

LUCAS MENEZES FELIZARDO

**LEVANTAMENTO DO ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS E DO
SANEAMENTO BÁSICO NO ORDENAMENTO JURÍDICO BRASILEIRO**

Relatório de Pós-doutorado realizado na Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP),
Unidade Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
(FEIS)

Supervisor: Prof. Dr. Jefferson Nascimento de Oliveira

PROGRAMA DE PÓS-DOCTORADO DA UNESP

Ilha Solteira

2025

RESUMO

As leis relacionadas aos recursos hídricos e ao saneamento básico no Brasil têm como objetivo principal garantir o acesso à água potável e aos serviços de saneamento básico para toda a população brasileira. Ao longo dos anos, essas leis vêm passando por importantes mudanças e atualizações, a fim de acompanhar as necessidades e desafios enfrentados no setor. A criação da Agência Nacional de Águas (ANA) e o novo marco do saneamento básico são exemplos recentes de iniciativas que visam melhorar a gestão dos recursos hídricos e ampliar o acesso aos serviços de saneamento básico em todo o país. Diante disso quais são os desafios e oportunidades para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos e o acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil, levando em consideração as leis e políticas públicas existentes? Para chegar a essa resposta foi realizada uma análise abrangente da gestão dos recursos hídricos e da prestação dos serviços de saneamento básico no Brasil, com foco nas leis e políticas estabelecidas nas últimas décadas. Sendo realizada uma revisão de literatura sistemática que permitiu uma análise detalhada das principais leis e políticas relacionadas ao tema e sua efetividade utilizando as fontes: livros, artigos científicos, relatórios técnicos, documentos governamentais, decretos, resoluções e portarias, entre outros, a técnica de coleta de dados utilizada foi a análise de documentos. Após a análise e coleta dos dados desse material foi utilizadas uma análise quantitativa de conteúdo interpretando os resultados da pesquisa, identificando padrões, tendências e relações as quantidades de leis, regulamentos e ações normativas nas áreas, encaminhando considerações e recomendações que estão sendo divulgados na forma de artigos científicos e apresentação de trabalhos em congressos.

Palavras-chave: políticas públicas, legislação brasileira, desenvolvimento urbano.

1. INTRODUÇÃO

Recursos hídricos e saneamento básico são temas críticos para o desenvolvimento do país, e muito tem sido feito nos últimos anos para melhorar a gestão desses recursos e a disponibilidade de serviços de saneamento em todo o país.

O acesso à água potável e ao saneamento é um direito fundamental do ser humano e é crucial para a promoção da saúde e do bem-estar das pessoas. No Brasil, a gestão dos recursos hídricos e o saneamento básico são regulados por uma série de leis e regulamentações que visam garantir o uso da água e o acesso aos serviços de saneamento básico universalizados. (Reis e Carneiro, 2021)

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu o direito de todos os cidadãos brasileiros ao acesso à água potável e ao saneamento básico como um direito fundamental. Além disso, a Lei de Águas (Lei nº 9.433/1997) instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Essa lei estabeleceu princípios para a proteção e o controle das águas, criando a gestão integrada dos recursos hídricos. Propôs instrumentos, como: o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH); o monitoramento da qualidade da água, a outorga e a cobrança pelo uso de recursos hídricos; os sistemas de fiscalização e enquadramento, etc. Reconheceu a bacia hidrográfica como unidade territorial, e a descentralização das decisões como uma das formas de gestão. (ROSA e GUARDA, 2019)

A Lei nº 9.984/2000 cria a Agência Nacional de Águas (ANA), responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. A ANA tem como principais atribuições a regulação dos serviços de água e esgoto, a outorga de direito de uso da água e a fiscalização dos recursos hídricos, sendo sua redação alterada em alguns pontos pela Lei nº 14.026, de 2020. (DE ARAUJO RIBEIRO, MAIOR e BRAGA, 2022)

A Lei de Saneamento Básico, de 2007, é outra legislação importante para o setor de saneamento básico no Brasil. Ela estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e define as responsabilidades dos municípios, estados e União na prestação dos serviços de água e esgoto. (DOS REIS NUNES e DIAZ, 2020)

Em 2013, foi aprovada a Lei nº 12.873, que instituiu o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água (Programa Cisternas), que tem como objetivo levar água para as regiões mais áridas do país.

Além disso, em 2020, foi aprovada a Lei do Marco Legal do Saneamento Básico, Lei nº 14.026, que busca promover a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico no país, por meio da abertura do setor para a iniciativa privada e da adoção de metas de universalização e de planos de saneamento básico pelos municípios.

