

TECNOLOGIAS UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE RIOS URBANOS: UMA ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

Marcos Vinicius Gama Pereira¹

¹Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA, Brasil, viniciusgama944@gmail.com

Resumo: O processo de urbanização iniciado no século XVIII transformou os espaços naturais que foram reduzidos e transformados a partir da lógica de produção e consumo das sociedades. Os corpos hídricos presentes no espaço urbano foram canalizados, poluídos e assoreados. A falta de políticas de manejo desses recursos, aliado à falta de conscientização ambiental da população levou a degradação das bacias hidrográficas presentes na cidade. No entanto, na atualidade têm se observado cada vez mais o desenvolvimento de projetos de recuperação e despoluição desses rios. O uso de novas técnicas e ferramentas tecnológicas avançadas têm contribuído para o avanço na área. Nesse contexto, o presente trabalho buscou analisar o uso das tecnologias na recuperação de rios urbanos por meio de uma revisão bibliográfica, seguindo uma abordagem qualitativa. Não se trata de exaurir a temática abordada, mas de contribuir com a literatura vigente mediante novos enfoques, sobretudo em uma área que carece de cada vez mais visibilidade.

Palavras-chave: Urbanização. Degradação. Poluição.

TECHNOLOGIES USED TO RESTORE URBAN RIVERS: A LITERATURE

REVIEW Marcos Vinicius Gama Pereira¹

¹Universidade Federal do Maranhão, São Luís – MA, Brazil, viniciusgama944@gmail.com

Summary: The urbanization process that began in the 18th century transformed natural spaces, which were reduced and transformed according to the logic of production and consumption. The water bodies present in the urban space were channeled, polluted and silted up. The lack of policies for managing these resources, combined with the population's lack of environmental awareness, led to the degradation of the city's watersheds. Nowadays, however, more and more projects are being developed to restore and clean up these rivers. The use of new techniques and advanced technological tools has contributed to progress in this area. In this context, this paper sought to analyze the use of technologies in the recovery of urban rivers by means of a bibliographical review, following a qualitative approach. The aim is not to exhaust the subject, but to contribute to the current literature through new approaches, especially in an area that needs more and more visibility.

Key words: Urbanization. Degradation. Pollution.

INTRODUÇÃO

Ao longo da história grandes civilizações emergiram as margens de rios, a exemplo as civilizações mesopotâmicas e as civilizações egípcias no vale do rio Nilo. As sociedades foram se desenvolvendo na mesma medida que a população mundial, que chegou à marca de oito milhões de pessoas, sendo o espaço urbano o mais populoso e povoado (IBGE, 2024). No Brasil, segundo o IBGE (2024), vivem cerca de 203 milhões de pessoas, onde 87% delas vivem em áreas urbanas.

O processo de urbanização do país está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento industrial que ocorreu a partir do século XX. Esses fenômenos históricos transformaram profundamente a paisagem das cidades, que cresceram desordenadamente, acarretando em problemas como uso e ocupação irregular dos solos urbanos, descarte indevido de resíduos sólidos e líquidos, impactos sobre os recursos hídricos, entre outros (Carneiro *et al.* 2020; Silva e Porto, 2020).

Nesse contexto, este trabalho pretende analisar criticamente as tecnologias utilizadas na recuperação de rios urbanos, por meio de uma revisão bibliográfica. Se propõe ainda, discutir os desafios e as potencialidades da aplicação tecnológica na recuperação de rios e apresentar alguns casos de despoluição de ambientes fluviais no território brasileiro. Vale ressaltar que, esta pesquisa não possui o intuito de analisar todas as tecnologias existentes, uma vez que segundo Ismail *et al.* (2022), há diversos tipos de técnicas e métodos que podem ser empregados nesse processo.

Assim, a seleção das tecnologias abordadas nesta pesquisa fundamenta-se nos estudos de Baptista *et al.* (2019), que as classifica em quatro categorias: físico, biológico, físico-químico e físico-químico-biológico. Serão abordadas as seguintes tecnologias: tecnologias de informação e comunicação (TICs), tecnologias de tratamento de efluentes: estações de tratamento de esgoto (ETEs) avançadas; tecnologias de remoção de resíduos: barcos coletores, barreiras flutuantes e tecnologias de revegetação e restauração ecológica.

