



IV-471 - TRATAMENTO IN LOCO DE RIOS E CÓRREGOS: ANÁLISE DA EFICÁCIA POR MEIO DE ESTUDOS DE CASO.

Ana Paula Pereira da Silveira⁽¹⁾

Tecnóloga em Hidráulica e Saneamento Ambiental, mestre em Tecnologia e Doutora em energia. Atua como tecnóloga em saneamento na SABESP e é docente na FATEC-SP e no Senac.

Victoria Rodrigues Dos Santos

Estagiária na CORDATUS ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, realizando projeto de esgoto e autorizações ambientais. Técnica de meio ambiente e atualmente estudante de hidráulica e saneamento ambiental na FATEC-SP.

Alessandra Scarmagnan Paiva Rio

Atua há 20 anos na área comercial, em garantias patrimoniais, pela ALM HAKONE CONSULTORIA EM GARANTIAS PATRIMONIAIS. Formada em eletrônica, biologia e seguros. Atualmente, cursando hidráulica e saneamento ambiental.

Luiz Eduardo Mendes

Tecnólogo em obras hidráulicas, Eng civil, mestre em tecnologia de processos produtivos pelo Centro Paula Souza, doutorando pela Unicamp área de recursos hídricos e energéticos.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Adolfo Pinheiro 2233, Chácara Santo Antônio, São Paulo – SP, Brasil, CEP 04734-003 e-mail: appsilveira@sabesp.com.br

RESUMO

A preservação dos recursos hídricos, especialmente dos rios e córregos, é de suma importância para garantir a disponibilidade de água para diferentes usos e para manter a integridade dos ecossistemas aquáticos, é crucial a criação de estratégias como consumo consciente, tratamento de efluentes e conservação da mata ciliar para contribuir para a sustentabilidade do ambiente aquático. A avaliação da qualidade da água por meio de técnicas é essencial para direcionar as intervenções de preservação e monitorar a eficácia das medidas adotadas. O compromisso com práticas sustentáveis e a implementação de políticas efetivas são fundamentais para garantir a disponibilidade e a integridade dos recursos hídricos, influenciando diretamente a qualidade de vida e o legado ambiental para as futuras gerações. A técnica de tratamento in loco de rios e córregos envolve a implementação de tecnologias diretamente nos corpos d'água afetados, demonstrando ser uma solução sustentável para enfrentar problemas de poluição e degradação ambiental, representa uma abordagem eficaz para melhorar a qualidade das águas naturais em situações em que a infraestrutura convencional de coleta e tratamento de esgoto não está atendendo todas as demandas.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento, Tratamento, Córrego, Recuperação e Despoluição.

INTRODUÇÃO

Os seres humanos utilizam a água para praticamente todas as suas atividades do cotidiano, como a produção alimentos, energia, desenvolvimento econômico, crescimento industrial, entre outras utilidades, portanto é inegável a necessidade de preservá-la e entender seu papel ecológico, econômico e social como extremamente relevante. A água é um recurso natural, fundamental para manutenção da vida na Terra, domina grande parte da composição do planeta, sendo o responsável pela dinâmica da natureza, estrutura dos ciclos ecológicos, gera a biodiversidade e influencia ativamente nos ciclos biogeoquímicos (TUNDISI, 2020).

Apesar do recurso hídrico não se esgotar, a água doce é limitada, levando em consideração a demanda para usos do mundo contemporâneo, logo a poluição produzida por ações antrópicas gera alterações no ecossistema, prejudicando a qualidade em sua composição física, química e biológica, podendo levar a escassez (VIEIRA, 2006).



As principais causas dessas alterações são, o crescimento populacional, desordenado, falta de planejamento urbano, políticas públicas ineficientes, falta de saneamento básico, falta de consciência ambiental, má gestão na distribuição da água, entre outras.

A ocupação do solo e seus usos, pode causar interferências, ocasionando alterações no curso d'água e de sua composição. O controle para proteção dos recursos hídricos, deve ser mais intensivo, em regiões que possuam características como ocupação mais densa, alto índice populacional, e alto desenvolvimento industrial, para melhor preservação da qualidade da água e uso racional da água (SETTI apud SEZERINO, 1996).

A seguir são apresentados alguns exemplos de rios importantes que sofreram interferências que impactaram negativamente em sua qualidade e quantidade, e as intervenções executadas para preservação e manutenção da qualidade da água.

Na França, o rio Sena, começou a receber uma grande quantidade de poluentes, devido a revolução industrial, em 1920, e o esgoto era lançado diretamente no rio, que praticamente virou um “esgoto a céu aberto”. Com a crescente preocupação sobre o meio ambiente e a qualidade da água, os franceses, em 1960, decidiram fazer a revitalização do rio, com a implantação de estações de tratamento de esgoto e projetos de recuperação do ecossistema local. Para manter a qualidade da água, criaram leis que multam empresas, por descarte irregular no rio, e incentivos financeiros, para que agricultores não poluam, mantendo o equilíbrio e sua biodiversidade (BRKAMBIENTAL, 2019). Já no caso do Rio Nilo, que é o segundo maior rio do mundo, nascendo ao sul da linha do equador e desaguando para o mar Mediterrâneo, e atende altas demandas por água de muitos países. Sua área de captação possui mais de 3 milhões de quilômetros quadrados, com precipitação média anual próxima de 600mm. Com o aumento da população e urbanização sem planejamento, o Rio Nilo, sofre com a descarga poluidora sem tratamento adequado (MESQUITA, 2017).

Logo, a medida em que a urbanização acelerada e as atividades humanas causam impactos contínuos sobre os corpos d'água, é indispensável mitigar danos, mas também revitalizar ecossistemas aquáticos degradados, portanto a preservação dos recursos hídricos é fundamental para enfrentar desafios ambientais cada vez mais complexos. Diante deste cenário, surge a necessidade dos tratamentos in loco de rios e córregos como uma abordagem alternativa para melhorar a qualidade das águas superficiais.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi investigar e analisar o tratamento in loco de rios e córregos por meio de estudos de caso específicos, com o intuito de identificar as melhores práticas, tecnologias e estratégias de manejo ambiental para a melhoria da qualidade da água e a conservação dos ecossistemas aquáticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia proposta para o presente artigo foi a análise de estudos de caso. Um estudo de caso é uma metodologia de pesquisa que envolve uma análise detalhada e aprofundada de um caso, seja uma pessoa, um grupo, uma organização ou um evento.

