



RESTAURAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS E DE SUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS: ENSINAMENTOS DE EXPERIÊNCIAS BEM SUCECIDAS NO BRASIL E NO MUNDO

Geraldo Tadeu Rezende Silveira⁽¹⁾

Doutor em Recursos Hídricos. Pós-doutor em engenharia ambiental e de recursos hídricos pela North Carolina State University (EUA), Professor titular em recursos hídricos e saneamento na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Avaliador de cursos do MEC e Cone Sul. Tutor do Programa de Educação Tutorial (PET) do curso de Engenharia Civil. Membro do Conselho Municipal de Saneamento de Belo Horizonte (COMUSA). Consultor em sustentabilidade e ESG de organizações do terceiro setor.

Débora Cristiane de Melo Nascimento⁽²⁾

Graduanda do curso de engenharia civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e membro do PET Civil PUC Minas.

Giovana Toledo Rezende⁽³⁾

Graduanda do curso de engenharia civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e membro do PET Civil PUC Minas.

Milene Ferreira Viana⁽⁴⁾

Graduanda do curso de engenharia civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e membro do PET Civil PUC Minas.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Dom José Gaspar, 500 – Prédio 3 – Departamento de Engenharia Civil da PUC Minas - Bairro Coração Eucarístico – Belo Horizonte – Minas Gerais – Cep: 30535-901 – Brasil - Tel: +55 (31) 33194124 - e-mail: tadeugeraldo@yahoo.com.

RESUMO

A degradação da água e dos recursos hídricos configura-se como um dos maiores desafios da atualidade. Ao mesmo tempo em que se pode adotar um conjunto de medidas de prevenção, há um passivo ambiental no Brasil que requer medidas corretivas de recuperação e restauração, em especial nas regiões Sudeste e Sul. Por outro lado, existem dois eixos de atuação, quais sejam, ações que visem a melhoria da oferta hídrica em quantidade, aumentando as vazões e, de outro lado, medidas que objetivam a melhoria da qualidade destas águas. O objetivo deste artigo foi o de estudar experiências de recuperação e restauração de corpos hídricos, destacando seus ensinamentos e elaborando um portfólio de propostas para futuros projetos desta natureza. Foram estudadas mais de 10 experiências espalhadas pelo Brasil e pelo mundo, em grupos de estudos e análise de estratégias adotadas. Conclui-se que a recuperação de corpos hídricos passa pela restauração de toda a bacia hidrográfica e não só das águas que escoam na calha do corpo hídrico. Outra lição destes casos bem-sucedidos é que os processos de recuperação são de médio e longo prazos o que requer o engajamento de toda a sociedade, muito além do poder público.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação da Água, Recursos Hídricos, Restauração de Bacias

INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma disponibilidade hídrica alta em relação aos demais países. Todavia, este patrimônio hídrico está, cada vez mais, sendo degradado, tanto no que se diz respeito às vazões disponíveis, quanto em relação à qualidade destas águas e dos ecossistemas aquáticos. A bacia hidrográfica, território produtor de água, está sendo intensamente alterada, ao mesmo tempo que as mudanças climáticas intensificam a instabilidade no ciclo hidrológico e, em especial, das precipitações.

Neste contexto, é preciso observar o que ocorre em todo território das águas, a bacia hidrográfica, visto que o corpo hídrico, suas vazões e qualidade de suas águas estão diretamente relacionados com as atividades antropogênicas que se desenvolvem na bacia hidrográfica. No Brasil, grandes são os desafios para reverter o processo histórico de degradação das bacias e recuperar a capacidade dos corpos hídricos superficiais e de seus aquíferos subterrâneos. Através dessa recuperação é possível a oferta de água para múltiplos usos, tanto em quantidade, quanto em qualidade. Portanto, é de fundamental importância resgatar e estudar experiências bem-sucedidas de recuperação de corpos hídricos, sistematizando as estratégias e técnicas para que se possa utilizá-las em projetos de recuperação de rios no país.



Cabe destacar o Programa de Restauração de Ecossistemas Degradados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), também conhecido como projeto geração restauração, que foca na conservação do ecossistema, em especial na sua restauração. O projeto, além de educar para a importância desses processos, utiliza-se de ferramentas econômicas baseadas em recompensas financeiras àqueles que contribuem para a restauração ambiental e das bacias hidrográficas.

A Década das Nações Unidas sobre Restauração de Ecossistemas propõe elaborar a revitalização de ecossistemas degradados visando a reverter o panorama da crise climática e otimizar as necessidades básicas da vida humana, tais como, segurança alimentar, saneamento e a biodiversidade. A restauração de ecossistemas é caracterizada pelo conjunto de ações que tendem a recuperar a funcionalidade ecológica dos ambientes naturais, melhorando sua produtividade e qualidade. A revitalização pode acontecer de diversas maneiras, como por exemplo, por meio do plantio ativo ou a regeneração natural de ecossistemas superexplorados.

No Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA) implementa o Programa Produtor de Águas que se baseia no instrumento do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) que tem por objetivo incentivar os produtores rurais às práticas conservacionistas, estimulando-os a conservarem os ecossistemas de importância para os recursos hídricos que estão em suas propriedades. Através do PSA os produtores rurais são remunerados por manterem estas áreas dinâmicas e recebem apoio técnico para construções de terraços, barragens, readequações de estradas rurais, recuperação e proteção de nascentes, reflorestamentos e manutenção de reservas florestais, entre outros.