O trabalho está organizado em quatro seções, a introdução que orienta sobre o que será abordado no trabalho, a segunda discorre sobre o tipo de metodologia adotada. Na terceira é realizada a análise e discussão da temática abordada à luz dos trabalhos que fundamentam a pesquisa. Por fim, na quarta seção são expostas as considerações finais.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho trata-se de uma análise bibliográfica, no qual foram realizadas três etapas para a sua elaboração. Sobre a pesquisa bibliográfica, Brito, Oliveira e Silva (2021, p. 06), colocam que é uma modalidade “que possibilita ao pesquisador ter acesso ao conhecimento já produzido sobre determinado assunto”. Nas palavras de Campos et al. (2023, p. 98), esse tipo de pesquisa tem por “finalidade atualizar conhecimentos científicos, acompanhar o desenvolvimento de um assunto, sintetizar textos publicados e que tratam de um mesmo tema, analisar e avaliar informações já publicadas [...]”.

Além disso, o trabalho adota uma abordagem qualitativa que, conforme aponta Godoy (1995, p. 23), “enquanto exercício de pesquisa, não se apresenta como uma proposta rigidamente estruturada, ela permite que a imaginação e a criatividade levem os investigadores a propor trabalhos que explorem novos enfoques”. A utilização desse tipo de abordagem garante maior flexibilidade na análise bibliográfica, a qual pode gerar resultados a partir de novos enfoques na literatura da área.

Quanto às etapas de desenvolvimento, na primeira foi realizada uma busca aprofundada na literatura da área, a fim de selecionar o material que fundamenta a pesquisa. O critério de busca limitou-se ao uso dos termos: tecnologia e recuperação de rios urbanos. Quanto aos mecanismos utilizados, foram consultadas as bases de dados da Scientific Electronic Library Online (SciELO Brasil), Google acadêmico, sites de órgãos e instituições governamentais, como o IBGE e Ministério do Meio Ambiente, além do acervo físico da biblioteca central da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Na segunda etapa foi realizada a seleção dos trabalhos a serem utilizados. Como critério de inclusão e exclusão consideraram-se os tipos de publicação e relevância para o tema. Na terceira etapa, procedeu-se à análise das informações, por meio da leitura e resumo dos trabalhos selecionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Silva (2022); Rezende e Tognetti (2021), a lógica de urbanização adotada entre o final do século XIX e o decorrer do século XX resultou na ocultação de cursos de água, que foram retificados, canalizados e soterrados, sendo praticamente eliminados da paisagem urbana e esquecidos pela memória coletiva da população urbana. Aliados a esses fatores, têm-se o descarte indevido de resíduos industriais e domésticos, a

ocupação irregular dos solos urbanos, a falta de monitoramento e implementação de políticas ligadas ao gerenciamento dos recursos hídricos, que levam à degradação contínua dos cursos de água remanescentes nas cidades (Rezende e Tognetti, 2021; Silva e Porto, 2020).

Segundo Brasil (2021), aproximadamente 45% da população não dispõe de soluções de esgoto e cerca de 70% das cidades brasileiras não possuem estação de tratamento. Os apontamentos de Silva (2022) aliados aos dados apresentados por Brasil (2021), ilustram a realidade da descaracterização dos rios, que antes eram elementos estruturadores e sinônimos de riqueza e poder, mas que atualmente se encontram em estado avançado de degradação e insalubridade, impactando severamente o dia a dia da população e dinâmica hidrológica e ambiental das áreas urbanas (Correia, 2020).

Sobre o descarte indevido de resíduos sólidos e líquidos, Correia (2021), aponta a deficiência nos sistemas de coleta, falta de investimentos e implantação de políticas de gestão de resíduos aliados a falta de conscientização ambiental levam a população a descartar esses materiais de forma irregular diretamente nas redes de drenagem dos rios.

Correia (2021), destaca ainda que o descarte indiscriminado desses materiais contribui de forma significativa para a poluição dos rios, expressando-se na forma de prejuízos ambientais e financeiros para o Estado. Esse dado é ilustrado no trabalho de Alencar (2017), que apontou os gastos mensais com a limpeza de bocas de lobo, córregos e piscinões da cidade de São Paulo, somam um total de aproximadamente R\$ 5,65 milhões de reais, com cerca de 2,2 mil toneladas de resíduos retirados desses ambientes e depositados diariamente em aterros (Alencar, 2017).

