

A RENATURALIZAÇÃO COMO UM MODO DE INTERVENÇÃO PARA A MELHORIA EM CORPOS DE ÁGUA URBANOS

RENATURALIZATION AS A WAY OF INTERVENTION FOR IMPROVEMENT IN URBAN WATER BODIES

Gabriel Delpino da Silveira¹ e Maurício Couto Polidori²

Resumo

A era antropoceno provoca alterações climáticas, degrada os sistemas terrestres e desconecta a interface entre o urbano e o rural, além do modo de produção capitalista do espaço urbano. Os modos de intervenção nos corpos de água urbanos são: recuperação, revitalização, renaturalização, reabilitação e remediação. A renaturalização surge em 1980 concentrada na preservação e recuperação dos recursos hídricos, com projetos que melhoram a qualidade da água, removem canalizações, ampliam a capacidade de escoamento, promovem o replantio de vegetação ribeirinha, entre outros. Essas medidas têm efeitos positivos na qualidade do ar, redução do ruído, combate às ilhas de calor e promoção da biodiversidade. A eficácia da renaturalização depende da disponibilidade de espaço nas margens dos corpos d'água, sendo mais viável em áreas de transição entre o urbano e o rural, onde há maior disponibilidade de espaços abertos. Contudo, a implementação desses projetos requer uma análise do contexto e das características socioespaciais.

Palavras-chave: renaturalização, corpos de água, urbanização.

Abstract

The Anthropocene era causes climate changes, degrades terrestrial systems and disconnects the interface between urban and rural areas, alongside the capitalist mode of urban space production. The modes of intervention in urban water bodies include recovery, revitalization, renaturalization, rehabilitation, and remediation. Renaturalization emerged in 1980 focused on the preservation and restoration of water resources, with projects aimed at improving water quality, removing canalizations, expanding drainage capacity, promoting the replanting of riparian vegetation, among others. These measures have positive effects on air quality, noise reduction, combating heat islands, and promoting biodiversity. The effectiveness of renaturalization depends on the availability of space along the water bodies' margins, being more feasible in transition areas between urban and rural, where there is greater availability of open spaces. However, the implementation of these projects requires an analysis of the context and socio-spatial characteristics.

Keywords: renaturalization, water bodies, urbanization.

Introdução

Para Paul J. Crutzen (2002), o Antropoceno é marcado pela força antropogênica na evolução dos sistemas terrestres, como as alterações climáticas, modificações no uso do solo e extinção das espécies. João Ferrão (2017) comenta que a expansão das áreas urbanas induz alterações no funcionamento do planeta por quatro vias: ocupação do solo, através da impermeabilização da superfície, destruição das linhas de drenagem, terraplanagem e redução da biodiversidade; aquecimento urbano, pela criação de ilhas de calor que alteram a qualidade do ar, consumos de energia e água; aquecimento global, através da emissão de gases e do agravamento de fenômenos extremos, alteração na formação de chuvas e aumento do nível do mar; por fim, o empobrecimento da relação urbano-rural, em que há a degradação das áreas rurais e a constante desconexão das interfaces transversais entre espaços urbanos e rurais.

A impermeabilização das bacias, modificação dos canais (incluindo retificação), alta demanda hídrica e o aumento de contaminação são alguns dos fatores que Nancy B. Grimm *et al.* (2008) alegam terem degradado os rios urbanos e afetando sua resiliência. Contudo, é necessário considerar o modo de produção da cidade capitalista, para pontuar observações relacionadas a degradação dos corpos de água. Essa prática de produção garante que o capital se expanda de dentro para fora, fazendo com que a periferia fique circunscrita em relação ao centro, por um raio em constante expansão. Qualquer barreira física tende a ser destruída para o desenvolvimento das forças de produção e da exploração dos fatores naturais (Harvey, 2005).

Para entender a importância da presença dos corpos de água em áreas urbanas, Fernando Magdaleno (2017) explica que eles têm a capacidade de estabelecer conexões estruturais e funcionais com outros elementos da matriz espacial, tornando-os componentes essenciais das cidades. A melhoria desses ambientes ajuda a reduzir o risco de enchentes, otimizar o planejamento de risco de inundação, ajudar a cidade a lidar melhor com sua rede de drenagem, diminuir os efeitos da ilha de calor urbana e melhorar os ambientes aquáticos e ribeirinhos.

Walter Binder (2001) destaca a importância de preservar áreas naturais de inundação e evitar práticas de uso do solo que comprometam a biota nativa. Ele aponta que, ao adotar objetivos ambientais para reduzir riscos de inundação em áreas urbanas e vias de transporte, é possível renaturalizar leitos de rios, zonas marginais e áreas vulneráveis a este risco, mitigando assim os efeitos adversos sobre a população.

A renaturalização, que visa restaurar os cursos d'água às suas condições originais, antes das intervenções humanas significativas, também é uma oportunidade para o ressurgimento das águas no ambiente urbano, incluindo sistemas de umidificação e refrigeração, bem como áreas verdes que serão criadas para atrair visitantes e proporcionar lazer (Pérola Brocaneli & Monica Stuermer, 2008). Dentre os objetivos estão: a manutenção e melhoria de todas as funções ecológicas, como controle de inundações, serviços paisagísticos, proteção da biodiversidade, conservação da água e do solo, transporte desobstruído e melhoria da qualidade da água (Zhao *et al.*, 2007).

Essas reflexões enfatizam a importância dos processos de intervenção nos corpos de água frente aos problemas relacionados a produção das cidades e sobreposição aos ambientes naturais, que visam restaurar suas características anteriores à degradação, garantindo a manutenção e a sustentabilidade para as próximas gerações. Neste trabalho, buscam-se elencar os diferentes conceitos relacionados a intervenções nos corpos de água e se aprofundar no conceito e práticas da renaturalização, que pode ser utilizada como uma estratégia para reparar os danos ambientais causados na era do Antropoceno, trazendo exemplos aplicados ao redor do mundo e fomentando a discussão sobre o tema no Brasil.

¹ Universidade Federal de Pelotas. E-mail: gabriel_ds@icloud.com

² Universidade Federal de Pelotas. E-mail: mauricio.polidori@gmail.com

Tipos e conceitos de intervenções em corpos de água

A bibliografia apresenta diferentes ideias sobre tipos e conceitos de intervenções em corpos de água. Como afirma Binder (2001), no início do Século XXI, muitos rios na Europa Central foram modificados para tentar evitar enchentes em áreas urbanas, terras agrícolas e rotas de transporte. As margens eram frequentemente revestidas e os leitos se tornavam perfis regulares, prejudicando a biodiversidade. Porém, com a uniformização do perfil do rio, a velocidade da água aumenta, intensificando a erosão e o assoreamento à jusante, além de reduzir a capacidade de autopurificação e prejudicar a qualidade da água, segundo Christopher Walsh *et al.* (2005). As bacias extremamente impermeáveis, por outro lado, diminuem a retenção de água e aumentam os fluxos de pico das águas pluviais, o que tem um efeito cumulativo na escala de captação.