Geralmente, os estudos de caso são utilizados para examinar fenômenos complexos em seu contexto real, buscando compreender os processos, as causas e os efeitos envolvidos. Essa abordagem permite uma investigação minuciosa e uma compreensão holística do caso em questão, fornecendo insights valiosos que podem ser aplicados em diferentes áreas, como ciências sociais, negócios, medicina, entre outras.

A escolha dos casos abordados nesta pesquisa foi guiada pela diversidade de técnicas empregadas na recuperação de rios e córregos. O estudo buscou compreender e analisar quatro estudos de caso específicos relacionados ao tratamento in loco de corpos d'água. Os casos selecionados são os seguintes:

- Unidade Recuperadora da Qualidade (URQ) Água Espreada;
- Recuperação dos córregos Ibiraporã e do Sapé;
- Eficiência na remoção de geosmina no Rio Guandu;
- Análise da eficiência da fitorremediação com *Eichornia Crassipes* na despoluição de um córrego urbano receptor de esgoto;

Para obter informações significativas, foram realizadas análises dos estudos de casos selecionados para:

- Identificação das técnicas de tratamento in loco de rios e córregos aplicadas;



- Análise dos resultados antes e depois da aplicação de cada método, permitindo a verificação da eficiência das técnicas empregadas;
- Observar os impactos negativos e positivos após aplicação de cada uma das técnicas apresentadas nos estudos de caso.

Coleta e análise de dados

A escolha dos estudos de caso foi feita a partir da busca de estudos que fizeram aplicações de algumas técnicas de tratamento de rios e córregos in loco, assim foram selecionados quatro estudos de casos para apresentar as pesquisas realizadas, explorando as técnicas e avaliando os impactos gerados.

A pesquisa seguiu os seguintes passos:

Coleta de dados

- Escolha dos estudos de caso;
- Leitura da bibliografia com análise de dados e pesquisa dos estudos a serem apresentados;
- Filtro das informações pertinentes para a pesquisa;

Análise

- Introdução do estudo de caso;
- Levantamento dos problemas e desafios;
- Análise das estratégias de tratamento;
- Síntese dos resultados e impactos;

Estudos de Caso

Será apresentado a seguir a análise detalhada dos estudos de caso escolhidos, cada estudo de caso será examinado individualmente, começando com uma contextualização do estudo, seguida pela identificação dos problemas e desafios, as estratégias e abordagens adotadas e os resultados obtido após aplicação da técnica incluindo os impactos gerados através da implantação.

a) Unidade Recuperadora da Qualidade (URQ) Água Espraiada

A Unidade Recuperadora da Qualidade (URQ) Água Espraiada é um componente essencial do programa Novo Rio Pinheiros, destinado à revitalização de um curso d'água outrora considerado "morto". Este programa aborda uma variedade de frentes, incluindo iniciativas ambientais, sociais, políticas sustentáveis, além de investimentos em saneamento eficiente e obras estruturais e não estruturais alinhadas com os princípios da ecologia.

Além de ocuparem uma área significativamente menor do que as estações de tratamento convencionais, as URQ's apresentam custos de instalação, operação e manutenção inferiores aos das estações tradicionais, ao mesmo tempo em que oferecem uma durabilidade prolongada (SABESP, 2022).

A Figura 1 mostra localização da URQ ÁGUA ESPRAIADA e o curso do córrego água espraiada até o desaguamento no Rio Pinheiros.

A área circundante ao Rio Pinheiros e seus afluentes representa um paradigma de ocupação urbana desordenada, onde a implementação exclusiva de obras de infraestrutura não é suficiente para garantir a qualidade integral da água (Figura 2). Isso resulta em impactos adversos significativos sobre as comunidades que residem na região e em seus arredores (ECODUE, 2020).



Figura 1 - Contribuições Córrego Água Espreada ao desaguamento Rio Pinheiros

Fonte: GeoSampa (2024)



Figura 2 – Córrego Água Espreada

Fonte: ECODE (2020).

A área enfrenta diversos problemas, como a intensificação do adensamento populacional, ocupando áreas de várzea, dificultando a coleta de esgoto e implantação de infraestrutura urbana, sobrecarregando o meio ambiente local. Além disso, odores desagradáveis são causados pela poluição da água devido à decomposição de substâncias orgânicas, enquanto a baixa velocidade do fluxo das águas propicia o acúmulo de poluentes e contribui para o assoreamento e obstrução do fluxo de água, resultando na degradação do ecossistema do córrego e favorecendo o risco de proliferação de vetores de doenças e inundações.

Para enfrentar esses desafios, é necessário garantir a manutenção da qualidade da água por meio de monitoramento, controle de poluição e tratamento adequado. Além disso, é crucial corrigir os problemas nas margens do córrego, removendo sedimentos e implementando sistemas de gestão de resíduos. O atendimento à demanda por saneamento básico, como acesso a água potável e tratamento de esgoto, é essencial para proteger a saúde pública e preservar o córrego. Educar a população sobre os impactos do descarte irregular de resíduos e promover práticas sustentáveis também é fundamental.

Estratégias de Tratamento

A Unidade Recuperadora da Qualidade (URQ) Água Espreada, situada no endereço Rua Jorge Duprat Figueiredo, número 367, na região da Vila Paulista, em São Paulo (Figura 3). O propósito principal da

URQ Água Espreada é otimizar a qualidade das águas do Rio Pinheiros, por meio do tratamento de 180L/s das águas do Córrego Água Espreada.



Figura 3 - Mapa indicando a localização da URQ Água Espreada

Fonte: OUCAE,2021.