Segundo Carneiro *et al.* (2021), a impermeabilização do solo é outro agravante da descaracterização das áreas de drenagem dos rios urbanos. O crescimento desordenado das cidades, leva à ocupação e à impermeabilização excessiva dos solos, o que contribui para a perda de infiltração, para o desequilíbrio hídrico e para o aumento do escoamento superficial. O resultado são os alagamentos que ocorrem nos períodos chuvosos e trazem consequências devastadoras.

Tais desafios, aliados às demais problemáticas ambientais como o desmatamento, fazem emergir a necessidade de se buscar soluções viáveis e inovadoras para enfrentá-los. Segundo Carneiro *et al.* (2021), a recuperação dos rios urbanos é essencial para reverter o quadro de degradação e promover a sustentabilidade nas cidades.

Nesse contexto, a discussão e aplicação de novas estratégias, que dialoguem com o

padrão da sociedade vigente é essencial. Cabe às instituições competentes, como o Ministério do Meio Ambiente, as secretarias estaduais e municipais do meio ambiente, as secretarias de saneamento e recursos hídricos, entre outros órgãos, o trabalho conjunto de estabelecer as diretrizes necessárias para a aplicação de projetos de despoluição dos rios (São Paulo, 2014).

O processo de recuperação das águas fluviais é um processo complexo e abrange a integração de diversos procedimentos, métodos e tecnologias. Além da complexidade, há os custos relacionados à aplicação de mecanismos para a despoluição. Apesar disso, podem-se destacar diversos benefícios, incluindo os propostos por Carneiro *et al.* (2021, p. 34), ao afirmar que “a recuperação apresenta as seguintes vantagens para a cidade: diminuir inundações, evitar períodos de estiagem, reduzir processos erosivos e não alterar a planície de inundação a jusante”. Afonso (2011), destaca os benefícios naturais decorrentes da recuperação da biodiversidade e habitats que busca restabelecer as características naturais do rio, incluindo a biota e os habitats físicos, como sendo cruciais para a saúde do ecossistema local. A recomposição da mata ciliar é identificada como fator indispensável para a contenção da erosão e melhora da qualidade da água, funcionando como zona tampão e contribuindo para a biodiversidade.

Quantos aos benefícios sociais, Carneiro *et al.* (2021), apontam a reconexão da comunidade com o rio e a melhora da qualidade de vida, uma vez que a recuperação permite a reinserção das águas na memória e no tecido urbano, criando espaços públicos de lazer e interação que reaproximam as pessoas desses ambientes. Esses aspectos também se refletem na melhoria visual, redução de odores e um aumento geral da qualidade de vida da população, uma vez que há diminuição das doenças de veiculação hídrica (Carneiro *et al.* 2021; Afonso, 2011).

Em termos de benefícios econômicos, vale destacar a redução dos custos com desastres e com a manutenção das áreas de drenagem. Os transtornos físicos e financeiros gerados por enchentes, bem como a necessidade constante de manutenção de sistemas de drenagem ineficientes, a longo prazo, superam os custos de implantação de medidas de recuperação (Alencar, 2017). Ademais, rios revitalizados impulsionam o turismo, as economias locais e promovem a expansão das oportunidades de lazer da população (Silva e Porto, 2020).

Nos estudos de São Paulo (2014), evidencia-se que a despoluição de um rio não é um projeto simples e de fácil execução. É necessário um conjunto de estudos que analisem, de

forma exaustiva, todos os fatores que contribuem para o processo de degradação de um rio, o que envolve não só a qualidade da água, mas todos os espaços físicos da bacia hidrográfica. A partir dessa análise, são propostas medidas para controlar os níveis de poluição, bem como o projeto a ser aplicado e as tecnologias adequadas para sua implementação.