Binder (2001) cita alguns fatores que contribuíram para a mudança da atenção para as águas urbanas, como o desenvolvimento de métodos de tratamento de efluentes, que permitiram a eliminação de poluentes que antes não eram possíveis de eliminar; o aumento do conhecimento sobre águas, ecologia da paisagem e proteção da natureza, incluindo as enchentes, o que reforçou a importância do assunto; a mudança na relação do tempo livre, onde as taxas de tempo livre aumentaram desde a década de 1950 e as tendências comportamentais exigiram espaços de lazer próximos e maior conscientização sobre a saúde.

A melhoria dos corpos hídricos das cidades pode contribuir para: aumentar a eficácia do planejamento de riscos de inundações e minimizar as catástrofes causadas por inundações; possibilitar que os centros urbanos aprendam a enfrentar melhor a degradação das redes de drenagem, ao implementar medidas de retenção de água e Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis (SuDs); diminuir as consequências das ilhas de calor urbanas; criar novos espaços recreativos em torno dos canais; melhorar o habitat aquático e as comunidades ribeirinhas (EEA, 2016).

Existem cinco expressões e modos utilizados para se referir às intervenções em corpos de água, cada uma delas abrangendo conceitos diferentes. Juliana Silva & Monica Porto (2020) conceituam as intervenções denominadas Recuperação, Revitalização e Renaturalização:

- a Recuperação procura reestabelecer as condições físicas, químicas e biológicas do corpo de água, para reconstituir as condições sanitárias.
- a Revitalização procura reintroduzir o canal natural, trazendo vida a ele e mantendo a possibilidade de outros tipos de uso, além de reconstruir de modo funcional as conexões entre córrego e paisagem. Tem como diferencial abranger outras variáveis, como urbanísticas, naturais e sociais, assim como na gestão e no processo de decisão.
- a Renaturalização procura retornar o corpo de água o mais próximo da sua condição natural, ou período anterior às constantes degradações.

Já Carlos Garcias & Jorge Afonso (2013) conceituam as intervenções denominadas Reabilitação e Remediação:

- a Reabilitação é um conjunto de ações que ajudam a melhorar parcialmente as condições físicas e biológicas do corpo de água, como é o caso da reconfiguração dos meandros, estabilização das margens, gerenciamento das espécies, proteção da vegetação ripária e a remoção de barragens.
- a Remediação pode ocorrer quando os impactos ambientais são severos o suficiente para impedir que o corpo de água volte a alguma situação próxima de seu estado natural, criando um ambiente alterado. Geralmente esse termo é utilizado para o tratamento das águas contaminadas por resíduos e poluentes que foram descartados por indústrias e residências.

Este trabalho será focado na renaturalização, em que a história começa no final dos anos 30, quando a frase “obra hidráulica mais naturalizada” começou a aparecer em artigos e discussões sobre economia das águas e ciência da natureza. Entre 1935 e 1945, os esforços abordaram a remodelação dos corpos de água, mas só após o fim da Segunda Guerra Mundial, esse termo foi substituído pelo termo “*Lebenverbauung*”, que significava fortalecer as margens de um arroio com plantas. Muitas críticas começaram a surgir em 1970 com o aumento da preocupação com as águas urbanas e a melhor conscientização da população sobre os problemas ambientais. No começo dos anos 1980 surge o termo renaturalização, sendo um assunto relacionado às intervenções nos meios hídricos, de acordo com Maristela Alves (2003).

Além disso, Alves (2003) considera o termo renaturalização “elástico”, dizendo que o processo não precisa ir de 0 a 100 (de degradado à natural) em escala fatorial. A importância é que as interferências se orientem para o natural, sem se basearem em uma noção falsa de interferência. A retirada da calha de um rio, a melhoria da qualidade da água e a expansão das margens, são exemplos de renaturalização.

Meltem Delibas & Azime Tezer (2017) acrescentam que a renaturalização desempenha um papel complementar na reabilitação bem-sucedida do corpo de água, tendo como foco trazer um sistema fluvial degradado ao seu estado original, de modo naturalista. Para renaturalizar o sistema fluvial com a aplicação de princípios ec hidrológicos, aumentaria a retenção de água e garantiria a continuidade ecológica do processo do ciclo da água.

Para este trabalho, a proposta é de unir o conceito de renaturalização apresentado por Silva & Porto (2020) e por Alves (2003), indicando a importância de todos os esforços que atuarem na manutenção e preservação dos corpos de água principalmente na era pós-antropoceno, tendo seu estado natural como uma referência, sem necessariamente ser alcançado. Para isso, é importante incluir a dinâmica hídrica, o tratamento das águas e o retorno das espécies nativas, assim como a requalificação de áreas e a verificação dos usos do solo e possíveis conflitos com o propósito da renaturalização.

Objetivos e diagnóstico da renaturalização no mundo

Diferentes objetivos e modos de realizar diagnósticos têm sido relatados para o processo de renaturalização. Binder (2001) fala sobre os objetivos deste tipo de intervenção na Europa, sendo um deles a recuperação do funcionamento do ecossistema típico das águas correntes, através de obras hidráulicas adaptadas à natureza e a preservação e recuperação das áreas de inundação, além de impedir o uso inadequado desses espaços. Já na América do Norte, segundo Palmer *et al.* (2007), os dois objetivos de renaturalização mais comuns são a melhoria dos habitats e o manejo das zonas ripárias, sendo necessárias ações para alcançar estes objetivos, como o replantio da vegetação ciliar, exclusão do gado das margens e o replantio da vegetação.

A disponibilidade das áreas, novas tecnologias em engenharia hidráulica e planejamento territorial são requisitos para projetos de renaturalização, onde os planos de recuperação de corpos hídricos específicos incorporam esses objetivos ao planejamento territorial e mostram como preservar, conservar e renaturalizar as margens, leitos de arroios e áreas inundáveis, devendo ser usados em conjunto com os planos de direção municipal, paisagismo, meio ambiente e urbanização, além de serem delineados pela escala das bacias e sub-bacias, como explicam Zhao *et al.* (2007). Segundo os autores, um sistema fluvial urbano é um tipo de sistema aberto que troca energia e materiais continuamente com o ambiente ao seu redor. A perturbação externa no ecossistema fluvial urbano pode se acumular e os efeitos cumulativos podem se espalhar por área

maiores, como as bacias hidrográficas.

As áreas de fundo de vale nas áreas urbanas geralmente são alvo de projetos de renaturalização que incluem a desapropriação e o remanejamento de habitações existentes, bem como o sistema viário e a infraestrutura (Silva & Porto, 2020). No entanto, essas práticas são normalmente associadas ao modo de produção da cidade capitalista, que necessita de novos espaços para produzir e acumular, expandindo a cidade do centro para a periferia e obrigando as pessoas a se localizarem em áreas de risco para sobreviver, ao invés de manter o foco nas questões naturais.

Prever as tendências ecológicas do curso de água contribui para identificar os problemas, sendo elas: a área de captação, distribuição populacional, desenvolvimento econômico social, dimensões de construção, demandas de recursos hídricos do desenvolvimento urbano, descarga de poluentes hídricos, quantidade de água e qualidade da água.