Objetivo Geral

A pesquisa tem como objetivo geral estudar experiências bem-sucedidas de recuperação de corpos hídricos, ordenando os conhecimentos e estratégias empregados com a finalidade de subsidiar outros projetos de recuperação de corpos hídricos no país.

Objetivo Específico

- Identificar experiências de recuperação de corpos hídricos como estudo de caso;
- Discutir criticamente as estratégias utilizadas de tal forma a consolidar as principais que podem ser adotadas em outros cenários;
- Sistematizar os conhecimentos adquiridos e divulgá-los para ajudar o país em sua tarefa de recuperar seus corpos hídricos superficiais.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa é o estudo de caso. Inicialmente, foram identificados casos reais de restauração de corpos hídricos no país e no mundo. Na sequência, estas experiências foram estudadas criticamente pelo grupo de pesquisadores e os principais ensinamentos foram sistematizados para uma avaliação global das estratégias de restauração de corpos hídricos e de suas bacias hidrográficas, gerando conhecimento para futuros projetos de restauração.

Para o levantamento da experiência do Projeto Manuelzão de restauração do rio das Velhas foi realizada entrevista com o fundador do projeto, o médico sanitário Apolo Heringer Lisboa. Para esta entrevista, foi elaborado e utilizado o roteiro de perguntas apresentado no Quadro 1.



Quadro 1 - Roteiro de Entrevista para o Projeto Manuelzão – Rio das Velhas

- 1 - Conte um pouco sobre a história e valores do Projeto Manuelzão?
- 2 - Na sua opinião, quais são as principais causas da degradação das bacias hidrográficas?
- 3 - Quais ações você considera ser fundamentais em um projeto de revitalização de bacias hidrográficas?
- 4 - Qual o papel das comunidades locais, tradicionais e ribeirinhas na revitalização de bacias hidrográficas?
- 5 - O poder público está desempenhando adequadamente seu papel de conservar e revitalizar as bacias hidrográficas?
- 6 - Quais as lições aprendidas no Projeto Manuelzão que poderiam ajudar outros projetos similares?
- 7 - Qual é a importância da promoção da educação ambiental dos moradores da bacia hidrográfica em relação à revitalização?
- 8 - Qual o papel da expedição ao rio num projeto de revitalização de bacia hidrográfica?
- 9 - Com que liderança para o setor podemos contar hoje em nosso estado e no Brasil?
- 10 - Poderia falar um pouco mais de seus projetos futuros na área?
- 11 - Num contexto sócio-político tão desafiador para as questões ambientais em nosso país, você acredita que há esperança para nossos rios e suas bacias hidrográficas?

RESULTADOS

O Caso da Revitalização do Rio Potomac nos Estados Unidos

O rio Potomac se localiza na região nordeste dos Estados Unidos, entre os estados da Pennsylvania, Maryland, Virginia e Virginia Ocidental e também a capital Americana, Washington DC.

A bacia hidrográfica deste rio apresenta uma grande ocupação, sendo muito urbanizada. Aproximadamente 50% da área da bacia é pavimentada, reduzindo significativamente as taxas de infiltração. Ao mesmo tempo, o escoamento das águas pluviais carrega muitos resíduos para o rio e, por escoarem em pavimentos aquecidos, se aquecem. Ao chegarem no rio, estas águas quentes expulsam o oxigênio dissolvido, afetando a vida aquática.

Outro problema é a erosão das margens dos riachos e, conseqüentemente, o o assoreamento. Já a neve absorve óleos e graxas do intenso tráfego de automóveis e, quando derrete, gera águas contaminadas que vão parar no rio Potomac.

Diante desta situação, a população residente na bacia do rio Potomac se organizou e pressionou politicamente as autoridades para encontrar soluções para o problema.

Para conter o lixo que se direcionava diretamente para o rio, foram adotados os “trash-traps” que consiste em colocar membranas de filtração nos bueiros de forma a reter os resíduos. Também adotaram o “generative air-sweepers” que são equipamentos capazes de aspirar os resíduos que chegam no rio. Em paralelo, foi implantado o tratamento do esgoto gerado na bacia e a restauração das áreas úmidas e inundáveis de entorno do rio com o plantio de plantas nativas pelas estudantes e remoção de plantas invasoras.

Outra iniciativa importante foi o estímulo aos telhados verdes que ajudam a conter a água de chuva, capturam parte dos poluentes presentes no ar e ajudam na climatização das residências.

Este caso ensina como é importante o envolvimento da população e o correto gerenciamento do lixo nas áreas urbanas. Destacam-se ainda o uso de dispositivos de retenção do lixo no sistema de drenagem, o tratamento dos esgotos e a conscientização da população para evitar o descarte irregular de resíduos. Além disso, revela como a intensa impermeabilização afeta a temperatura das águas de um rio e, conseqüentemente, o ecossistema aquático.



Quadro 2: Estratégias de Restauração no Rio Potomac

- Envolvimento da população;
- Dispositivos de retenção de resíduos no sistema de drenagem (trash-traps);
- Equipamentos para o desassoreamento e a aspersão de resíduos no corpo hídrico (generative air-sweepers);
- Tratamento dos esgotos gerados na bacia;
- Restauração de áreas úmidas no entorno do rio através do plantio de plantas nativas e remoção de plantas invasoras;
- Implantação de telhados verdes.

O caso da Revitalização do rio Sena na França

O rio Sena é um importante via de transporte fluvial para França e, sobretudo, para Paris, a bacia ocupa 1/5 do território francês. A população atinge 7,6 milhões de habitantes na bacia e, além disso, 30% da indústria nacional está concentrada nela.