Kunen *et al.* (2023, p. 94), relatam que “54% das águas residuais no mundo não são tratadas com segurança”, dado que evidencia a urgência do monitoramento dos recursos hídricos por meio da integração de diferentes tecnologias aplicadas ao mapeamento, restauração e distribuição dos recursos hídricos, de modo a evitar contratempos no abastecimento, sobretudo em períodos de escassez. Para os autores, as cidades inteligentes representam uma alternativa viável ao uso racional da água e, conseqüentemente, à promoção da sustentabilidade, já que utilizam diferentes tecnologias voltadas ao manejo sustentável.

Os autores defendem o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), pois “possibilitam monitorar parâmetros ambientais e gerenciar as conexões entre as diferentes áreas”. (Kunen *et al.* 2023, p. 94). Segundo eles, as tecnologias de informação são ferramentas eficazes na gestão da água, pois permitem desde o monitoramento de setores relacionados a medição da qualidade até o mapeamento das redes de distribuição (Kunen, *et al.* 2023; Borges *et al.* 2011).

As TICs podem ser consideradas eficazes tanto no processo de monitoramento permanente, quanto na identificação de práticas que colocam em risco as águas superficiais (Pereira, 2005). O autor também destaca a capacidade coletar e correlacionar informações, característica que pode ser amplamente aproveitada no desenvolvimento de planos de gestão preventiva, os quais exigem análises mais aprofundadas, como nos projetos de despoluição hídrica.

A partir dos apontamentos de Pereira (2005), percebe-se que as Tecnologias da Informação são ferramentas aplicáveis em todas as escalas de projetos voltados ao manejo eficiente dos recursos hídricos e à garantia da sustentabilidade. Essa eficiência está associada às características já mencionadas por Borges *et al.* (2011) e Kunen *et al.* (2023), além do amplo leque de possibilidades de produção e processamento de informação. Kunen *et al.* (2023), defendem o uso dessas tecnologias, especialmente no contexto das chamadas cidades inteligentes, que promovem a sustentabilidade por meio do uso consciente e reaproveitamento dos recursos naturais, assegurando sua disponibilidade para futuras

gerações.

Quantos aos entraves na utilização dessas ferramentas, os custos iniciais de aquisição dos sensores, softwares e hardwares restringem o acesso a essas tecnologias (Souza *et al.* 2021). Pequenos municípios e instituições com baixo orçamento enfrentam maior dificuldade para custear sua aquisição e manutenção. No entanto, a longo prazo, esses investimentos tendem a trazer retorno para os setores econômicos, sociais e naturais, conforme discutido anteriormente com base nos estudos de Carneiro *et al.* (2021) e Alencar (2017).

Em relação as tecnologias de tratamento de efluentes, destacam-se as estações de tratamento de esgoto (ETEs) avançadas. Esses sistemas são responsáveis pela remoção de poluentes e de resíduos domésticos e industriais presentes na água. Para isso, utilizam não apenas os processos primários e secundários, mas também empregam técnicas mais sofisticadas dos processos terciário e quaternário, voltadas à remoção de poluentes específicos que não são eliminados nas fases anteriores como é o caso do Nitrogênio e Fósforo (Chermichaev; Von Sperling, 2018; Portal de Tratamento de águas, 2017).

Entre os métodos utilizados nas ETEs, destaca-se a tecnologia de membranas de filtração, capaz de filtrar substâncias não solúveis da água. Essa tecnologia é considerada uma das mais aplicáveis na atualidade devido às suas vantagens como: ausência de materiais químicos no processo, facilidade de aplicação e operação, além alta eficiência energética (Portal de Tratamento de águas, 2017).

Chermichaev e Von Sperling, (2018), destacam ainda, a utilização de outros métodos nas ETEs, como os processos de remoção biológica de nutrientes, que atuam na remoção de matéria orgânica dissolvida por meio da ação de microrganismos, os quais decompõem a matéria orgânica e a deixa suspensão. Além de matéria orgânica, esse tipo de tratamento é capaz de atuar na remoção de outros compostos como o fósforo, metais pesados, xenobióticos, entre outros (Chermichaev e Von Sperling, 2018; Portal de Tratamento de águas, 2017). O tratamento biológico é visto como um processo sustentável, eficaz e de baixo custo, que, se integrado a outras tecnologias, pode se tornar um grande aliado na recuperação de rios urbanos.