No entanto, a construção de um modelo eficaz na prática é um desafio devido à necessidade de coletar dados em grandes séries de tempo, alta precisão e complexidade do modelo, bem como a extensa degradação dos rios urbanos. Em tais circunstâncias, uma abordagem de análise do ecossistema baseada na previsão de um único elemento (como a qualidade da água e a quantidade de água) é possível de ser utilizada (Zhao *et al.*, 2007), com a inclusão de participação do público e o julgamento de especialistas.

Para avaliar e definir os objetivos específicos da renaturalização é necessário comparar o caso ideal (curso de água renaturalizado) com o caso atual (curso de água degradado), levando em consideração as áreas ribeirinhas. A liberação de áreas agrícolas ou urbanizadas é frequentemente necessária para permitir as condições naturais do curso dos arroios, porém os usos e direitos de uso no caso atual são determinados por diretrizes ou leis específicas em que, se não houver consenso sobre os direitos de uso do arroio, sua evolução natural será limitada (Binder, 2001).

O processo de renaturalização normalmente inclui a expansão do leito do rio, a restauração da continuidade do curso de água, o reestabelecimento da mata ciliar e a criação de ambientes recreativos. As áreas desse tipo podem ser transformadas em parques municipais, melhorando a qualidade de vida dos residentes. Binder (2001) também sugere que, para garantir a segurança a longo prazo, o governo deve comprar as áreas das margens e incluir essas áreas em planos municipais e estaduais. No Brasil esse processo caminha de forma lenta e atrasada quando comparada aos projetos de renaturalização em outros países, tendo foco principal na limpeza dos canais e no tratamento das águas.

Bülent Cengiz (2013) também discute a importância das áreas ribeirinhas como locais para lazer e recreação da população, destacando a necessidade de criar zonas de proteção nas áreas mais vulneráveis. O mesmo autor enumera várias aplicações potenciais para estes espaços, dependendo do período de retorno das inundações. Uma possibilidade é deixar esses espaços para parques e reservas naturais, variando para estradas de pequeno fluxo para períodos maiores, até estradas maiores e urbanizações para períodos de retorno de 100 anos. Isso mostra quão importantes são as áreas a serem renaturalizadas.

É importante lembrar que não existe um método que seja universalmente aplicável para a restauração, pois existem diferenças regionais na geologia, clima, vegetação, uso da terra e distribuição das espécies. Marcos Callisto *et al.* (2019) afirmam que o grau de urbanização tem um impacto direto na biodiversidade e na qualidade dos corpos de água.

O sucesso ecológico da restauração de rios urbanos é sustentado por cinco fundamentos, de acordo com Margaret Palmer *et al.* (2005). Em vez de tentar reproduzir condições históricas inacessíveis ou mesmo desconhecidas, eles defendem uma abordagem de restauração mais pragmática, afirmando que a restauração deve ter como objetivo tornar o rio o mais autossustentável e ecologicamente equilibrado possível, dentro da região. Os autores acreditam que a palavra “ecológica” pode ser usada para descrever amplamente as partes biológicas, hidrológicas e geomórficas dos sistemas naturais.

O primeiro fundamento é criar uma imagem guia que represente um rio saudável e ativo para o ambiente circundante. Palmer *et al.* (2005) explicam algumas opções para se obter a imagem guia, sendo elas:

- usar informações históricas, como fotografias aéreas, mapas, imagens locais e pesquisas realizadas que possam identificar as condições anteriores, tendo como objetivo compreender as condições dos recursos que possam ter se perdido, bem como as mudanças inevitáveis que possam ter ocorrido.
- localizar lugares de referência possivelmente não perturbados ou recuperados, para enquadrar metas de restauração, especialmente em situações em que os dados históricos são insuficientes.
- utilizar uma abordagem analítica ou baseada em modelos empíricos podendo ser usada para orientar o design de um projeto.
- buscar informações nos sistemas de classificação do fluxo, onde mais de 40 esquemas de classificação geomorfológicas foram propostos em várias áreas ao redor do mundo baseada em fatores como padrões de canal, gradiente, materiais e sedimentos, úteis como guias de restauro para regiões específicas.
- utilizar o senso comum, que pode ser adequado em diversas situações, onde as imagens-guia já são evidentes requerendo pouco ou nenhuma análise especializada. Por outro lado, Harvey (2005) alega que, na cidade capitalista, a parceria público-privada enfoca o desenvolvimento econômico na construção especulativa, ao contrário da melhoria de condições em territórios específicos. Estes investimentos focam na qualidade de vida como estratégias de regeneração urbana. Desse modo, a cidade se parece como um local inovador, criativo e seguro para se divertir e, principalmente, consumir. As intenções de gerar qualidade, ou seja, restaurar o rio, podem ser um mero pano de fundo para atração de novos usuários e consumidores do curso de água restaurado, para construir novos negócios e valorizar os terrenos.

O segundo fundamento consiste em melhorias quantitativas nas condições ecológicas do curso de água. Nesse caso, os componentes físico-químicos e biológicos do local, que se movem em direção à imagem, serão medidos após a restauração.

O terceiro fundamento é aumentar a resiliência. As condições dos ecossistemas mudam com o tempo devido às atividades humanas e aos fatores naturais. A restauração ecológica de um rio cria condições ecológicas, geomorfológicas e hidrológicas que permitem que o rio restaurado se transforme em um modelo autossustentável, resiliente e possível de se adaptar a mudanças e estresse rápidos. Como os métodos tradicionais de engenharia geralmente reduzem o canal, eles não deveriam ser a primeira opção para o restauro da resiliência.

O quarto fundamento é quando não há danos duradouros. Um bom projeto de restauro reduz as possibilidades de danos ao rio, no longo prazo. Além disso, ações realizadas num determinado local devem se organizar em conjunto, evitando atrapalhar outras atividades de restauração nas proximidades.

O quinto fundamento é a avaliação. Os níveis pré e pós-projeto são concluídos e os dados estão disponíveis. O sucesso ecológico de um projeto de restauração depende de um objetivo claro desde o início e de avaliações posteriores de como o objetivo foi alcançado. A avaliação é uma parte importante, mas atingir as metas não é suficiente para que um projeto seja considerado valioso. De fato, projetos bem documentados que não atingem os objetivos iniciais podem ajudar mais a manter nossas rotas navegáveis saudáveis no futuro do que projetos que cumprem as previsões.

Alexandre Pereira (2001) delineou outros princípios essenciais para garantir o sucesso do projeto de renaturalização, com base nos princípios descritos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), sendo:

- preservação dos recursos aquáticos, pois sua existência é fundamental para a recuperação de sistemas degradados;
- restauração da estrutura e composição ecológica, incluindo variáveis físico-químicas e processos naturais;
- restauração da estrutura física original, incluindo canalizações e mudanças causadas pelo homem;
- restauração da função natural, garantindo a sustentabilidade;
- dedicação ao contexto da bacia hidrográfica e da paisagem, pois são responsáveis por delinear o corpo de água;
- identificação contínua dos fatores que causam degradação, para que o processo de mitigação seja mais eficaz;
- observação contínua dos processos de renaturalização, para consolidar e verificar os objetivos alcançados.