No caso do projeto da URQ, foram especificados objetivos de qualidade para o efluente final, a saber (ECODUE, 2020):

- Concentração máxima de DBO (Demanda Biológica de Oxigênio) no efluente final de 30 mg/L;
- Concentração máxima de SST (Sólidos Suspensos Totais) no efluente final de 30 mg/L;
- Concentração mínima de OD (Oxigênio Dissolvido) no efluente final de 2,0 mg/L;
- Eficiência mínima de 80% na remoção de DBO;

A definição do processo de tratamento adotado para as fases líquida e sólida foi justificada pela apresentação dos casos de estações existentes com, no mínimo, 2 anos em operação, que utilizem o mesmo processo e tenham vazão de, no mínimo, 50% da definida para cada uma das URQ's, conseguindo eficiência de remoção de carga de DBO especificada e que garantam que a DBO do efluente seja menor ou igual a 30 mg/L (ECODUE, 2020).

Resultados e Impactos

De acordo com os dados levantados, a área da URQ Água Espreada é caracterizada como uma área terraplenada e elevada em relação à cota do córrego Água Espreada. Nesta configuração elimina a possibilidade de ser afetada por inundações, minimizando potenciais impactos ambientais e sociais. A área identificada no cadastro da CETESB está localizada a uma distância e em configurações topográficas que eliminam a possibilidade de que suas áreas contaminadas possam ter afetado a área designada para a URQ (ECODUE, 2020).

Com início de operação em dezembro de 2022, a Unidade de Recuperação de Qualidade (URQ) Água Espreada foi projetada com a finalidade específica de cumprir com os parâmetros regulatórios estabelecidos para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos em Suspensão Totais (SST) e Oxigênio Dissolvido (OD). Para avaliar o desempenho da URQ, foi realizada a coleta de dados pertinentes através das plataformas online disponibilizadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), via Info Águas, e pela Agência Nacional de Águas (ANA). No ponto de monitoramento designado como CDESTAÇÃO_SPRA04850 (Figura 4), localizado no Córrego Água Espreada (classificado como Classe 4, com fluxo de água lótica), constatou-se que, durante o período entre 2022 e 2024, somente os registros relativos ao parâmetro de Oxigênio Dissolvido (OD) estavam disponíveis para análise.



Verificou-se uma melhoria significativa nos níveis desse parâmetro ao longo desse intervalo temporal, conforme evidenciado no gráfico subsequente (CETESB, 2024).

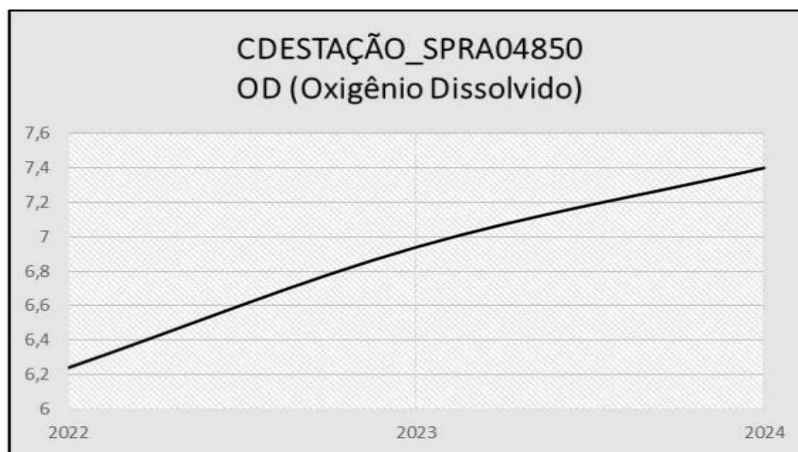


Figura 4 - Comparativo quantitativo Oxigênio Dissolvido CDESTAÇÃO_SPRA04850

Fonte: Adaptado Info Águas (CETESB, 2024).

Contudo, em paralelo à operação da URQ, a Secretaria de Infraestrutura e Obras Urbanas (SIURB), no ano de 2023, concluiu as obras de recuperação das margens e estabilização de taludes em outros cinco trechos ao longo do canal, enquanto outros dois pontos de intervenção no córrego encontram-se em progresso. É perceptível que a melhoria observada decorre de várias medidas estruturais de contenção implementadas.

A Figura 5 apresenta os pontos de coleta dos parâmetros (DBO e OD), tanto a montante quanto a jusante do Córrego Água Espreada.

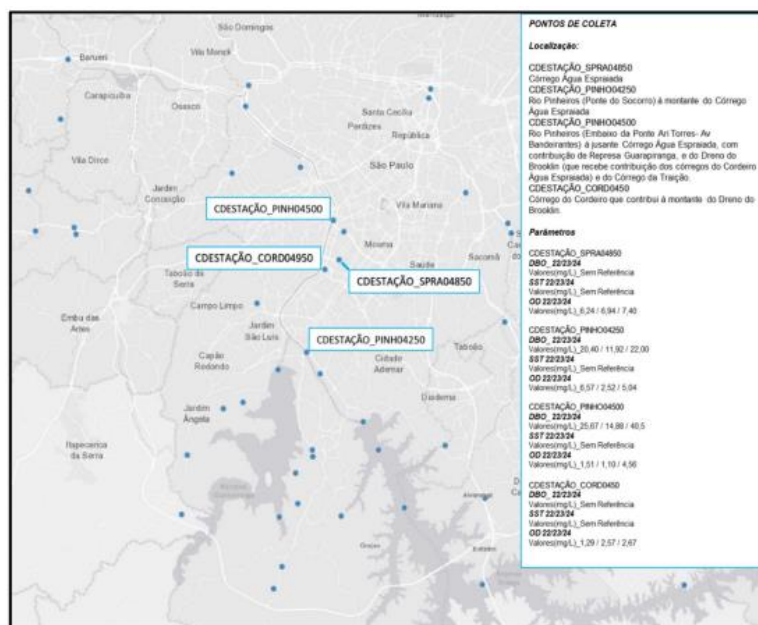


Figura 5 - Pontos de coleta na Marginal Pinheiros.