A França é dividida em seis bacias hidrográficas, e, para dar início ao processo de revitalização, foi necessária a criação de um comitê de águas em cada uma dessas áreas. O programa de revitalização precisou ser desenvolvido em toda a bacia para ser alcançada a qualidade da água no rio Sena. O fato de que a maior parte da terra é dedicada à agricultura contribuiu para que houvesse a execução do programa de revitalização.

A primeira lei relativa aos recursos hídricos, de 1964, possibilitou a criação da Agência da Água para gerenciar a água no nível da bacia hidrográfica. Cada agência está associada há um comitê de bacia hidrográfica composto por representantes do Estado, os usuários da água e representantes da sociedade civil. As agências são o braço executivo do Comitê de Bacia. O uso da água na bacia passou a ser objeto de cobrança. Este modelo foi, mais tarde, adotado na década de 90 no Brasil.

A principal estratégia da revitalização desta bacia hidrográfica foi o tratamento de esgotos domiciliares e industriais. Linhas de financiamento foram liberadas para o setor privado tratar os seus efluentes, inclusive utilizando os recursos provenientes da cobrança pelo uso da água. Em paralelo, a poluição difusa foi detectada através do monitoramento do sistema de drenagem e da identificação em campo de pontos irregulares de lançamento de esgoto no rio.

Quadro 3: Estratégias de Restauração no Rio Sena

- Criação das Agências da Água e dos Comitês de Bacia;
- Cobrança pelo uso da água;
- Implantação de rede coletora de esgotos;
- Tratamento dos esgotos domésticos e industriais;
- Identificação de poluição difusa por varredura da rede de drenagem e diagnóstico de campo;
- Financiamento para os pequenos geradores tratarem seus efluentes, utilizando recursos financeiros gerados pela cobrança pelo uso da água.

Caso da Revitalização do rio Tâmsa na Inglaterra

O rio Tâmsa é o rio mais importante da Inglaterra, nascendo no Montes Costwolds, no centro do país, correndo por cerca de 294 km de oeste para leste, até chegar na sua foz em Londres. A sua importância para a Inglaterra é incontestável, servindo durante séculos como grande meio de locomoção, transporte de produtos e manancial de água para o abastecimento de água de Londres.

Nos séculos passados, inclusive durante a Revolução Industrial, o rio Tâmsa foi sendo poluído de tal maneira que chegou a ser chamado de “O Grande Fedor”. Várias medidas paliativas foram sendo implantadas ao longo do tempo, mas somente quando os esgotos lançados no rio foram coletados e tratados é que o rio se recuperou. Entretanto, ainda hoje embarcações recolhem toneladas de resíduos de suas águas todo dia.

Além do tratamento de esgoto, outras práticas importantes foram adotadas:

- A construção de empreendimentos nas margens do rio passou a ter que compensar pelos danos gerados, inclusive com o pagamento de compensação financeira cujos recursos foram utilizados para a revitalização do rio (Building a Better Environment);
- Restauração de riachos afluentes ao Tâmisia para que o escoamento da água de chuva passasse a ocorrer de forma mais lenta, evitando-se inundações nas partes baixas do rio;
- Implantação de sistemas eficientes de drenagem (“Sustainable Drainage”).

Quadro 4: Estratégias de Restauração no rio Tâmisia

- Desassoreamento e remoção de resíduos no rio;
- Coleta e tratamento do esgoto na bacia;
- Compensação financeira por empreendimentos que impactam o rio e utilização destes recursos para ações de conservação da bacia;
- Restauração dos rios afluentes;
- Instalação de sistemas de drenagem pluvial eficientes.

O Caso do Canal PACO em Manila nas Filipinas

O canal Paco, situado na cidade de Manila, capital das Filipinas, é um exemplo da possibilidade de despoluir um rio com custos reduzidos em comparação aos meios convencionais. No passado, esse canal costumava receber o lixo e o esgoto da cidade e a população se acostumou com aquela realidade, embora o cenário ambiental e sanitário fosse muito precário. Atualmente, o canal Paco é um corpo hídrico recuperado, inclusive em relação à sua biodiversidade (Figura 1).

O segredo do sucesso desta iniciativa está na revitalização urbana no entorno do canal; na conscientização e o envolvimento da comunidade local; na implantação de rede coletora de esgoto e do manejo de resíduos sólidos na área do canal; na formação de ilhas artificiais utilizando estrutura de material sintético de alta resistência onde se fixaram plantas aquáticas de raízes longas capazes de filtrar os poluentes; na oxigenação da água através da instalação de um reator de aeração; e na introdução de microrganismos aceleradores da decomposição biológica da matéria orgânica presente no canal.

Figura 1 – Recuperação do Canal Paco, Filipinas.



Fonte: Biomatrix Water (2019)

Normalmente, a autodepuração dos corpos hídricos pode demorar muito em função do ritmo de lançamento de esgotos e resíduos na água. Esta iniciativa empregou técnicas de biotecnologia de baixo custo capazes de acelerar a decomposição da matéria orgânica e de retirar outros contaminantes da água através da utilização de



plantas aquáticas especialmente estudadas para absorvê-los, ao mesmo tempo em que empreendia esforços para cessar novos lançamentos de esgotos e resíduos no canal.

Conclui-se desta experiência que o uso da biotecnologia tem a vantagem de ter um custo menor. Em paralelo, mais uma vez se destaca o envolvimento dos habitantes desta região hídrica como um fator crucial para a recuperação do canal.