Ambos os autores destacam a importância do monitoramento do processo, para garantir que os objetivos e indicadores sejam completos. Além disso, ambos buscam a restauração do meio natural para descobrir a sustentabilidade do ambiente aquático. Palmer *et al.* (2005) começa com o objetivo de construir uma imagem referencial do futuro do curso de água. Por outro lado, Pereira (2001) descreve o que será feito para alcançar a integridade por meio de objetivos. Contudo, é preciso levar em consideração o modo de produção da cidade capitalista, que segue destruindo estes ambientes para captar cada vez mais recursos, reconstruindo lugares como parte da produção e acumulação de capital, além de refletir sobre o Antropoceno e o que se deseja para a era pós-antropoceno, garantindo que estes espaços sejam remediados e protegidos, mesmo que isso fuja do interesse do ser humano de exploração e utilização destes ambientes para outros fins, como o turístico e recreativo.

Por fim, os objetivos e o diagnóstico do processo de renaturalização de rios urbanos enfatizam a importância dos aspectos econômicos, sociais e ecológicos, além da necessidade de monitoramento contínuo a longo prazo, ou seja, antes, durante e após o restauro, para procurar o sucesso do processo e servir de estudo para novos processos que poderão suceder. Não somente isso, destacam-se os desafios enfrentados pela renaturalização referente ao desenvolvimento urbano e ao modo de produção capitalista do espaço.

Sucesso nas intervenções em corpos de água urbanos

O sucesso nas intervenções de renaturalização vem sendo discutido, considerando as mudanças alcançadas e o modo como repercutiram na população. Segundo Sophia Findlay & Mark Taylor (2006), um dos principais fatores de sucesso, na Austrália, foi a participação da comunidade no processo de revitalização. Os projetos foram bem-sucedidos, criando controles de inundações e áreas recreativas para a comunidade,



sendo que a população preferiu a renaturalização nos canais onde a paisagem natural prevalecia e a vegetação ciliar permanecia intacta.

Judith Petts (2007) realizou um estudo com grupos de participantes, com o objetivo de compreender o papel da população no processo de revitalização de rios urbanos. Descobriu que essas pessoas passam a acumular conhecimentos específicos, criam conexões significativas com o curso de água e participam ativamente da comunidade, contribuindo significativamente para o processo de revitalização. Estas pessoas disseram que os espaços públicos abertos são essenciais para os projetos porque permitem a recreação e criam uma identidade positiva e afetiva com as águas.

Anna Wlodarczyk & Jorge Mascarenhas (2015) afirmam que operações realizadas nas bordas dos corpos de água recentemente foram consideradas inadequadas e caras, tentando criar espaços artificiais e higiênicos, mas ignorando a natureza. Deve-se considerar a restauração das margens dos rios de modo a evitar o uso de materiais intrusivos e artificiais, como o concreto. Em vez disso, deve-se utilizar a bioarquitetura para renaturalizar e restaurar a forma natural do rio, o que pode ser feito com muito pouco dinheiro.

Na visão de Palmer *et al.* (2005), projetos que atendem às demandas das partes interessadas e avançam na ciência e na prática da restauração de rios podem ser classificados como sucessos ecológicos. Segundo os autores, três áreas principais de sucesso devem ser combinadas para criar projetos de restauração de cursos de água mais eficazes (com está sintetizado na Figura 1, adiante). O sucesso das partes interessadas mostra a satisfação humana com os resultados da restauração,

enquanto o sucesso da aprendizagem mostra os avanços no conhecimento científico e nas práticas de gerenciamento que ajudarão futuras restaurações. Enfim, o sucesso ecológico afere a proximidade com a imagem de referência e as melhorias em indicadores ambientais.

Apesar de concordar em parte com Palmer *et al.* (2005), atender a demanda das partes interessadas precisa levar em consideração, de modo prioritário, os objetivos relacionados à natureza e aos interesses coletivos, pois os benefícios econômicos provenientes dos processos de renaturalização não podem ser medidos pela mera e imediata acumulação de capital pelos proprietários e empreendedores, de modo a simplesmente reforçar o modo de produção capitalista do espaço urbano. De modo diferente, esses benefícios econômicos podem estar difusos e desconcentrados, sendo alcançáveis no médio e no longo prazos.

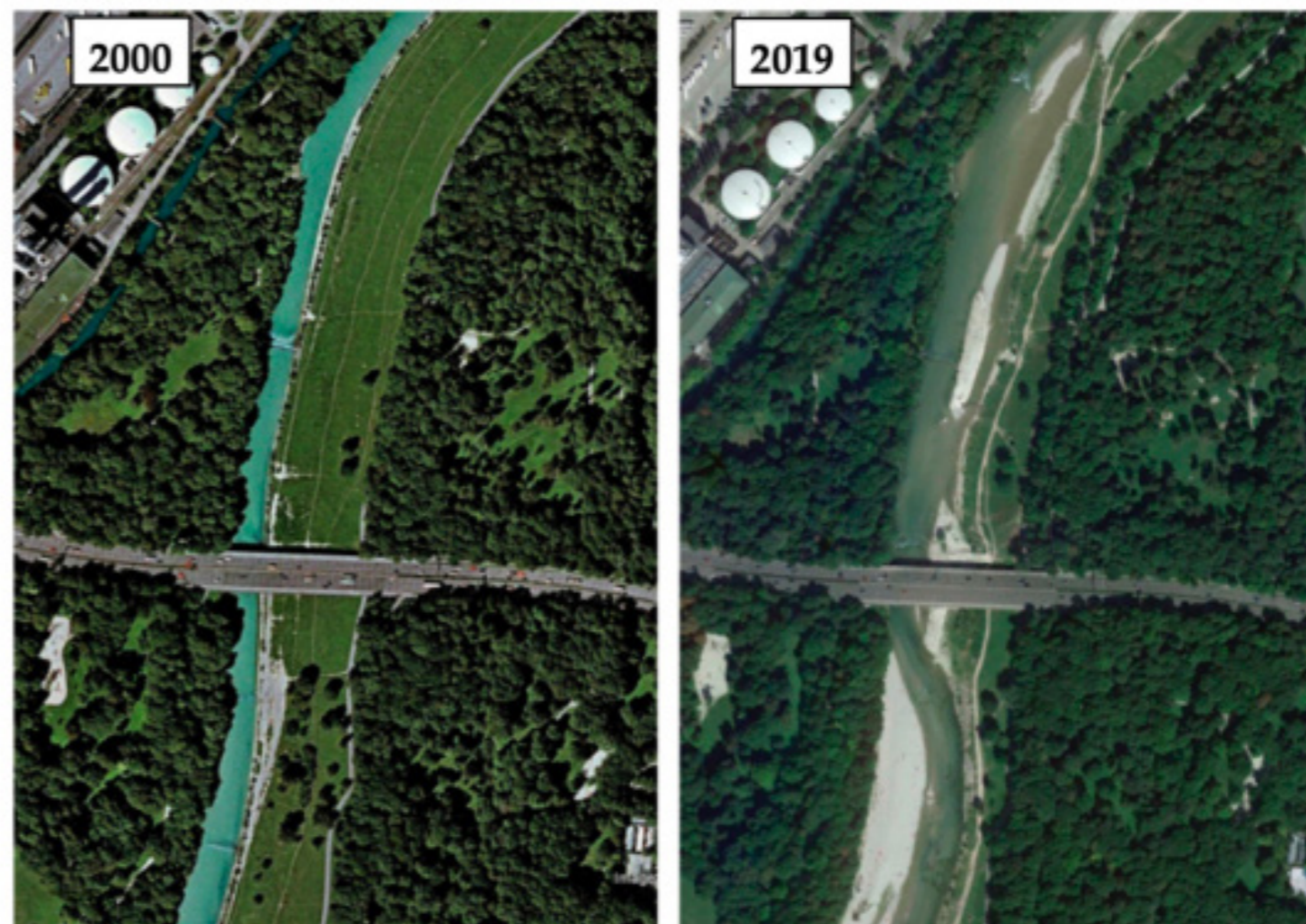
No contexto da nova era pós-antropoceno, é igualmente claro que as práticas adotadas devem ser orientadas por uma outra consciência ecológica, na qual o ser humano não mais se reconhece como centro do universo natural, mas como integrante de um ecossistema muito maior e como interdependente deste. E neste quadro, os projetos de renaturalização ganham uma dimensão ainda mais substantiva, ao oferecerem a possibilidade de servirem como estratégias para a regeneração de habitats naturais e a recuperação da diversidade biológica. Trata-se de esforços muito maiores do que buscar atingir metas econômicas no curto prazo e implicam buscar a sustentabilidade e a resiliência no longo prazo, como base para a sobrevivência de todas as espécies. A valorização da conexão de todas as formas de expressão de vida torna-se assim demandas éticas e estratégicas na formulação de políticas e práticas de desenvolvimento e de planejamento urbano e territorial.