Fonte: Adaptado CETESB (2024).

b) Recuperação dos Córregos Ibiraporã e do Sapé

O estudo de caso denominado “Recuperação de Córregos urbanos através do controle de Cargas Pontuais e Difusas, estudo de caso: Córrego Ibiraporã e do Sapé” apresenta a aplicação de tratamento através de controle de cargas difusas e pontuais em córregos em participam do programa “Córrego Limpo”, sendo os selecionados



o córrego do Ibiraporã e a Nascente do córrego do Sapé, que estão localizado no município de São Paulo, no região do Butantã, foi realizado a análise comparativa de recuperação dos córregos através do monitoramento de DBO feito pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico de São Paulo), que foi possível por apresentarem características da bacia hidrográfica semelhantes (Figura 6 e Figura 7) e quantificação de produção de carga difusa (SILVA, 2014).

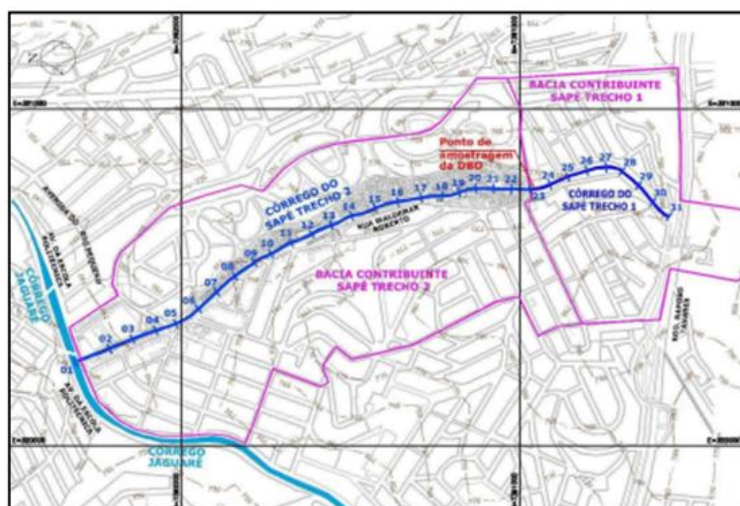


Figura 6 - Bacia do córrego do Sapé

Fonte: SILVA (2014).

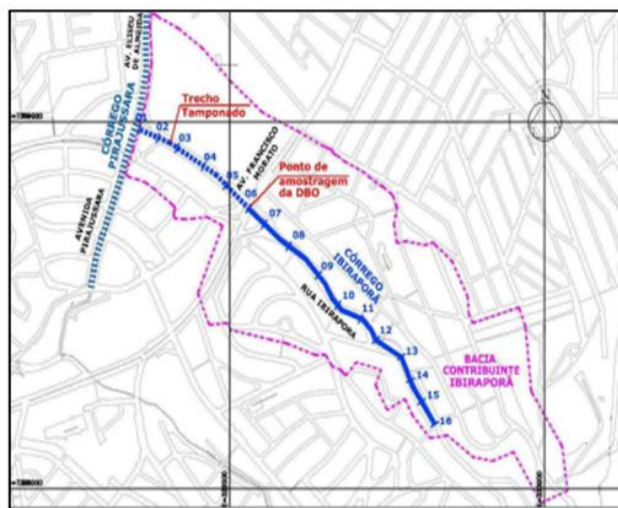


Figura 7 - Bacia do córrego do Ibiraporã.

Fonte: SILVA (2014).

Problemas e Desafios

Os principais problemas apresentados no estudo em ambos os córregos são as poluições por carga difusas e pontuais, que são caracterizados da seguinte forma, as pontuais que são de fonte passível de ser caracterizada e rastreada, como por exemplo, esgotos domésticos e efluentes industriais e as difusas são geradas ao longo da bacia contribuinte, sendo elas produzidas por inúmeros agentes poluidores, que afluem aos corpos d'água preferencialmente por ocasião dos eventos de chuvas, que apresenta complexidade para controlar pois tem sua origem principal muita das vezes desconhecido (SILVA, 2014).

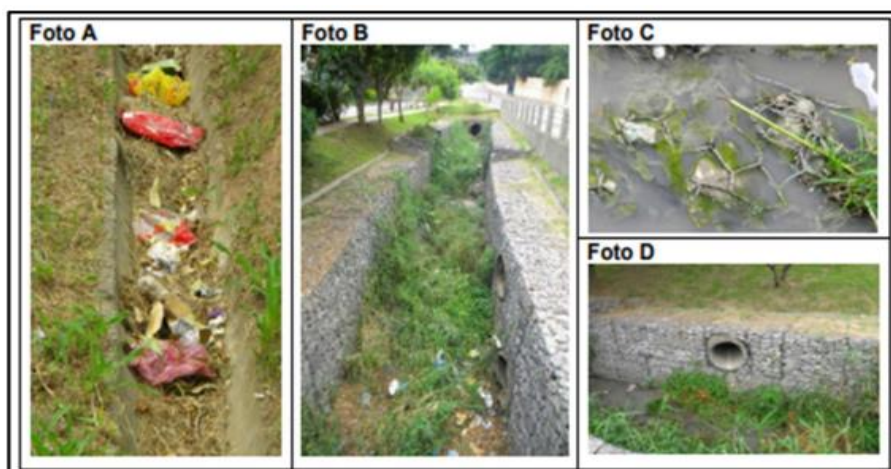


Figura 9 – Antes e depois da aplicação da técnica na nascente do córrego do Sapé.

Fonte: SILVA (2014).