Os autores também destacam os Processos Oxidativos Avançados (POAs), que segundo eles, são capazes de degradar compostos recalcitrantes, ou seja, substâncias de difícil decomposição (Chermichaev e Von Sperling, 2018). Araújo *et al.* (2016, p. 390), evidenciam que, os “POAs têm recebido destaque como processos de tratamento alternativos que atingem

a degradação de espécies orgânicas pela ação do radical hidroxila”. Esses processos “caracterizam-se por transformar, parcial ou totalmente, os poluentes em espécies mais simples como dióxido de carbono, água, ânions inorgânicos ou substâncias menos tóxicas e de fácil degradação por tecnologias comuns” Araújo *et al.* (2016, p. 390).

Sobre as potencialidades e eficiência das ETEs avançadas na restauração de rios urbanos, Von Sperling, (2005), indica que os métodos utilizados são altamente eficazes na remoção de diversos tipos de poluentes, até mesmo aqueles que não são eliminados através das práticas convencionais. O autor afirma que em áreas urbanizadas além do volume de resíduos, há também diferentes composições que exigem estratégias específicas para sua remoção. Nesse contexto, os processos utilizados pelas ETEs avançadas como o POAs e as membranas de filtração, têm apresentado resultados significativos (Von Sperling, 2005).

Vale ressaltar, no entanto, que assim como os demais processos citados até aqui, as estações avançadas apresentam limitações, principalmente relacionadas aos custos operacionais. O alto consumo de energia elétrica, aliado à produção de lodo com a presença de materiais químicos contaminantes, eleva os gastos e torna as operações dependentes da disponibilidade de energia e locais adequados para o descarte do lodo produzido (Von Sperling, 2005).

No que tange à remoção de resíduos sólidos mais substanciais, há outras tecnologias que podem ser empregadas, como os barcos coletores, barreiras flutuantes e sistemas de triagem. Esses mecanismos promovem a remoção de resíduos para que não atinjam áreas mais vulneráveis, como os estuários, e permitem captar diferentes tipos de dejetos que são separados, classificados e enviados para locais de descarte adequado (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2011).

Tais ferramentas são consideradas métodos eficientes, principalmente o sistema de barreiras flutuantes que se caracterizam por seu baixo custo e facilidade de manutenção. Quanto aos barcos coletores, embora sejam uma das soluções mais empregadas na atualidade, há uma carência de estudos que analisem com profundidade sua eficiência e real aplicabilidade (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2011).

A recuperação da infraestrutura verde de um rio também deve ser pensada, pois representa um fator crucial na reestruturação das características naturais de uma bacia hidrográfica (Morsh; Mascaró e Pandolfo, 2016). Para entender o conceito de infraestrutura verde, vale citar a definição de Ferreira e Machado (2010, p. 70), segundo os quais trata-se de “uma rede de áreas naturais e áreas abertas (open spaces), fundamentais para o funcionamento ecológico do território, contribuindo para

a preservação dos ecossistemas naturais, da vida selvagem, para a qualidade do ar e da água e para a qualidade de vida dos cidadãos”, Nesse contexto, destacam-se as tecnologias de restauração ecológica e restabelecimento da vegetação.

Segundo Rolo; Gallardo e Ribeiro (2017), essas técnicas incluem canteiros pluviais, lagoas pluviais, teto verde, biovaletas e outras soluções baseadas nos aspectos naturais que combinam funções dos mananciais com os ecossistemas naturais. Essas estratégias potencializam os processos de infiltração, escoamento, evapotranspiração, filtração da água, além de atuar no controle da erosão, aumento da biodiversidade e regulação térmica dos corpos hídricos (Ribeiro; Moreira, 2018); Essas tecnologias são essenciais na recuperação de nascentes, mata ciliares, áreas úmidas degradadas, que atuam na contenção dos agentes erosivos e podem ser utilizadas de forma integrada a outros métodos. Apesar dos bons resultados, as limitações dessas técnicas estão relacionadas aos fatores cronológicos, pois demandam tempo, o que restringe seu uso a projetos de longo e médio prazo, e aos fatores ambientais, relacionados ao clima, tipos de solo e hidrologia (Ribeiro; Moreira, 2018).