Projetos de renaturalização já realizados e suas características

Aqui estão organizados oito projetos de renaturalização já realizados, trazendo suas particularidades e semelhanças. Como afirmam Christer Nilsson & Ása Aradóttir (2013), esses projetos têm ganhado notoriedade, especialmente mediante a preocupação sobre os efeitos das mudanças climáticas, além do interesse dos serviços ambientais que os sistemas degradados poderiam vir a fornecer, se renaturalizados.

Os primeiros projetos foram iniciados na Europa e nos Estados Unidos, na década de 70, conduzidas pela administração pública, por meio do planejamento participativo, seguidos por realizações na China. A restauração de pequenos ecossistemas fluviais, usando tecnologia de restauração avançada, foi amplamente implementada na Europa, nos Estados Unidos, no Japão (inicialmente pelas organizações não governamentais) e em várias outras nações (Zhao *et al.*, 2007).

Começando pelo primeiro projeto escolhido para o artigo: Rio Isar, na Alemanha. Cengiz (2013) afirma que, na década de 1980, os ambientalistas chamavam o Rio Isar de “rio morto”. O extenso programa de revitalização pretendia restaurar o rio para uso urbano, navegação, captação de água, recreação e geração de energia, o que levou à reversão do processo. O Plano Isar foi iniciado em 2000 pelo *State Office of Water Management Munich*, com o objetivo de aumentar a capacidade de retenção de água e reduzir as enchentes a jusante. As calhas de concreto que faziam a retificação do canal foram demolidas e o concreto foi utilizado como base para criar habitats ecológicos, sendo que diferenças resultantes podem ser vistas na Figura 2, a seguir.

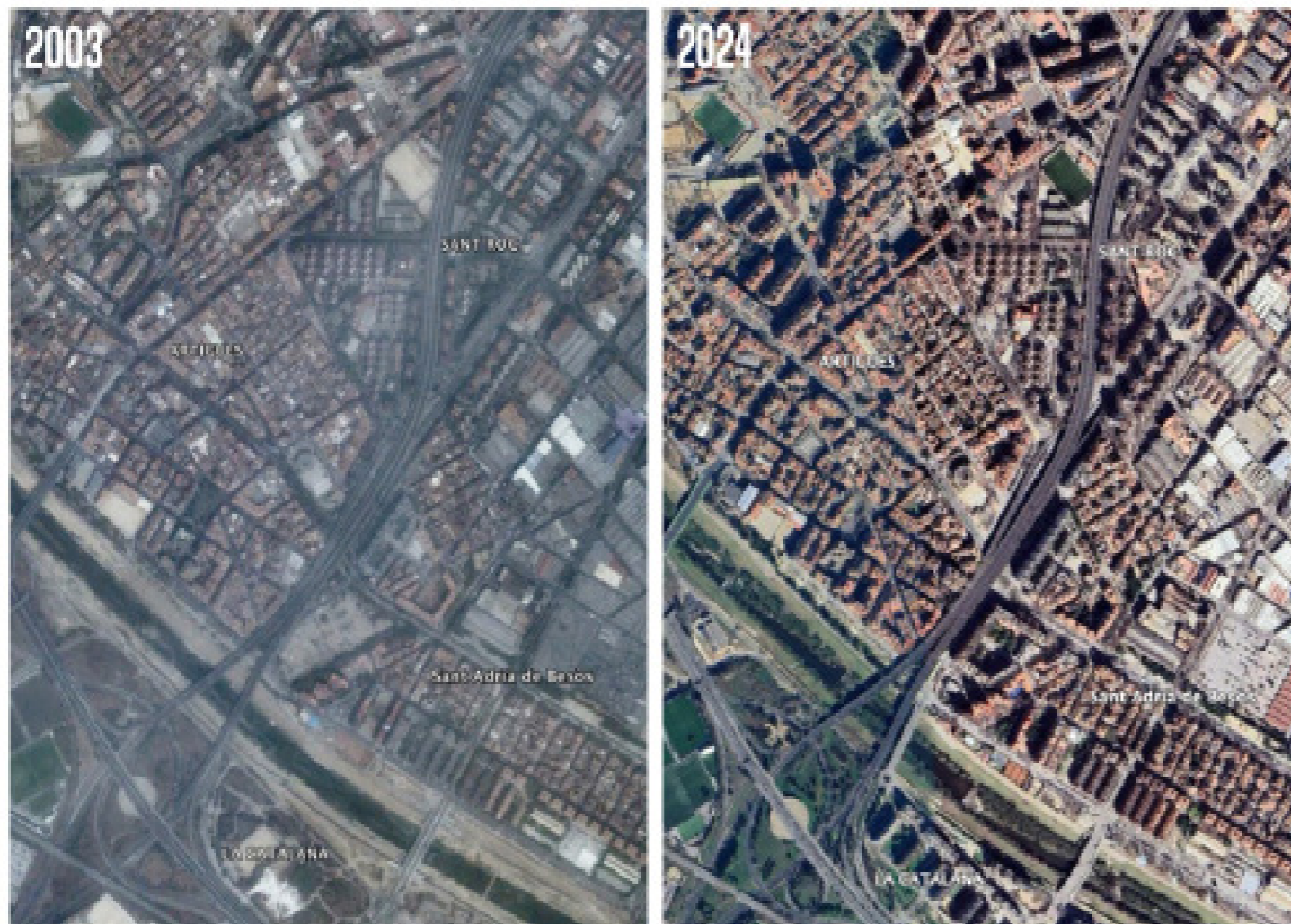


O segundo exemplo escolhido foi o Rio Besos, em Barcelona, que ao final dos anos 90 estava completamente poluído por resíduos urbanos, domésticos e industriais. Devido a inundações significativas, que causaram danos à cidade, incluindo mortes e danos ao patrimônio, o curso do rio foi modificado e outras intervenções foram feitas, tornando-o um canal de escoamento de esgotos. Após a declaração de que os jogos olímpicos seriam realizados na cidade em 1992, o governo recebeu um financiamento de 20 milhões de dólares para a revitalização do Besos.