Córrego Ibiraporã

A implantação de rede coletora nas margens do córrego, para coleta de esgoto doméstico que antes era lançado diretamente no corpo d'água, e a criação do parque linear, aliadas à conscientização ambiental na comunidade local, promovidas pela SABESP, em relação ao córrego Ibiraporã, tiveram um impacto significativo na melhoria da qualidade do córrego. Isso resultou em uma redução considerável da carga poluidora, levando a um processo de recuperação mais consolidado em comparação com o Córrego do Sapé, como demonstrado pela redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) durante suas análises e monitoramento. O envolvimento ativo dos moradores na limpeza do córrego, principalmente através do controle de resíduos e fiscalização de possíveis despejos inadequados, contribuiu significativamente para a eficácia dessas ações. (Figura 10).



Figura 10 – Antes e depois da implantação da técnica no córrego do Ibiraporã

Fonte: SILVA (2014).

Com isso, é possível observar que comparando os resultados das ações realizadas em ambos os córregos, fica claro que o Córrego Ibiraporã apresenta uma maior estabilidade em relação aos indicadores de qualidade da água, quando comparado ao Córrego do Sapé.

- c) **Sistema de Ultrassom para Combate da Geosmina (Mpc-Buoy: Lg Sonic Eficiente no Combate à Geosmina no Rio Guandu)**



O rio Guandu, corta oito municípios (Piraí, Paracambi, Itaguaí, Seropédica, Japeri, Queimados, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro) e deságua na Baía de Sepetiba, possui no total 63 km. A captação de água para tratamento na ETA Guandu é feita após 43 km de percurso do rio, em Nova Iguaçu (RESENDE, 2010).

A situação ambiental da Bacia do Rio Guandu é bastante complexa, com poucas formações florestais, principalmente nas áreas de baixada. Espaços rurais convivem com outros de expansão urbana e alguns locais industriais e residenciais apresentam alto grau de poluição. A bacia sofre influência crescente das atividades urbanas, industriais e agrícolas presentes na região, seja pela inadequação dos sistemas de saneamento e gestão de resíduos sólidos, seja pela presença de resíduos industriais ou pela utilização inadequada de defensivos agrícolas. A extração dos recursos minerais – especialmente da areia, utilizada para a construção civil – gerou um passivo ambiental que contribuiu de forma substancial para os desbarrancamentos e o assoreamento dos rios da região (RESENDE, 2010).

Problemas e Desafios

No dia 03 de janeiro de 2020, moradores da Região Metropolitana do Rio de Janeiro notaram por um período em suas torneiras uma água turva e com cheiro. Aproximadamente nove milhões de pessoas dependem do rio Guandu que abastece 80% da população da região metropolitana (CBHVELHAS, 2020). Segundo a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio (CEDAE), a alteração é causada pela geosmina, uma substância não tóxica que é liberada por algas. O comunicado divulgado pela CEDAE afirma que a proliferação de micro-organismos se deve a variações normais de temperatura, luminosidade ou índice pluviométrico. No entanto, especialistas alertam que o fenômeno pode ser indicativo da poluição dos mananciais por esgoto não tratado ou por vazamentos industriais e que chegam ao Guandu rios altamente poluídos, como o Ipiranga, o Queimados, o Poços e o Cabuçu, que recebem esgoto industrial e doméstico da Baixada Fluminense (CBHVELHAS, 2020).

Estratégias de Tratamento

A CEDAE investiu em uma tecnologia holandesa para resolver o problema com a geosmina, chamada MPC-Buoy, que emite ondas de ultrassom de baixa potência capazes de monitorar e controlar a proliferação das algas, com investimento de mais R\$ 4,3 milhões na aquisição e instalação de oito boias ao longo do sistema lagunar do Guandu. Os equipamentos são carregados por energia solar e contam com software hospedado na web que permite o monitoramento, em tempo real, das condições das lagoas (CEDAE², 2022). A figura 11 apresenta o modelo utilizado pela CEDAE.

Por meio de plataforma on-line, é possível visualizar dados indicadores das condições da água com base em parâmetros pré-definidos, como níveis de pH, clorofila, turbidez, oxigênio dissolvido, entre outros. Com isso, os operadores da CEDAE podem acompanhar todas as informações coletadas, além de receberem alertas em casos de possíveis alterações em algum dos padrões. Os recursos remotos ainda possibilitam a modificação das frequências de ultrassom de acordo com as características da água – explica Daniel Okumura, Diretor de Saneamento e Grande Operação da CEDAE (CEDAE, 2022).

Estudos apontam que o sistema é capaz de eliminar de 60% a 90% das algas existentes, além de prevenir o crescimento de novos organismos. Todo o processo ocorre de forma sustentável, sem uso de produtos químicos, liberação de toxinas e/ou danos ao ecossistema local. As boias são utilizadas em lagos e lagoas em 96 países, com pesquisas desenvolvidas em parceria com empresas e instituições internacionais. (CEDAE, 2022).

O ultrassom cria uma camada de som na parte superior da água. Essa barreira sonora ultrassônica impede que as algas subam à superfície e absorvam luz solar para a fotossíntese – e, conseqüentemente, se desenvolvam. Ao perder a capacidade de flutuação, esses organismos afundam e não encontram condições favoráveis para floração (LGSONIC, 2021).



Figura 11 - Modelo utilizado pela CEDAE, MPC-Buoy.
Fonte: LGSONIC (2021).

Resultados e Impactos

A implementação do sistema de monitoramento composto por oito boias MPC-Buoy permitiu a avaliação das características da água quase em tempo real, em um período de operação de apenas cinco meses. Em relação à mitigação da geosmina, com um investimento de 4,3 milhões de reais para a adoção destas tecnologias. Este investimento revelou-se altamente vantajoso, proporcionando uma economia estimada em torno de 161 bilhões de reais em tratamentos químicos desde o ano de 2020. Daniel Okumura, diretor de saneamento da CEDAE (2022), conduziu uma análise comparativa entre os custos associados às medidas mais recentes e as ações implementadas inicialmente em 2020.