Quadro 5 – Estratégias de Restauração no Canal Paco – Manila nas Filipina

- Uso de plantas aquáticas de raízes longas que absorvem os contaminantes da água
- Introdução na água de inóculos de microrganismos decompositores da matéria orgânica
- Oxigenação da água utilizando aeradores
- Mobilização da população da microbacia para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos
- Implantação de rede coletora de esgotos

Projeto AWA: Sabão Probiótico nos rios do Peru

Em algumas regiões do Peru, a prática de lavar roupas em rios e riachos é um costume muito comum, tanto pela tradição ancestral herdada dos Incas como pela ausência de água encanada em casa. Entretanto, o sabão comum é um poluente perigoso e, conseqüentemente, contribui para a contaminação dos rios do país. Para enfrentar esta situação, foi concebido o projeto AWA: sabão probiótico. O objetivo deste projeto foi desenvolver um sabão que não contaminasse os rios mas que também pudesse ajudar na sua despoluição.

Foi descoberto um microrganismo capaz de decompor os componentes do sabão e, ao mesmo tempo, substâncias orgânicas presentes na água. Este produto foi então denominado sabão probiótico: um sabão em barra que libera na água pequenas partículas contendo microrganismos decompositores que se prendem nas pedras e rochas dos rios e atuam na decomposição não só dos componentes do próprio sabão, mas também de outros contaminantes nitrogenados presentes nas águas, como a amônia, os nitritos e os nitratos. A diminuição da presença de nitrogênio nas águas dos rios previne o crescimento exagerado de algas e outros organismos autotróficos como as bactérias cianofíceas de cujo metabolismo são geradas as cianotoxinas, tóxicas ao ser humano e aos mamíferos em geral.

Quadro 6: Estratégias de Restauração do Projeto AWA: Sabão Probiótico nos rios do Peru

- Desenvolvimento de um sabão probiótico capaz de decompor compostos nitrogenados presentes na água

Projeto ReNaturalize: A Restauração do Rio Mangaraí no Espírito Santo

A sub-bacia do Rio Mangaraí, abastecida pelo Rio Santa Maria da Vitória, situado na região rural de Santa Leopoldina, estado do Espírito Santo, possui cerca de 18.370 hectares de extensão e tem área florestal como 50% de sua área total. É um corpo hídrico homogêneo, com pouca diversidade de flora e fauna. O uso e ocupação do solo na sua bacia hidrográfica é preponderantemente agrícola e para a pecuária. Por isso, o rio recebe muitos sedimentos.

Com o intuito de recuperar esta bacia, foi proposto o Projeto ReNaturalize que se iniciou em um trecho de 200 metros do Rio Mangaraí. A iniciativa é baseada em projetos similares desenvolvidos na Inglaterra, Austrália e nos Estados Unidos que utilizaram uma técnica baseada na introdução de troncos de eucaliptos transversalmente ao escoamento da água nas margens dos rios (Figura 2).

Figura 2 - Colocação de Troncos de Eucalipto no Rio Mangarai



Fonte: Projeto Revitalize (2019)

A técnica utilizada consiste em colocar troncos de árvores fortemente amarrados em vários pontos do rio, formando remansos. A madeira ajuda a oxigenar a água, pois estimula a formação de mini cascatas ao barrar a correnteza. Por outro lado, os troncos de madeira funcionam como um anteparo ao escoamento das águas, diminuindo a velocidade de escoamento em suas margens. Como consequência, a erosão fluvial das bordas do rio é minimizada ao mesmo tempo em que favorece a revitalização do ecossistema aquático nas margens por causa da diminuição da velocidade de escoamento e pelo aumento na disponibilidade de nutrientes causada pelo represamento de sedimentos que se depositam nestes remansos. Ocorre o restabelecimento de zonas naturais de acúmulo da matéria orgânica. A presença de uma flora aquática mais rica, graças ao escoamento mais lento e à presença de mais nutrientes, aumenta os processos de fotossíntese com consequente aumento na disponibilidade de oxigênio. Por sua vez, a maior oxigenação da água e a maior disponibilidade de alimentos, representada pelo crescimento do lodo e acúmulo de folhas, determinam o aumento da biodiversidade da fauna aquática nestes trechos, inclusive da ictiofauna.

Para a instalação dos troncos de madeira, o rio foi dividido em três trechos. Foram instaladas 14 estruturas ao longo de 200 m, com espaçamento aproximado de 14 m. Diferentes estratégias foram utilizadas em cada um dos três trechos da seguinte forma:

- No primeiro trecho, foram utilizados três tipos de estruturas diferentes: as estruturas flexíveis com objetivo de criar habitats, redirecionar o fluxo e criar bancos de folhas; as estruturas “D” para criar zonas desproporcionais e poças, além de direcionar o fluxo para o centro do canal; e as estruturas rígidas que se comportaram como árvores que tombam dentro dos rios, criando mudanças no leito do rio.
- O segundo trecho não há a presença das estruturas rígidas no leito do rio pois a mata ciliar está presente em alguns trechos.
- O terceiro trecho está inserido em uma região onde a mata ciliar está preservada e nele estão presentes apenas troncos caídos.