Uma parte do rio Besos tinha uma extensão de seis quilômetros e cortava dois municípios: Santa Coloma de Gramenet a jusante e Montcada a montante. Os espaços adjacentes ao canal viraram *Wetlands* a montante, que promovem a qualidade através da retenção de nutrientes das águas residuais. A jusante, foram concebidos novos parques para o uso da população, com escadarias de acesso e rampas, além de dispositivos para alerta de inundação, oferecendo os dois resultados imaginados: qualidade das águas e uso para recreação (Martín-Vide, 1999).

Ainda assim, o traçado retilíneo foi mantido na jusante, pois era necessário para incluir o novo parque em suas margens. Por outro lado, o espaço disponível no montante era maior, permitindo o traçado em meandros (ver Figura 3, adiante). Ao final, a revitalização do Rio Besos pode ser considerado um caso de sucesso, pois atingiu os objetivos iniciais de melhorar a qualidade das águas e de oferecer recreação, o que foi bem recebido pela população.

Figura 2 – Revitalização do rio Isar. No ano 2000: antes da revitalização. No ano 2019: após a revitalização. Fonte: Pugliese, 2020.



Revitalização do Rio Isar. No ano 2003: antes da revitalização. No ano 2024: após a revitalização. Fonte: elaborado pelo Autor (2024) a partir de imagens de satélite disponibilizadas pelo Google (2024).

O terceiro exemplo escolhido foi o Rio Emscher, na região sul da Alemanha, que em meados do Século XIX foi industrializado pela extração de carvão mineral. Após a desindustrialização, o rio estava muito degradado e prejudicando a qualidade de vida dos habitantes, porque os corpos de água estavam poluídos e o solo estava contaminado com metais pesados.

A extração mineral rebaixou o solo do rio em até 30 metros de profundidade, o que impediu a construção de tubulações subterrâneas. Como resultado, as calhas de concreto foram colocadas no leito do Emscher. O projeto de recuperação do sistema hídrico do rio foi projetado para durar de duas a três décadas. Foram apresentadas propostas para três áreas diferentes: sistema de tratamento de esgoto descentralizado, controle da água da chuva e remodelação dos corpos de água. Para a primeira área foram projetadas cinco estações de tratamento de esgoto, localizadas na região para atender à primeira área, porém ao final do processo de renaturalização descobriu-se que apenas três estações foram suficientes, devido à migração e ao fechamento de indústrias.

Para a segunda área, que diz respeito ao controle da água das chuvas, sistemas de separação de águas limpas e sujas foram instalados para evitar que a canalização se sobrecarregue. Em períodos de enchentes, os tanques de concreto decantam e diferenciam a água, onde a água mais limpa flui pela parte superior e a matéria suja, acumulada na parte inferior, é retirada a intervalos regulares e enviada para a estação de tratamento de lodos.



Para a terceira área, que se refere à remodelação do rio, foram desenvolvidas três opções, que se encaixam em ambientes diferentes do Emscher e foram consideradas e utilizadas, dependendo de onde melhor se encaixava mediante as particularidades de cada área de várzea. A primeira opção, conhecida como “rede verde-azul” (Figura 4, acima), requer grandes espaços livres para permitir o desenvolvimento de várias espécies e aumentar a valorização ecológica do rio. A largura do leito do rio não aumenta, mas aumentam as áreas onde o rio pode transbordar.

A segunda opção é conhecida como “várzea do Emscher” (Figura 5, acima). Nessa opção, são utilizadas áreas de 12 a 20 metros de largura, cobertas por taludes, devido a limitação de espaço nas margens do corpo de água.

A terceira opção, conhecida como “rio selvagem” (Figura 6, acima), produz um leito extenso com diferentes profundidades. Devido aos desníveis elevados, foram necessárias estações de bombeamento contínuo das águas e taludes naturais foram construídos nas margens para evitar o transbordamento.

O processo contribuiu para a restauração da paisagem natural (Figura 7), para a criação de distritos industriais para indústrias de tecnologias limpas em áreas antes mineradas e para a urbanização por meio da construção de moradias sustentáveis. O principal objetivo do projeto era restaurar a dinâmica do corpo de água e colocá-lo de volta na paisagem urbana (Alves, 2003).

Figura 4 – Variante “rede-verde-azul” do rio Emscher. Fonte: Alves, 2003. Figura 5 – Variante “várzea do Rio Emscher”. Fonte: Alves, 2003. Figura 6 – Variante “rio selvagem” do rio Emscher”. Fonte: Alves, 2003.



Figura 7 – Renaturalização de uma parte de um córrego do Rio Emscher utilizando a variante “rio selvagem”. Fonte: Alves, 2003.

O quarto exemplo de renaturalização escolhido foi o Rio Reno, com 1.320 km de extensão, abastece cerca de 30 milhões de pessoas com água potável em seis países: Suíça, França, Alemanha, Holanda, Bélgica e Luxemburgo. Até a década de 1950, era conhecido como “rio de ouro” devido a sua alta qualidade da água e à abundância de biodiversidade, mas devido ao crescimento econômico e populacional da área urbana, sofreu vários impactos ambientais. Em 1970, alguns trechos do rio foram canalizados para permitir a navegação, o que resultou em sua degradação e perda da biodiversidade na bacia. Um plano para restaurar o rio foi estabelecido pelos ministros europeus na Conferência de Strasburgo, na França, em 1987. O plano tinha três metas: combater a poluição, melhorar a qualidade da água e evitar acidentes. A recuperação ambiental foi incluída no plano, ainda no mesmo ano. Como resultado do processo de renaturalização, a poluição por gases emissores mais fortes diminuiu de 50% a 70% em 1995 e a biodiversidade voltou a existir no ano de 2000. Com 95% dos efluentes tratados, foi considerado um rio limpo em 2007. Aproximadamente US\$ 15 bilhões foram gastos em projetos públicos e privados (Chaves & Carvalho, 2020).