A maior parcela dessa economia financeira, aproximadamente 90%, é atribuída à redução do uso de carvão ativado, material utilizado para purificação, nos processos de tratamento de água. Além disso, observou-se uma diminuição de 27% no consumo de cloro e de 5% no uso de sulfato de alumínio durante o mesmo período, resultando em uma economia anual estimada em R\$ 165 milhões em custos com produtos químicos para a Companhia. (CEDAE, 2022).

d) Análise da Eficiência da Fitorremediação com *Eichornia Crassipes* na Despoluição de um Córrego Urbano Receptor de Esgoto

A fitorremediação é uma técnica que utiliza plantas, neste caso, macrófitas, para remover poluentes do solo ou da água. As macrófitas são plantas aquáticas que possuem a capacidade de absorver e acumular metais pesados, nutrientes e outros poluentes presentes na água. Neste processo, as raízes das macrófitas absorvem os poluentes presentes no córrego, que são então transportados para as partes aéreas das plantas, como caules e folhas, ou armazenados nas próprias raízes. Durante esse processo, os poluentes podem ser transformados em formas menos tóxicas ou menos móveis, contribuindo para a descontaminação do ambiente ao longo do



tempo. O referido estudo testou-se a hipótese de que a técnica de fitorremediação é eficaz na retirada de nutrientes do córrego e pode ser usada como ferramenta de restauração em rios (LIMA e CRISPIM, 2021).

Problemas e Desafios

A bacia hidrográfica do Rio Cuiá, localizada em João Pessoa, Paraíba, é caracterizada por um elevado adensamento populacional, com sua nascente e curso d'água inseridos em áreas urbanas. Este contexto resulta em impactos ambientais significativos, tais como a supressão da vegetação nativa e a impermeabilização do solo devido à expansão da construção civil e à pavimentação das vias urbanas (REIS apud LIMA, 2021). Apesar desses desafios, o Rio Cuiá foi categorizado como classe I pela Resolução CONAMA 357/05, indicando uma excelente qualidade da água. Consequentemente, apenas um tratamento de água simples é necessário para que esteja em conformidade com os parâmetros de qualidade exigidos para o consumo humano.

Estratégias de Tratamento

Nesse estudo foi usada como ação mitigadora a fitorremediação, o nome representa fito = planta e remediação = correção, onde temos como agente natural remediador as plantas que serve para transformar ou destruir os poluentes orgânicos, a técnica é utilizada tanto no tratamento de solo como no tratamento de água. Para a aplicação do biotratamento foram produzidas quatro estruturas de módulos de forma simples, com tela de plástico, formando um modelo de “sacos” para depositar as macrófitas, fixados na vegetação local, através de cordas, em quatro pontos (Figura 12). As macrófitas foram coletados no leito do próprio Rio Cuiá, o que evita impacto ambiental significativo por não ser a introdução de espécie nova e diferente do que já apresenta na sua composição.

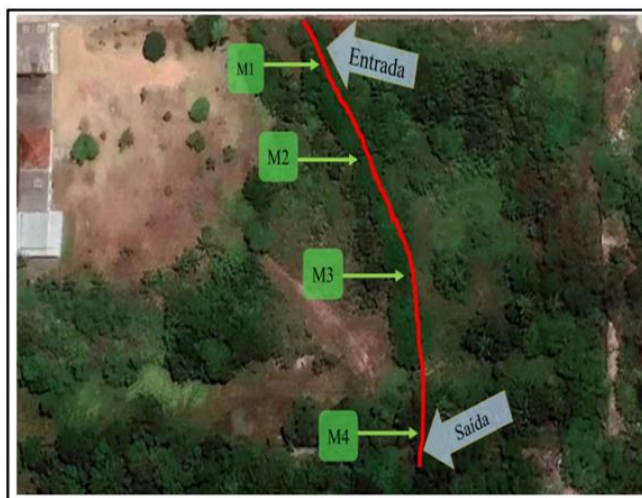


Figura 12 – Córrego indicado com os pontos de tratamento e de coleta das amostras.

Fonte: Adaptado do Google Maps (LIMA e CRISPIM, 2021).

O local de instalação do módulo foi escolhido pelo favorecimento que apresentou maior exposição à luz solar, já que durante o percurso do córrego existe uma densa cobertura vegetal arbustiva e lenhosa, já que exposição à luz auxilia as macrófitas nas funções de fitorremediação. Importante mencionar que para montagem dos quatro módulos foram gastos R\$10,00 (dez reais) no total, o que facilita na aplicação da técnica pelo seu baixo orçamento e fácil aplicação (LIMA e CRISPIM, 2021).

Resultados e Impactos

Comparando a qualidade de água que estava poluída com esgoto, antes e após a instalação da técnica com fitorremediação foi possível verificar que teve diferenças significativas nas concentrações de nutrientes e oxigênio, apenas com o uso de 8 espécies de plantas o que proporcionou ao ambiente melhores condições ambientais. No estudo de caso analisado, os experimentos químicos para análise da coleta de água de entrada e



saída foram realizados todos pelo LABORATORIO LABEA-UFPB (Laboratório de Ecologia Aquática) para assim obter os resultados de alguns desses parâmetros analisados que estão apresentados a seguir.

A amônia é um dos referenciais para medir a qualidade de água, que apresenta elevadas concentrações, possuem características de esgotos domésticos e industriais, ou de áreas em que predomina a utilização de fertilizantes nitrogenados em atividades agrícolas. Ao aplicar o controle com a técnica permitindo aumento na oxigenação, contribui para a nitrificação, reduzindo os valores de amônia.

Na análise do pH, os dados coletados no córrego mostraram variações entre as medições de entrada e saída, tanto na presença quanto na ausência de macrófitas. Não foram encontradas diferenças significativas antes e depois da fitorremediação, tanto no grupo controle quanto no experimental.