Com o uso dessa técnica, foi possível obter um aumento na biodiversidade, devido ao lodo que se formou nos remansos com consequente o fortalecimento da cadeia trófica nestes trechos, servindo de alimento para a fauna, com crescimento em cerca de 80% na quantidade de peixes que aproveitava o local para se recuperar da correnteza. Esse procedimento possibilitou a formação de lugares com ramas e cascalho, o que gerou maior heterogeneidade. Servindo como um substrato para microrganismos que absorvem nutrientes, a madeira também funcionou como um agente ativo na ciclagem e remoção de fósforo e nitrogênio do sistema.



Por ser um rio de escoamento rápido, havia pouca diversidade de espécies animais no local. Com a inserção dos troncos, foi possível o crescimento da biodiversidade. Por outro lado, esta técnica permitiu criar uma barreira ao arraste de sedimentos pelas águas, permitindo a retirada de cerca de 67 toneladas de sedimentos em dez meses de estudo o que contribuiu para a diminuição do assoreamento do rio.

Na análise da qualidade da água, foram utilizados os parâmetros de oxigênio dissolvido, pH e teores de nitrato (mg/L), nitrito (mg/L) e nitrogênio total (mg/L).

Cabe destacar que foi fundamental a participação das comunidades ribeirinhas que aprenderam a usar a técnica e espalharam estes pequenos barramentos ao longo da calha do rio. Houve inclusive o envolvimento de crianças que encontraram uma oportunidade de aprender com o projeto através de visitas educativas em campo.

Conclui-se que o sucesso deste projeto está na utilização de uma técnica tradicional, de baixo custo e que requer apenas mão de obra local sem necessidade de capacitação especializada. Neste sentido, o envolvimento das comunidades ribeirinhas na instalação destes pequenos barramentos foi essencial.

Esse método está também sendo utilizado nas áreas afetadas pelo desastre de Mariana. O afluente do rio Doce, o Gualaxo do Norte, localizado no município de Mariana, está recebendo esse tratamento para sua recuperação. São usados troncos, raízes e galhos nas margens e no centro do rio para reproduzir características do meio aquático e, assim, estimular o desenvolvimento de peixes e outros organismos que colaborem com o aumento da biodiversidade do habitat.

Quadro 7: Estratégias de Restauração do Projeto ReNaturalize

- Inserção de anteparos de madeira no leito do rio para formação de remansos que aumentam a disponibilidade de nutrientes, oxigena a água e restaura os ecossistemas nas margens;
- Envolvimento das comunidades ribeirinhas nas ações de conservação.

Projeto Manuelzão: a Restauração do Rio das Velhas

O Rio das Velhas é o maior afluente em extensão da bacia do rio São Francisco, tendo sua nascente no município de Ouro Preto, desaguando no rio São Francisco, a jusante da barragem de Três Marias. Possui cerca de 761 km de extensão, 38,4 m de largura média, drenando uma área de 29.173 km² (Polignano et al., 2001). São muitos os municípios que estão na bacia deste rio e que determina a necessidade de ação concertada entre todos eles para o sucesso das iniciativas de restauração (Figura 3).

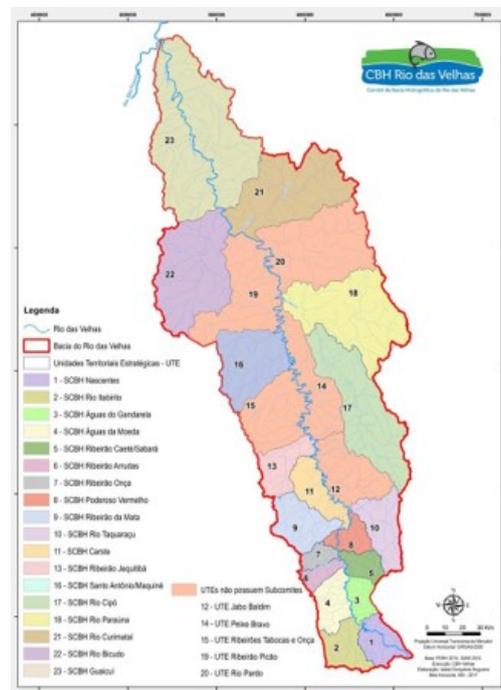
Desde 1997, um monitoramento realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) é feito com o objetivo de avaliar a poluição ao longo do rio. Os principais fatores de degradação da bacia do rio das Velhas no seu alto curso são as atividades minerárias e o lançamento de esgotos e efluentes industriais (Almeida, 2010).

Uma das iniciativas mais ativas no Rio das Velhas é o Projeto Manuelzão que foi criado em 1997 com o objetivo de promover melhorias nas condições ambientais da bacia. Um dos mentores do projeto foi entrevistado com o objetivo de conhecer melhor seus fundamentos e suas ações.

Os resultados mostram que a atuação do Projeto Manuelzão busca promover o diálogo com todos os envolvidos, inclusive com o Comitê de Bacia do Rio das Velhas e, em especial, a mobilização das comunidades locais, numa perspectiva de que a revitalização é uma ação política. Para tanto, excursões pela calha do rio foram realizadas e uma comunicação clara de objetivos foi definida: “a volta do peixe ao rio”.



Figura 3 – Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas



Fonte: CBH Rio das Velhas (2021)

Tecnicamente, o projeto reconhece que não se trata mais de revitalizar o rio mas de renaturalizar, numa perspectiva de restauração dos ecossistemas originais. Consequentemente, é preciso que este processo seja transdisciplinar. Outro aspecto importante é a necessidade de considerar a bacia hidrográfica como espaço de atuação e não só o rio propriamente dito.

Na visão do Projeto Manuelzão, a coleta e o tratamento dos esgotos lançados no rio e o gerenciamento adequado dos rios na bacia do rio das Velhas são ações cruciais para melhorar a situação da bacia.