É importante mencionar que, os métodos e ferramentas de restauração de rios urbanos abordados neste trabalho são exemplos de uma ampla gama de abordagens utilizadas em diferentes contextos, a nível global e nacional, que culminaram em diferentes resultados. Essa variação está relacionada ao tipo de técnica, tecnologia, estudo, às características naturais e ao grau de degradação observado nas bacias hidrográficas.

No Brasil, um exemplo notável é o projeto Manuelzão, em Minas Gerais, cujo objetivo foi a recuperação do Rio das Velhas, afluente do Rio São Francisco. Essa iniciativa, promovida pela Universidade Federal de Minas Gerais com o apoio do Governo, utilizou tecnologias de restabelecimento da vegetação nativa e remoção de resíduos através do “Programa Caça Esgoto, para direcionar estes efluentes para as estações construídas” (Afonso 2011, p. 92; Brasil, 2020). O sucesso desse projeto pôde ser observado por meio do monitoramento da qualidade da água e observação do aumento das espécies de peixes e “diversidade dos invertebrados betônicos” (Afonso, 2011, p. 92; Brasil, 2020).

Outro exemplo relevante é o do rio Mosquito, localizado no município de Águas Vermelhas – MG. O projeto surgiu a partir de um acordo entre o banco mundial e o Governo Federal, e contou com a participação ativa da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), responsável por lidar com os atendimentos e problemáticas ligadas à disponibilização da água para as comunidades. Segundo Afonso (2011, p. 94), o maior entrave do projeto foi "equacionar os aspectos referentes ao esgotamento sanitário de forma correta". Problema que foi solucionado posteriormente com a implementação sistêmica da infraestrutura sanitária nas regiões que careciam desse serviço.

Nota-se a partir desse desafio, uma falha nos processos de armazenamento e controle de dados, que poderia ser mitigada com uso das tecnologias de informação. Afonso (2011) afirma que a revitalização

do rio Mosquito teve êxito, comprovado a partir das informações que apontam o aumento do quantitativo de peixes e redução do foco de bactérias que impactam a qualidade da água.

Os exemplos mencionados demonstram que, a recuperação dos corpos hídricos urbanos exige esforços conjuntos, entre diferentes esferas de poder e a participação efetiva da sociedade. Além disso, percebe-se que as ações e ferramentas utilizadas, devem ocorrer de forma integrada para que os resultados sejam de fato sustentáveis e eficazes.

CONCLUSÃO

O processo de urbanização desordenado levou a degradação das bacias hidrográficas nas cidades. Fato que está relacionado a diversos fatores, dentre eles alguns mencionados nesta pesquisa como o uso e ocupação irregular dos solos urbanos, descarte inadequado de resíduos domésticos e industriais, e extinção das matas ciliares. Essas condições levaram a um cenário de degradação experienciado pelas cidades brasileiras na atualidade.

A pesquisa evidenciou que os principais agravantes estão relacionados a porcentagem da população urbana que supera a população do campo e a falta de investimento e defasagem da infraestrutura sanitária nas cidades. Já que os dados indicam que um grande número de cidades não dispõe de estações de tratamento de esgoto.

Verificou-se, ainda, que a recuperação dos rios urbanos gera benefícios nos âmbitos sociais, ambientais e econômicos. Para se chegar a uma conjuntura ideal, é necessário a disposição do poder público no desenvolvimento e aplicação de políticas e projetos de restauração dos corpos hídricos. Essas medidas viabilizam a mudança de postura relacionada às questões ambientais pelos órgãos governamentais e sociedade.

Destaca-se, nesse contexto, a importância do uso e aplicação integrada das tecnologias no processo de despoluição. A análise proposta apontou as tecnologias de informação e comunicação, como fundamentais na gestão de dados, mapeamento e monitoramento contínuo dos focos de poluição e qualidade da água. Constatou-se também, que as estações de tratamento de esgoto avançadas ao adotarem processos modernos na remoção de poluentes específicos, obtêm melhores resultados em comparação às estações convencionais. No entanto, apesar da eficiência, o alto custo de implantação limita o uso dessa ferramenta.

Conclui-se, portanto, que essas ferramentas apresentam potencialidades e desafios que precisam ser superados através de análises mais detalhadas. Os exemplos dos projetos analisados no contexto brasileiro reforçam a necessidade de integração das diferentes tecnologias e colaboração entre as esferas de poder, instituições e sociedade, pois o sucesso

depende dos esforços conjuntos desses grupos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, S. Gama e J. Pereira.

