/15903>>

SANTOS, Mariana Rodrigues dos. Evolução temporal da eutrofização no complexo lagunar de Jacarepaguá. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. 126 p. Disponível em:

<<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/17798/1/monopoli10014039-compactado.pdf>>

SUASSUNA, João. A má distribuição da água no Brasil. Observa-Fundaj. Fundação Joaquim Nabuco, 05 abr. 2019. Atualizado em: 03 nov. 2021. Disponível em:

<<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/artigos-de-joao-suassuna/a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil#:~:text=O%20problema%20é%20que%20esse,bacia%20do%20rio%20São%20Francisco>>.