O ideal do projeto é mudar a mentalidade que degrada o rio para uma mentalidade que conserva o rio.

Quadro 8: Estratégias de Restauração do Projeto Manuelzão para o rio das Velhas

- Comunicação sem complicação: definição de uma meta facilmente compreensível por todos: vereador, ribeirinhos, professores, a dona de casa – a volta do peixe ao rio;
- Tratamento dos esgotos domésticos gerados na bacia;
- Tratamento dos efluentes das indústrias e atividades minerárias;
- Gerenciamento dos resíduos de forma que estes não contaminem os rios;
- Prevenção ao desmatamento na bacia e conservação da mata ciliar;
- Promoção de expedições para “ver o rio de dentro e não das margens” (ver o rio de dentro é diferente de ver o rio de fora), como estratégia de mobilização de ribeirinhos e de geração de conhecimento (com cuidado para com doenças dos ecossistemas aquáticos e de entorno, como, por exemplo, a Febre Maculosa);
- Mobilização das escolas ribeirinhas durante as expedições;

O Rio Jundiá: Um Caso de Sucesso

O Rio Jundiá é um rio do estado de São Paulo, com nascente na Serra da Pedra Vermelha, em Mairiporã, e foz no Rio Tietê, com 123 km de extensão. Patrimônio ambiental do município, o rio foi considerado poluído e, em épocas de cheias, inundava várias casas por estar assoreado, por receber esgotos não tratados e resíduos.

A recuperação deste corpo hídrico se iniciou no ano de 1984 quando foi criado o Comitê de Estudos e Recuperação do Rio Jundiá (CERJU), uma parceria entre a Prefeitura de Jundiá, o Governo do Estado e as indústrias. O CERJU tinha como objetivo a despoluição total dos rios da bacia hidrográfica do rio Jundiá o que contribuiria para a despoluição do próprio Rio Tietê por ser este rio um de seus afluentes.

A despoluição do rio foi possível principalmente com a melhoria nos sistemas de gerenciamento de esgotos dos municípios pertencentes à bacia, em especial na ampliação da rede coletora de esgotos e no tratamento, tanto dos esgotos domésticos, quanto dos efluentes industriais. A criação da Companhia Saneamento de Jundiá (CSJ) em 1996 contribuiu para a melhoria deste cenário. Também foi disponibilizado um aplicativo móvel aos cidadãos para denúncias de descarte inadequado no rio, além da população poder acionar a Guarda Municipal.

Como resultado, a qualidade da água do rio passou da Classe 4, própria para a navegação e harmonia paisagística, a pior classe de qualidade da legislação brasileira, para a Classe 3 que já permite a pesca amadora, a irrigação de culturas arbóreas e a dessedentação de animais.

A melhoria na qualidade da água permitiu a recuperação dos ecossistemas aquáticos simbolizada pelo retorno dos peixes ao rio. Atualmente, é possível observar a presença de pássaros no rio indicando que ele tem peixes (Figura 4).

Figura 4 - Pássaro no Rio Jundiá



Fonte: Prefeitura de Jundiá

Como conclusão deste estudo, destaca-se que o sucesso da recuperação do rio Jundiá foi possível graças à integração de esforços entre os diversos municípios integrantes da sua Bacia Hidrográfica; à ampliação dos serviços de esgotamento sanitário, em especial do tratamento dos esgotos, em toda a bacia; e ao uso da tecnologia da informação representada pela adoção de aplicativo de celular que permitiu o efetivo envolvimento da população como fiscais do rio.

Quadro 9 – Estratégias de Recuperação do Rio Jundiá no Estado de São Paulo

- Melhoria nos sistemas de esgotamento sanitários dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica, em especial na coleta e tratamento dos esgotos;
- Parceria entre governos, indústrias e empresa de saneamento municipal
- Uso de aplicativos móveis para a denúncia em tempo real de lançamentos clandestinos de esgotos no rio
- Integração de esforços entre os diversos municípios integrantes da sua Bacia Hidrográfica

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos através dos diversos estudos de caso avaliados revelam uma multiplicidade de estratégias para a restauração de rios e de suas bacias hidrográficas, conforme apresentado no Quadro 10.



Quadro 10 – Síntese de Múltiplas Estratégias para a Restauração de Corpos Hídricos e Bacias Hidrográficas