REFERÊNCIAS

- [1] AFONSO, J. A. C. Renaturalização e revitalização de rios urbanos: uma abordagem sistêmica. Dissertação de mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Brasil, 2011.
- [2] ARAÚJO, K. S.; ANTONELLI, R.; GAYDECZKA, B.; GRANATO, A. C.; MALPASS, G. R. P. Processos de oxidação avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. **Rev. Ambient. Água**, vol. 11 n. 2 Taubaté – Apr. / Jun. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/XjBbHvfYf4bXbDxYnX3xR3r/?format=pdf>. Acesso em: 09 de jun. 2025.
- [3] ALENCAR, J.C. - Potencial de corpos d'água em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação. Um estudo da bacia do Jaguaré. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil, 2017.
- [4] BAPTISTA, M.; CARVALHO, R. V. de; FAGUNDES, P. H. da R. M.; NÓBREGA, M. de J. R. da. Análise de tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **TEC-USU**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, P. 55-72, jan/jun, 20219. Disponível em: <https://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/download/748/534>. Acesso em: 9 de jun 2025.
- [5] BORGES, G.C.; BORTONI, E.C.; ALMEIDA, R. A. BARISON, M. R. Uso de Tecnologias Para o Monitoramento Qualitativo de Águas Minerais. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Curitiba -PR, 2006.
- [6] BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021** / Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. – Brasília/ DF, 2021. 223p. : il. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-dosnis/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021compactado.pdf. Acesso em: 12 a jun. 2025.
- [8] BRASIL. Ministério de Integração e Desenvolvimento Regional. BRASIL. 2020. Brasília, 12 jun. 2020. Disponível em:

https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/baciashidrograficas/P1_PNRBH_VFinal.pdf. Acesso em: 8 jun. 2025.

[9] BRITO, A. P. G.; OLIVEIRA, G. S. de O.; SILVA, B. A. da. A importância da pesquisa bibliográfica no desenvolvimento de pesquisas qualitativas na área de educação. **Cadernos da Fucamp**, v.20, n.44, p.1-15/2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2354/1449>. Acesso em: 10 jun. 2025.

[10] CAMPOS, L. R. M.; CRUVINEL, B. V.; OLIVEIRA, G. S.; SANTOS, A. O.A revisão bibliográfica e a pesquisa bibliográfica numa abordagem qualitativa. **Cadernos da Fucamp**, v.22, n.57, p.96-110/2023. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/3042>. Acesso em 9 de jun. 2025.

[11] CARNEIRO, B.; FRAJDRAJCK, G.; ABRÃO, I.; SILVA, L.; DUTRA, L.; ARMELIN, L. F. Renaturalização de córregos e rios urbanos. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 33–51, 2021. Disponível em: <https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/12965>. Acesso em: 10 jul. 2025.

[12] Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.: il.

[13] CORREIA, C. H. V. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Bahia, Salvador - BA, 2020.

[15] CHERMICHAEV, A. S.; VON SPERLING, M. Tratamento Avançado de Esgotos: Remoção de Nutrientes e Micropoluentes. Belo Horizonte: UFMG, 2018.

[16] FERREIRA, J. C.; MACHADO, J. R.. Infra-estruturas verdes para um futuro urbano sustentável. O contributo da estrutura ecológica e dos corredores verdes. *Revista LabVerde*, n. 1, p. 69-90, 2010.

[18] GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63 Mar./Abr. 1995. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/wf9CgwXVjpLpVgpwNkCggnC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2023.

[19] IBGE (Brasil). Censo 2022: 87% da população brasileira vive em áreas urbanas. **Agência IBGE Notícias**, Rio de Janeiro, 14 nov. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41901-censo-2022-87-da-populacao-brasileira-vive-em-areas-urbanas>. Acesso em: 7 jun. 2025.