O Rio Danúbio, quinto exemplo escolhido para o estudo, abrange 19 países europeus e é considerado o segundo maior rio da Europa, sendo o principal afluente do Mar Negro. Após a segunda guerra mundial, houve um aumento no número de indústrias e no volume de resíduos lançados no rio. A poluição e a deterioração da qualidade da água foram as principais preocupações. Segundo Juliana Cibim (2010), houve acordos entre 1985 e 1994 para promover diretrizes de proteção da qualidade das águas e promover a integração e comunicação entre o governo, ONGs e organizações da sociedade civil. Ao final de 1994, a Convenção para a Proteção do Rio Danúbio foi assinada e continua sendo administrada. A participação pública no processo de tomada de decisões facilitou a cooperação e prevenção de conflitos de gestão internacional.



Figura 8 – Modelo digital do parque linear do Cheonggyecheon. Fonte: Cengiz, 2013.

Em 1950, o Rio Sena, sexto exemplo de renaturalização escolhido, que faz parte de uma bacia hidrográfica que cobre cerca de 20% da França, tinha apenas 11 estações de tratamento de efluentes. Entre 1997 e 2007, foram investidos 2,1 bilhões de euros em sua revitalização, com foco na melhoria da qualidade da água, na qualidade dos habitats da bacia e na implementação de medidas técnicas e ambientais. Em 2008, havia 2.000 estações de tratamento de efluentes.

O sétimo exemplo escolhido para o estudo, Rio Mapocho, localizado no Chile, tem 110 km de extensão e drena 4.230 km². A poluição causada por infraestrutura de efluentes inadequada, lançamento de chorume e falta de conservação do leito afeta a biota, a qualidade da água e os espaços de contato e recreação. Um corredor ecológico foi proposto no Plano Diretor de Santiago em 1960, mas não foi construído, o que obrigou a concepção de outras iniciativas que estão sendo implementadas, como o projeto “Mapocho Urbano Limpo”, que desde 2007 visa limpar a área urbana do rio, garantindo que as descargas de resíduos sejam fechadas e a construção de um coletor para tratar os efluentes da região metropolitana (Garcias & Afonso, 2013).

O Rio Cheonggyecheon, em Seul, na Coreia do Sul, é o oitavo exemplo de renaturalização escolhido para o artigo, que teve início a sua degradação quando foi transformado em um canal de escoamento de esgoto devido à construção de uma grande avenida e uma via expressa elevada. In-Keun Lee (2006) declara que o projeto tinha como objetivos resolver os problemas de tráfego, melhorar a qualidade do ar e reduzir os ruídos sonoros, criar uma identidade para a região, aumentar a segurança, projetar um espaço naturalmente agradável, melhorar a qualidade de vida da comunidade e melhorar a imagem cultural de Seul. Para atingir esses objetivos, a via expressa elevada foi removida e a avenida foi demolida, deixando o rio exposto à luz natural (Figura 8).

Para garantir uma lâmina de água no rio durante todo o ano, foi necessário um sistema de bombeamento. O processo foi lento, caro e difícil, mas foi concluído com sucesso, devolvendo o rio à sua paisagem natural e integrando a comunidade com áreas de lazer nas margens.

Levando em conta as particularidades de cada localização, todos os projetos foram focados no retorno e tratamento da qualidade da água. Na renaturalização do rio Isar, Reno, Cheonggyecheon e do rio Emscher houve a retirada das calhas de concreto que faziam a retificação do canal. Com o aumento do espaço de vazão do rio, possibilitou a volta da vegetação ciliar e o aumento do espaço de vazão das águas, reduzindo impactos a jusante. Além disso, grandes áreas ribeirinhas se tornaram áreas verdes e recreativas para a comunidade e todos os projetos tiveram incentivos através da instalação de estações de tratamento de efluentes ao longo da região do corpo de água. No caso do Rio Besos, houve ainda áreas de *Wetlands*, capazes de reter os nutrientes das águas residuais e, no Rio Emscher, foi instalado um sistema de calhas com decantação que separa as águas limpas e o restante é direcionado para uma estação de tratamento de lodos.

Considerações finais

Após a integração dos diversos conceitos relacionados às intervenções em corpos de água, destaca-se o conceito de renaturalização proposto por Porto e Silva (2020) e Alves (2003), o qual enfatiza que qualquer esforço direcionado à manutenção e preservação dos corpos de água degradados é de grande relevância. É crucial ressaltar que esse processo deve ser o menos intrusivo e mais sustentável possível, abrangendo o tratamento das águas, o repovoamento com espécies nativas e a revitalização de áreas para usos não diretamente ligados à renaturalização.

Por outro lado, o conceito defendido por Binder (2001), que visa restaurar os corpos d'água ao seu estado mais próximo do natural, requer uma avaliação cuidadosa para determinar qual estado natural se pretende alcançar, considerando as variações ao longo do tempo e as influências humanas. O objetivo é alcançar metas definidas, visando a sustentabilidade do ambiente.

Apesar dos esforços de renaturalização, é essencial reconhecer que o modelo capitalista de desenvolvimento urbano continua a degradar esses ambientes, priorizando a criação de espaços comerciais e o atrativo de novos consumidores. Para obter sucesso na renaturalização, é necessário focar na recuperação dos ambientes degradados e na promoção de sua autorregeneração.

A era do Antropoceno pôs em risco e causou a extinção de muitas espécies devido à destruição de habitats e a poluição. A renaturalização busca reverter esses impactos ao restaurar os habitats naturais, ajudando na recuperação da biodiversidade perdida e proporcionando novos habitats para espécies ameaçadas. Além disso, este tipo de intervenção também pode melhorar a relação entre seres humanos e a natureza, fomentando uma maior consciência ecológica e respeito pelo ambiente natural. Isto é especialmente importante no pós-Antropoceno, onde uma nova ética em relação à natureza emerge, centrada no reconhecimento da importância da natureza e na necessidade de uma coexistência sustentável.

Em resumo, a renaturalização de corpos de água contribuirá significativamente para a paisagem pós-Antropoceno ao desempenhar um papel crucial na recuperação da biodiversidade, na estabilização do clima e na reconstrução de ecossistemas autossustentáveis.

As iniciativas de renaturalização têm produzido diversas consequências positivas, como a melhoria da qualidade do ar, a redução do ruído urbano, o combate às ilhas de calor, o aumento da biodiversidade e da atividade econômica, além de promover a harmonia entre desenvolvimento e preservação. No entanto, essas ações demandam espaços consideráveis ao longo das margens dos corpos d'água, o que pode ser um desafio em áreas urbanizadas densas, embora represente uma solução viável para cidades menores e dispersas. É necessário considerar o contexto específico, incluindo aspectos ecológicos e socioespaciais, como linhas de drenagem, topografia, densidade populacional e uso do solo.

No Brasil, o processo de renaturalização de cursos de água está em fases iniciais em muitas áreas, mas demonstra a crescente conscientização sobre a importância de preservar e recuperar nossos recursos hídricos. Os projetos em andamento enfrentam desafios, como captar financiamento adequado, engajamento comunitário e a concepção de políticas públicas, mas é através do avanço desses projetos, que se esperam mais rios brasileiros restaurados, beneficiando principalmente a natureza.