<p>Estratégias de Restauração no Rio Potomac:</p> <ul style="list-style-type: none">• Envolvimento da população;• Dispositivos de retenção de resíduos no sistema de drenagem (trash-traps);• Equipamentos para o desassoreamento e a aspersão de resíduos no corpo hídrico (generative air-sweepers);• Tratamento dos esgotos gerados na bacia;• Restauração de áreas úmidas no entorno do rio através do plantio de plantas nativas e remoção de plantas invasoras;• Implantação de telhados verdes
<p>Estratégias de Restauração no Rio Sena:</p> <ul style="list-style-type: none">• Criação das Agências da Água e dos Comitês de Bacia;• Cobrança pelo uso da água;• Implantação de rede coletora de esgotos;• Tratamento dos esgotos domésticos e industriais;• Identificação de poluição difusa por varredura da rede de drenagem e diagnóstico de campo;• Financiamento para os pequenos geradores tratarem seus efluentes, utilizando recursos financeiros gerados pela cobrança pelo uso da água
<p>Estratégias de Restauração no rio Tâmisia:</p> <ul style="list-style-type: none">• Desassoreamento e remoção de resíduos no rio;• Coleta e tratamento do esgoto na bacia;• Compensação financeira por empreendimentos que impactam o rio e utilização destes recursos para ações de conservação da bacia;• Restauração dos rios afluentes;• Instalação de sistemas de drenagem pluvial eficientes.
<p>Estratégias de Restauração no Canal Paco – Manila nas Filipinas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Uso de plantas aquáticas de raízes longas que absorvem os contaminantes da água• Introdução na água de inóculos de microrganismos decompositores da matéria orgânica• Oxigenação da água utilizando aeradores• Mobilização da população da microbacia para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos• Implantação de rede coletora de esgotos
<p>Estratégias de Restauração do Projeto AWA: Sabão Probiótico nos rios do Peru:</p> <ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento de um sabão probiótico capaz de decompor compostos nitrogenados presentes na água
<p>Estratégias de Restauração do Projeto ReNaturalize:</p> <ul style="list-style-type: none">• Inserção de anteparos de madeira no leito do rio para formação de remansos que aumentam a disponibilidade de nutrientes, oxigena a água e restaura os ecossistemas nas margens;• Envolvimento das comunidades ribeirinhas nas ações de conservação.
<p>Estratégias de Restauração do Projeto Manuelzão para o rio das Velhas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Comunicação sem complicação: definição de uma meta facilmente compreensível por todos: vereador, ribeirinhos, professores, a dona de casa – a volta do peixe ao rio;• Tratamento dos esgotos domésticos gerados na bacia;• Tratamento dos efluentes das indústrias e atividades minerárias;• Gerenciamento dos resíduos de forma que estes não contaminem os rios;• Prevenção ao desmatamento na bacia e conservação da mata ciliar;• Promoção de expedições para “ver o rio de dentro e não das margens” (ver o rio de dentro é diferente de ver o rio de fora), como estratégia de mobilização de ribeirinhos e de geração de conhecimento (com cuidado para com doenças dos ecossistemas aquáticos e de entorno, como, por exemplo, a Febre Maculosa);• Mobilização das escolas ribeirinhas durante as expedições;
<p>Estratégias de Recuperação do Rio Jundiá no Estado de São Paulo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Melhoria nos sistemas de esgotamento sanitários dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica, em especial na coleta e tratamento dos esgotos;• Parceria entre governos, indústrias e empresa de saneamento municipal• Uso de aplicativos móveis para a denúncia em tempo real de lançamentos clandestinos de esgotos no rio• Integração de esforços entre os diversos municípios integrantes da sua Bacia Hidrográfica

Observa-se no quadro 10 que a principal ação implantada está relacionada à coleta e tratamento dos esgotos gerados na bacia hidrográfica. É verdade que este é realmente um grande fator de deterioração da qualidade das águas de rio, embora esteja longe de ser o único.



Percebe-se também o foco das estratégias está no controle dos poluentes que chegam no rio, ou seja, na qualidade das águas que escoam no rio. Poucas estratégias objetivam a produção de água na bacia hidrográfica com a conservação e restauração de áreas da bacia hidrográfica de importância para os recursos hídricos como as áreas de recarga de aquíferos, as áreas de afloramento de aquíferos – olhos d'águas e nascentes, as áreas de preservação permanente de entorno dos corpos hídricos, em especial as matas ciliares.

Outros aspectos vitais para a produção de água na bacia também foram pouco enfocados ou, pelo menos, ficaram em segundo plano como a conservação do solo e sua preservação para assegurar porosidade e então recarga de aquíferos e diminuir os processos de assoreamento e contaminação das águas dos rios. Outro fator esquecido são os processos de evapotranspiração que só existem se a vegetação estiver conservada e recuperada, como elemento contribuinte para o aumento de umidade na atmosfera e, então, melhoria nos padrões de precipitação.

CONCLUSÃO

Este estudo revela que para se obter sucesso na restauração dos corpos hídricos é preciso ter uma visão de todo o território das águas, a bacia hidrográfica, ou seja, não basta agir no corpo hídrico em si. Consequentemente, a integração de esforços entre os diversos municípios integrantes de uma bacia hidrográfica é condição determinante.

Além disso, do ponto de vista técnico, é fundamental cessar o lançamento de poluentes nos corpos hídricos. Neste sentido, é preciso universalizar os serviços de saneamento básico na bacia hidrográfica do rio que se quer revitalizar, em especial os serviços de esgotamento sanitário, particularmente o tratamento dos esgotos, bem como o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos.

O uso da biotecnologia é uma ferramenta importante, assim como a utilização da tecnologia da informação em prol do engajamento das comunidades ribeirinhas e da bacia hidrográfica, condição que foi determinante para o sucesso de muitos casos estudados.