Houve um aumento nos valores de pH em ambas as condições, com uma notável estabilidade observada no final do córrego. Essa estabilidade indica uma consistência nos níveis de pH ao longo do tempo ou do curso do córrego, sugerindo uma possível melhoria na qualidade da água. Os dados de temperatura deste estudo indicaram uma maior estabilidade com a presença das macrófitas. Entretanto, tanto no grupo controle (condição sem intervenção) quanto no grupo experimental de fitorremediação, foram observadas diferenças significativas na temperatura entre os pontos de entrada e saída do córrego, com uma diminuição da temperatura na saída. Conclui-se que na utilização de Macrófitas, neste estudo a *E. crassipes*, para biotratamento em córregos é viável e eficiente em ambientes lóticos como córregos urbanos poluídos. A fitorremediação em afluentes proporciona a melhoria da qualidade ambiental ao ser aplicado aproximado aos pontos de lançamento de efluentes, reduzindo a carga orgânica que alcança o rio principal.

RESULTADOS DISCUSSÕES

Neste segmento serão apresentados os resultados dos estudos de caso analisados anteriormente, seguidos por uma discussão sobre as descobertas e implicações mais amplas. Os resultados obtidos serão apresentados destacando os principais insights e conclusões derivados da análise dos casos.

Tendências e Padrões Emergentes

No contexto do tratamento de rios e córregos in loco, observa-se uma convergência notável entre recursos tecnológicos de ponta, como a Internet das Coisas (IoT), inovações tecnológicas e abordagens integradas à natureza (SbN), em paralelo a uma crescente necessidade de despertar para a conscientização ambiental. Essas ferramentas dinâmicas estão impulsionando adaptações cruciais para enfrentar os desafios ambientais e as complexidades resultantes das atividades humanas, com uma atenção especial voltada para o saneamento e a sustentabilidade.

Somente por meio de um compromisso com a preservação ambiental e uma gestão responsável dos recursos naturais, pode-se garantir a eficácia e a durabilidade das soluções adotadas para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos e promover um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

Além disso, destaca-se que a implementação de pequenas estações de tratamento regionalizadas (URQ), dimensionadas de acordo com o efluente a ser tratado, população atendida e vazão de captação, de baixo porte e baixa necessidade de manutenção, apresenta-se como uma alternativa viável em áreas de acesso restrito. Essas URQ's têm a capacidade de tratar efluentes de forma eficaz em um curto espaço de tempo, proporcionando uma solução eficiente para comunidades remotas. As tecnologias baseadas em ultrassom, inicialmente empregadas na contenção do crescimento de algas, também oferece perspectivas promissoras para o tratamento de contaminantes, incluindo patógenos e metais. Esta ampliação potencial poderia revolucionar os métodos de tratamento de água, aumentando a eficiência e a eficácia do processo de purificação.

Tratando de técnica por controle de carga difusa e pontual, como mencionado do estudo analisado, tende a ser mais comumente aplicada em casos de tratamento de rios e córregos, pois existe a necessidade de preservá-los para manter os corpos d'água com maior qualidade e com o ecossistema funcionando conforme o seu natural.



A técnica com fitorremediação atualmente é menos comum ser utilizada, por ser um modelo novo de tratamento que está em desenvolvimento, portanto os resultados apresentam resultados significativos e podem vir a ser implantado em grande escala futuramente.

Lições Aprendidas

A avaliação da tratabilidade de um rio ou córrego requer uma análise abrangente da área, incorporando suas características pedológicas, como a população servida, tipo de solo, afluentes que alimentam a bacia, uso do solo, vegetação nativa, geografia, topografia, relevo e biomas. Essa abordagem holística é essencial para compreender a complexidade do sistema e identificar os melhores métodos de tratamento em conformidade com as normas ambientais, ponderando os benefícios em relação aos custos.

A caracterização do tipo de efluente a ser tratado é crucial para determinar os tratamentos mais adequados, levando em consideração parâmetros como a carga poluente, composição química e microbiológica. Esta análise rigorosa visa assegurar que os métodos de tratamento adotados atendam aos padrões regulatórios estabelecidos, otimizando a eficácia do processo e minimizando os impactos ambientais.

É importante ressaltar que existem recursos e tecnologias disponíveis para o tratamento de uma ampla variedade de rios e córregos, e que essas técnicas estão em constante evolução à medida que são testadas e refinadas. Essa abordagem dinâmica proporciona uma gama diversificada de alternativas e soluções para os desafios relacionados à tratabilidade e manutenção da qualidade dos corpos d'água, impulsionando a busca por práticas de gestão sustentáveis e ambientalmente responsáveis.

Limitações dos Métodos de Tratamento

No caso das Unidades de Recuperação de Qualidade (URQ), destaca-se limitação relacionada à construção, uma vez que sua implantação pode implicar em interferências nas vias e áreas adjacentes. Essa complexidade logística pode prejudicar a viabilidade e eficiência do projeto. Tratando da técnica de controle de carga difusa e pontual, possui algumas limitações em relação ao que tende caracterizar os problemas e identificar a fonte das poluições, pois a muitas interferências em seus percursos por ser em grande escala e apresentar córregos extensos.

Em relação ao tratamento utilizando ultrassom, é importante ressaltar que esta abordagem oferece uma resposta eficaz apenas para problemas associados à presença de geosmina, causada predominantemente por um único tipo de alga, as cianobactérias (também conhecidas como algas azuis). Apesar de sua eficácia em determinadas circunstâncias, é relevante destacar que esta tecnologia ainda é caracterizada por custos significativos, o que pode limitar sua aplicabilidade em larga escala. No caso da aplicação da técnica de fitorremediação, ela deve ser mais explorada em grande escala para futuras aplicações em corpos d'água que necessitem de tratamentos significativos, pois pela análise feita apresenta resultados eficazes.

CONCLUSÕES

Cada técnica avaliada pode ser implementada de forma isolada ou integrada, de maneira parcial ou completa, dependendo das características específicas do contexto. É importante ressaltar que existem diversas alternativas de tratamento disponíveis para qualquer corpo d'água, cada uma com suas vantagens e limitações. As decisões sobre as tecnologias a serem adotadas devem ser baseadas em uma análise abrangente que leve em consideração diversos fatores, incluindo o tipo de efluente a ser tratado, a população servida, a vazão do curso d'água e as características topográficas da região. Além disso, é essencial considerar aspectos como o tempo necessário para implantação e operação, potenciais interferências no tráfego e em áreas adjacentes, custos associados ao projeto, execução e materiais, além dos recursos humanos necessários para operação e manutenção.