[20]

[21] ISMAIL, Isadora Alves Lovo; MANOEL, Aparecida Micheli; BRUNHARA, Fernanda Priscila Correa; NOVAES, Luciano Farias de; BRUNHARA, Jéssica Patrícia Corrêa; SILVA, Maria Eduarda Gomes da. DESPOLUIÇÃO ECOLÓGICA DOS RIOS. **Revista Científica Integrada**, Ribeirão Preto, 2022, v. 5, ed. 3, p. 1-10, jun. 2022. Disponível em: <https://unaerp.br/documentos/4906-rci-despoluicaoecologicariosa-2-2022/file>. Acesso em: 10 jun. 2025.

[22] KUNEN, A.; FERREIRA, S.; PAGANI, N.; SANTOS, D. Tecnologias e sistemas inteligentes de água no ambiente urbano: uma análise da literatura. *MIX Sustentável*, [S. l.], v. 9, n. 2, p.91–105, 2023. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n2.91-105. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/5531>. Acesso em: 12 jun. 2025.

[23] MORSCH, M. R. S.; MASCARÓ, J. J.; PANDOLFO, A. Sustentabilidade urbana: recuperação dos rios como um dos princípios da infraestrutura verde. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 305-321, out./dez. 2017. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400199>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/yhZVfk87CZC6yXDRYHQPpgp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 jun. 2025.

[24] PEREIRA, A. E. Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto aplicados à gestão de recursos hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, n. 4, p. 5-15, out./dez. 2005.

[25] REZENDE, Jozrael; TOGNETTI, Érica Rodrigues. Drenagem sustentável e revitalização de rios urbanos no âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. **Engenharia Urbana em Debate**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 36–52, 2021. DOI: 10.59550/engurbdebate.v2i1.6. Disponível em: <https://www.engurbdebate.ufscar.br/index.php/engurbdebate/article/view/6>. Acesso em: 10 jul. 2025.

- [26] RIBEIRO, R. A.; MOREIRA, R. M. Restaurando a Floresta Ciliar: Um Guia Prático. Viçosa: Aprenda Fácil, 2018.
- [27] ROLO, D. A. de M.; GALLARDO, A. L. C. F.; RIBEIRO, A. P. Anais do 17º Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, São Paulo, Brasil, 2017.
- [28] SÃO PAULO (estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Testando tecnologias para as águas do rio Pinheiros**. Texto adaptado do resultado do relatório técnico apresentado pelo Grupo de Trabalho para despoluição do rio Pinheiros. José Eduardo Bevilacqua; Lucas Rodrigues;
- [29] Marcos Antonio Veiga de Campos; Nelson Menegon Junior; Stela Goldenstein. - - São Paulo : SMA, 2014. 76 p. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/aguaterra/arquivos_restritos/files/documento/2020-05/tecnologiasriopinheiros.pdf. Acesso em: 12 jun. 2025.
- [30] VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lodos Ativadas e Reatores Anaeróbios. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.
- [31] SILVA, J. C. de A; PORTO, M. F. A. Requalificação de rios urbanos no âmbito da renaturalização, da revitalização e da recuperação. **Labor e Engenharia**, Campinas, SP, v. 14, p. e020001, 2020. DOI: 10.20396/labore.v14i0.8659900. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8659900>. Acesso em: 09 jun. 2025.
- [32] SILVA, Dayana Karla Melo da. Rios, ruas e redes: o papel das TICs no processo de desocultamento dos cursos de água da cidade de São Paulo. *Intexto*, n. ja/dez. 2022, p. 1-23, 2022Tradução . . Disponível em: <https://doi.org/10.19132/1807-8583202253.104419>. Acesso em: 07 jun. 2025.
- [33] SOUZA, J. B. D.; CORRÊA, E. de F. B.; CARVALHO, T. R. C. de. Soluções e medidas tecnológicas para a gestão de Recursos hídricos em organizações brasileiras: uma revisão integrativa. *GETEEC*, v.12, n.38, p.35-55/2023. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2946/1839>. Acesso em: 08 de jun. 2025.
- [34] 6 tecnologias para tratamento de água e efluentes. **Portal de Tratamento de Água**, [S. l.], 12 maio 2017. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/6-tecnologias-tratamento-de-agua-efluentes/>. Acesso em: 8

V Simpósio REACT
Tecnologia, IA e Sustentabilidade: Caminhos para um crescimento inclusivo
Evento Online – 23 a 25 de julho de 2025.



jun. 2025.