Finalmente, a experiência do Projeto Revitalize do rio Mangaraí e do Canal Paco nas Filipinas mostram que a compreensão da dinâmica viva dos ecossistemas aquáticos permite inovar na concepção de técnicas relativamente simples, baseadas em processos naturais que, consequentemente, não requerem mão de obra especializada, nem custos elevados e produzem excelentes resultados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Programa de Educação Tutorial (PET) do Ministério da Educação (MEC) no curso de engenharia civil da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) no âmbito do qual esta pesquisa foi desenvolvida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anuário Estatístico de Energia Elétrica, <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202020.pdf>> Acesso em: 17/07/2021
2. **AÇÕES realizadas pela DAE foram essenciais para despoluição do rio Jundiáí.** Consórcio PCJ, 2020. Disponível em: <https://agua.org.br/noticias/acoes-realizadas-pela-dae-foram-essenciais-para-despoluicao-do-rio-jundiai/#:~:text=O%20Comit%C3%AA%20de%20Estudos%20e,Jundia%C3%AD%2C%20um%20dos%20afluentes%20do>. Acesso em: 11 mar. 2021
3. **AWA: Um sabão com função probiótica que limpa as águas dos rios** <<https://inovasocial.com.br/solucoes-de-impacto/sabao-probiotico-awa/>> Acesso em: 01/08/2021



4. Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE). **Programas e Projetos: Programas de Saneamento**. Disponível em: https://cedae.com.br/programas_projetos. Acesso em 06/12/2021.
5. BIOMATRIX WATER. **Biomatrix Water**. About Us. Disponível em: <https://www.biomatrixwater.com/contact/about-us/>. Acesso em: 30 mar. 2020.
6. BIOMATRIX: **como despoluir um rio gastando pouco**. Greenme, 2014. Disponível em: <https://www.greenme.com.br/viver/saude-e-bem-estar/474-biomatrix-como-despoluir-um-rio-gastando-pouco/>. Acesso em: 30 mar. 2020.
7. COMPANHIA Saneamento de Jundiá. **Saneamento**, 2019. Disponível em: <https://saneamento.com.br/>. Acesso em: 20 mar.2021
8. FALASCA, SIMONA. **AWA, o sabonete peruano que limpa rios enquanto lava roupas** <https://www.greenmebrasil.com/consumir/detergentes/52516-awa-sabonete-peruano-limpa-rios-lava-roupas/> Acesso em: 01/08/2021
9. FERREIRA, LUCAS. **Empresa cria sabão que ajuda a despoluir rios e protege tradições incas no Peru** <https://razoesparaacreditar.com/empresa-sabao-barra-despolui-rios-peru/> Acesso em: 01/08/2021
10. FIORAVANTI, CARLOS. **Terra seca, rios cheios: Circulação das massas de ar prejudica até mesmo áreas distantes das desmatadas**
11. <https://revistapesquisa.fapesp.br/terra-seca-rios-cheios/> Acesso em: 06/06/2021
12. IWAKI, Gherge Patrick; **Contaminação ambiental por agrotóxicos: efeitos “invisíveis” para o solo, água e ar** <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/contaminacao-ambiental-por-agrotoxicos/> Acesso em: 27/06/2021
13. MACIEL, Marina. **Sistema de tratamento ecológico recupera rios poluídos e cria jardins flutuantes**. Super, 21 dez. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/blog/planeta/sistema-de-tratamento-ecologico-recupera-rios-poluidos-e-cria-jardins-flutuantes/>. Acesso em: 15 jun. 2020.
14. Machado, Antônio Thomaz Gonzaga da Matta; Lisboa, Apolo Heringer; Alves, Carlos Bernardo Mascanhas; Goulart, Eugênio Marcos Andrade; Leite, Fernando Antônio; Polignano, Marcus Vinícius; **REVITALIZAÇÃO DOS RIOS DO MUNDO: AMÉRICA, EUROPA E ÁSIA**. 1ª Edição Belo Horizonte, Editora Guaicuy, 2010
15. NEWSON, M. D.; LARGE, A. R. G. **Natural’ Rivers, ‘Hydromorphological Quality’ and River Restoration: A Challenging New Agenda for Applied Fluvial Geomorphology, Earth Surface Processes and Landforms**, 31(13), p. 1606-1624. 2006.
16. Pinto, Carolina Fernandes, Agra, Janaina Uchôa Medeiros, Furley, Tatiana Heid Furley; **USO DA MADEIRA DE EUCALIPTO NA RECUPERAÇÃO DE RIOS: PROJETO RENATURALIZE. O PAPEL** vol. 78, num. 8, pp. 106 - 113 AUG 2017
17. POLIGNANO, M.V.; POLIGNANO, A.H.; LISBOA, A.L.; ALVES, A.T.G.M.; MACHADO, T.M.M.; PINHEIRO, A.L.D.; AMORIM, A. **Uma viagem ao projeto Manuelzão e à bacia do Rio das Velhas – Manuelzão vai à Escola**. Belo Horizonte: Coleção Revitalizar, 2001
18. PINTO, Carolina Fernandes, Agra, Janaina Uchôa Medeiros, Furley, Tatiana Heid Furley. **Uso da madeira de eucalipto na recuperação de rios: projeto renaturalize. O papel**, vol. 78, n. 8, p. 106 - 113, ago. 2017. Disponível em: http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1503891760_4fcde7adbf2ba938f2d63b7b8e5b32df_1911670743.pdf. Acesso em: 05 jul. 2020.



19. PROJETO MANGARAÍ. **Incaper**. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/projeto-mangarai>>. Acesso em: 20 mar. 2020.
20. TRATA BRASIL. **Novo Ranking do Saneamento Básico evidencia melhores cidades em saneamento investem 4 vezes mais que as piores cidades no Brasil**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2019. [http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2019/PRESS_RELEASE_Ranking do Saneamento NOVO](http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2019/PRESS_RELEASE_Ranking_do_Saneamento_NOVO)
21. TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2017. <<http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2017>>
22. **Uma Técnica Pioneira no Brasil para Recuperação de Rios**. <<https://www.greenme.com.br/informarse/ambiente/65019-uma-tecnica-pioneira-no-brasil-para-recuperacao-de-rios/>> Acesso em: 13/06/2021