Outros aspectos cruciais a serem ponderados incluem a implementação de medidas de manutenção preditiva, corretiva e preventiva, visando garantir o funcionamento contínuo e eficiente do sistema ao longo do tempo. Portanto, a eficiência do sistema como um todo deve ser o principal



critério para a seleção das tecnologias de tratamento mais adequadas para atender às necessidades específicas de cada localidade.

A expansão urbana desordenada nas proximidades de corpos hídricos tem sido associada a uma série de desafios ambientais e de saúde pública, como citado anteriormente. Levando em consideração esse contexto, a ocupação descontrolada das margens dos rios não apenas implica em conflitos socioambientais, mas também gera consequências ambientais negativas, como a contaminação hídrica, propagação de doenças e degradação dos ecossistemas aquáticos.

A impermeabilização do solo, resultado direto da pavimentação das vias urbanas impede a infiltração natural da água no solo, comprometendo o processo de percolação e aumentando o volume e a velocidade de escoamento superficial em direção aos corpos d'água adjacentes. Como resultado, os cursos d'água são submetidos a uma carga hídrica superior à capacidade de assimilação, causando eventos de inundação e erosão.

Além da sobrecarga hidráulica, os rios e córregos urbanos tornam-se receptores de poluentes, cuja composição e origem são complexas. A contaminação difusa torna o tratamento desses efluentes um desafio técnico e operacional. A caracterização dos contaminantes presentes nos efluentes é uma etapa crucial no desenvolvimento de estratégias eficazes de remediação e mitigação dos impactos ambientais associados à poluição hídrica.

Diante desse cenário, torna-se imperativo a realização de análise dos estudos de casos apresentados, visando compreender melhor os mecanismos e padrões de contaminação hídrica em áreas urbanas e os tipos de tratamento que podem vir a ser adotados para mitigar tais problemas. As análises podem fornecer insights para o planejamento e implementação de medidas de gestão integrada de bacias hidrográficas, que visam promover o desenvolvimento urbano sustentável e a conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRK AMBIENTAL. *Limpeza dos rios: é realmente possível despoluir as águas?* 2020. Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/limpeza-dos-rios/>. Acesso em 04 de novembro de 2023.
2. CBHVELHAS. *A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Crise da água no rio Guandu denuncia a má qualidade do Rio e compromete o tratamento das águas.* 2020. Disponível em: <https://cbhvelhas.org.br/noticias/crise-da-agua-no-rio-guandu-denuncia-a-ma-qualidade-do-rio-e-compromete-o-tratamento-das-aguas/>. Acesso em 14 de fevereiro de 2024.
3. CEDAE. *Tecnologia e Investimento da Ceda e Garantem Verão Sem Geosmina.* 2022. Disponível em: <https://cedae.com.br/Noticias/detalhe/tecnologia-e-investimento-da-cedae-garantem-verao-sem-geosmina/id/2246>. Acesso em 14 de fevereiro de 2024.
4. CETESB. *Sistema InfoÁguas.* 2024. Disponível em: <https://sistemainfoaguas.cetesb.sp.gov.br/AguasSuperficiais/RelatorioQualidadeAguasSuperficiais/Parametro>. Acesso 05 de Maio de 2024.
5. ECODUE. *Unidades recuperadoras da qualidade de águas – URQ's – na Bacia Do Rio Pinheiros.* RT nº 418/2020. São Paulo, 2020.
6. LG SONIC. *O ultrassom de baixa potência integrado em nossos equipamentos afeta o crescimento das algas sem causar danos à vida aquática.* 2021. Disponível em: <https://www.lgsonic.com/pt-br/control-ultrassonico-algas/>. Acesso em 04 de novembro de 2023.
7. LIMA Luiza Raquel F.; CRISPIM, Maria Cristina. *Análise da Eficiência da Fitorremediação com Eichornnia Crassipes na Despoluição de um Córrego Urbano Receptor de Esgoto.* Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.redebraspor.org/livros/2021/Braspor%202021%20Artigo%2013.pdf>. Acesso em 04 de novembro de 2023.
8. MESQUITA, João L. Artigo: *A Morte do Rio Nilo, o segundo maior rio do mundo.* 2017. Disponível em: <https://marsemfm.com.br/a-morte-do-rio-nilo/>. Acesso em 13 de outubro de 2023.
9. RESENDE, Alexandre S. *Recomposição florestal na Bacia do Rio Guandu.* Embrapa Agrobiologia. 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/22590/recomposicao-florestal-na>



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



- bacia-do-
rio guandu#:~:text=A%20situa%C3%A7%C3%A3o%20ambiental%20da%20Bacia,apresentam%20alto%20grau%20de%20polui%C3%A7%C3%A3o. Acesso em 16 de fevereiro de 2024.
10. SABESP. Notícias. *Sabesp inaugura equipamentos que recuperam córregos e contribuem para despoluir rio Pinheiros.* 2022. Disponível em: https://www.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias_detalle.aspx?secaoId=65&id=8774. Acesso em 05 de novembro de 2023.
 11. SETTI *apud* SEZERINO. Pablo Heleno, *et al.* *Qualidade da água e controle de poluição.* Universidade Federal de Santa Catarina Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.
 12. SILVA, Juliana C. A. *Recuperação de Córregos Urbanos através do Controle de Cargas Pontuais e Difusas. Estudo de caso: Córrego Ibiraporã e do Sapé.* São Paulo. 2014.
 13. TUNDISI. José G.; TUNDISI. Takako M. *A Água.* São Carlos/SP. Editoria Scienza, 2020.
 14. VIEIRA, André R. *Água para a Vida, Água para Todos.* WWF-Brasil, 2006. Disponível em: https://supereco.org.br/wp_content/uploads/2022/10/wwf_agua_para_a_vida_guia_de_atividades.pdf. Acesso em 04 de novembro de 2023.