Por fim, a interface entre o ambiente urbano e o natural é fundamental para a renaturalização, exigindo a disponibilidade de espaços livres para garantir a resiliência e sustentabilidade dos ecossistemas fluviais. Quanto mais urbanizada uma área, mais desafiador será o processo de renaturalização. É crucial repensar a relação entre urbanização e rios, compreendendo a dinâmica desses ambientes e buscando garantir sua sustentabilidade, além de promover a criação de novas paisagens protegidas, conservadas e preservadas.

Referências

ALVES, M. P. *A recuperação de rios degradados e sua reinserção na paisagem urbana: a experiência do rio Emscher na Alemanha*. 2003. Dissertação de mestrado - Universidade de São Paulo, São Paulo.

Área Metropolitana de Barcelona. Geoportail de Cartografia de l'AMB. Barcelona, 2019. Online. Disponível em: <https://geoportailcartografia.amb.cat/AppGeoportailCartografia2/index.html>. Acesso em: 08 set. 2023.

BINDER, W. (2001). Rios e Córregos: Preservar – Conservar – Renaturalizar. A Recuperação de Rios, Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental. SEMADS - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Rio de Janeiro. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto Planágua, SEMADS/GTZ, Volume 2, 41 páginas. Recuperado em 03 de abril de 2022, de http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10816/Livro_Rios-e-Córregos-Preserva-Conservar-Renaturalizar_SEMADS-RJ.pdf?sequence=1

BROCANELI, P. F., & STUERMER, M. M. Renaturalização de rios e córregos no município de São Paulo. *Exacta*, n. 6, p. 147-156, 2008. <https://doi.org/10.5585/exacta.v6i1.799>

CALLISTO, M., MORENO, P., MACEDO, D. R. Biomonitoramento e pressões da urbanização: Uma abordagem integrada entre Ecologia e Geografia na bacia do rio das Velhas. *Revista Espinhaço*, n. 8, p. 2-12, 2019. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3345811>

CENGIZ, B. Urban River Landscapes. *Advances in Landscape Architecture*, n. 1, 2013.

CIBIM, J. C. Bacias Hidrográficas Internacionais: Território, Governança e Perspectiva de Cooperação. In: Anais do V Encontro Nacional da Anppas, 1., Florianópolis, BR, 2010.

CHAVES, A. C. A., CARVALHO, I. M. Renaturalização de corpos de água em Manaus/AM. In: ENSUS–Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 1., Palhoça, BR, 2020. p.35-54.

CRUTZEN, P. J. (2002). Geology of mankind, *Nature*, n. 415.6867, p. 23, 2002.

DELIBAS, M., & TEZER, A. Stream Daylighting as an approach for the renaturalization of riverine systems in urban areas: Istanbul-Ayamama Stream case. *Ecohydrology & Hydrobiology*, n. 17, p. 18-32, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2016.12.007>

EEA - European Environment Agency. Rivers and lakes in European cities - Past and future challenges. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2016. Online. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/rivers-and-lakes-in-cities/file>. Acesso em: 07 jul. 2023.

FERRÃO, J. Antropoceno, cidades e geografia. *Espaços e Tempos em Geografia*. p. 287-302, 2017.

FINDLAY, S. J., & TAYLOR, M. P. Why rehabilitate urban river systems? *Area*, n. 38, p. 312-325, 2006. <http://www.jstor.org/stable/20004548>

GARCIAS, C.M. & AFONSO, J. A. C. Revitalização de Rios Urbanos. *Gesta. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologia Ambiental*, n. 1, p. 131-144, 2013. <https://doi.org/10.9771/gesta.v1i1.7111>

GRIMM N.B., FAETH S.H., GOLUBIEWSKI N.E., REDMAN C.L., WU J., BAI X., BRIGGS J.M. Global Change and the Ecology of Cities. *Science*, n. 319, p. 756-760, 2008.

HARVEY, D. (2005). A produção capitalista do espaço. São Paulo: Annablume, 2005, v1.

LEE, K. Cheong Gye Cheon Restorations Project: a revolution in Seoul. ICLEI, 2006. Online. Disponível em: <https://seoulsolution.kr/sites/default/files/policy/%5BEN%5DCheong%20Gye%20Cheon%20Restoration%20Project.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2023.

MAGDALENO, F. Experimental floods: A new era for Spanish and Mediterranean rivers? *Environmental Science & Policy*, n. 75, p. 10-18, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.01>

MARTÍN-VIDE, J. P. Restoration of an urban river in Barcelona, Spain. *Environmental Engineering and Policy*, n. 2, p. 113-119, 1999. <https://doi.org/10.1007/s100220000030>

NILSSON, C., ARADÓTTIR, Á. L. Ecological and social aspects of ecological restoration: new challenges and opportunities for northern regions. *Ecology & Society*, n. 18, 2013. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06045-180435>

PALMER, M., BERNHARDT, E. S., ALLAN, J. D., LAKE, P. S., ALEXANDER, G., BROOKS, S., CARR, J., CLAYTON, S., DAHM, C., FOLLSTAD, S. J., GALAT, D. J., GLOSS, S., GOODWIN, P., HART, D. H., HASSETT, B., JENKINSON, R., KONDOLF, G. M., LAVE, R., MEYER, J. L., O'DONNELL, T. K., PAGANO, L., SRIVASTAVA, P., SUDDUTH, E. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, n. 42, p. 208-217, 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01004.x>

PEREIRA, A. L. Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. *Boletim da Associação Brasileira de Limnologia*, n. 39, p. 1-21, 2001.

PETTS, J. Learning about learning: lessons from public engagement and deliberation on urban river restoration. *The Geographical Journal*, n. 173, p. 300-311, 2007. <http://www.jstor.org/stable/30130627>

PUGLIESE, F., GERARDO, C., AUDE, Z., GERD, L., MAURIZIO, G. Nature-Based Solutions (NBSs) Application for Hydro-Environment Enhancement. A Case Study of the Isar River. *Environmental Sciences Proceedings*, n. 2, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.3390/envirosciproc2020002030>

RAMÍREZ-AGUDELO, N.A., BADIA, M., VILLARES, M., & ROCA, E. Assessing the benefits of nature-based solutions in the Barcelona metropolitan area based on citizen perceptions. *Nature-Based Solutions*, n. 2, p. 1-11, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100021>

SILVA, J. C. de A. da., PORTO, M. F. do A. Requalificação de rios urbanos no âmbito da renaturalização, da revitalização e da recuperação. *Labor e Engenho*, n. 14, p 1-19, 2020. <https://doi.org/10.20396/labore.v14i0.8659900>

WALSH, C.J., ROY, A.H., FEMINELLA, J.W., COTTINGHAM, P.D., GROFFMAN, P.M., MORGAN II, R.P. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, n. 24, p. 706-723, 2005. <https://doi.org/10.1899/04-028.1>

WLODARCZYK, Anna Marta, MASCARENHAS, Jorge Morarji R. Dias. Nature in cities. Renaturalization of riverbanks in urban areas. *Open Engineering*, n. 6, p. 681-690, 2016. <https://doi.org/10.1515/eng-2016-0095>

ZHAO, Y. W., YANG, Z. F., XU, F. Theoretical framework of the urban river restoration planning. *Environmental Informatics Archives*, n. 5, p. 241–247, 2007.