Além dessas leis, há também várias políticas públicas que visam melhorar o acesso à água potável e ao saneamento em todo o país, como o Programa Água para Todos e em algumas medidas o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). (CERQUEIRA, 2019)

No entanto, apesar dos avanços na legislação e nas políticas públicas, ainda há muitos desafios a serem enfrentados no setor de recursos hídricos e saneamento básico no Brasil. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2020, cerca de 35 milhões de brasileiros ainda não tinham acesso à água potável e mais de 100 milhões não tinham acesso a serviços de esgoto. (PHILIPP, MAIOLA e LEMANSKI, 2022)

A existência de leis e regulamentações que visam garantir o acesso universal à água potável e ao saneamento básico é um passo importante para enfrentar os desafios

existentes. No entanto, é necessário que as políticas públicas sejam efetivamente implementadas para garantir que esses direitos sejam concretizados. (FERREIRA, 2020)

Nesse sentido, o papel do Estado é fundamental para promover a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos e para garantir o acesso aos serviços de saneamento básico. Além disso, é importante destacar que a gestão dos recursos hídricos e do saneamento básico não são responsabilidades apenas do Estado, mas também dos setores privado e civil. (GRANGEIRO, RIBEIRO e MIRANDA, 2020)

Havendo assim oportunidades significativas para melhorar a gestão dos recursos hídricos e a prestação dos serviços de saneamento contando com a participação da iniciativa privada na prestação dos serviços de saneamento básico, como previsto no novo marco regulatório do saneamento básico, que pode ser uma importante estratégia para a expansão dos serviços em todo o país.

No entanto, é importante que a prestação desses serviços seja regulada de forma efetiva para garantir que os direitos dos cidadãos sejam protegidos e que os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos sejam alcançados.

Em suma, as leis e políticas relacionadas a esse tema são ferramentas importantes para a proteção e gestão sustentável dos recursos hídricos e para o acesso aos serviços de saneamento básico a efetiva implementação dessas leis e políticas públicas ainda enfrenta desafios, como a falta de recursos financeiros e a falta de coordenação entre os diferentes níveis de governo e setores da sociedade. Portanto, é fundamental que os governos, a sociedade civil e a iniciativa privada trabalhem juntos para garantir a implementação efetiva dessas leis e políticas públicas, promovendo assim a gestão integrada e sustentável desses serviços.

Diante desse cenário elaboramos este projeto, onde exploramos as principais leis e políticas relacionadas a esses temas aqui abordados, bem como discutimos alguns desafios e oportunidades para o futuro.

2. OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa foi analisar a gestão dos recursos hídricos e a prestação dos serviços de saneamento básico no Brasil, com foco nas leis e políticas estabelecidas nas últimas décadas. A pesquisa teve como objetivo identificar as principais leis e políticas relacionadas a recursos hídricos e saneamento básico, avaliar a sua efetividade na gestão dos recursos hídricos e na prestação dos serviços de saneamento básico, e analisar os desafios e oportunidades para melhorar a gestão e a prestação dos serviços nessas áreas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida através de uma revisão de literatura sistemática, que utilizou as bases de dados como Scopus, Web of Science, e Google Scholar, entre outras, além de documentos oficiais de órgãos governamentais e organizações não governamentais relacionados ao tema. A pesquisa incluiu artigos científicos, relatórios técnicos, livros e documentos oficiais. (GALVÃO e RICARTE, 2019)

Os seguintes passos serão seguidos durante a condução da pesquisa:

Identificação das palavras-chave: foram definidas as palavras-chave relacionadas ao tema de pesquisa, incluindo "recursos hídricos", "saneamento básico", "gestão de recursos hídricos", "políticas públicas", "legislação", "Brasil", podendo ser adotadas mais palavras no andamento da pesquisa. (PREZENSKY e MELLO, 2019)

Seleção dos artigos: foi realizada uma busca nas bases de dados selecionadas usando as palavras-chave definidas anteriormente. Foram selecionados os artigos relevantes para a pesquisa, incluindo artigos científicos, relatórios técnicos, livros e documentos oficiais.

Análise dos artigos: foi realizada uma análise dos artigos selecionados, avaliando as principais leis e políticas relacionadas a recursos hídricos e saneamento básico, a sua efetividade na gestão dos recursos hídricos e na prestação dos serviços de saneamento básico, e os desafios e oportunidades para melhorar a gestão e a prestação dos serviços nessas áreas.

Análise dos dados: Após a coleta de dados, foi realizada a análise dos mesmos. Nessa etapa, serão utilizadas técnicas de análise estatística, como a análise de regressão e correlação, bem como análise qualitativa de conteúdo. O objetivo foi identificar padrões, tendências e relações entre as leis, decretos e resoluções normativas dos setores que embora sejam interligados, não tem seus ordenamentos colocados dessa forma nas últimas décadas. (MATTAR e RAMOS, 2021)

A metodologia proposta permitiu uma análise abrangente da gestão dos recursos hídricos e da prestação dos serviços de saneamento básico no Brasil, com foco nas leis e políticas estabelecidas nas últimas décadas. A revisão de literatura sistemática permitiu ainda uma análise detalhada das principais leis e políticas relacionadas a recursos hídricos, saneamento básico e suas efetividades.

4. RESULTADOS

Recursos hídricos e saneamento básico são fundamentais para o desenvolvimento sustentável do Brasil, e muito tem sido feito nas últimas décadas para melhorar a gestão desses recursos e a disponibilidade de serviços de saneamento em

todo o país. Neste artigo, vamos explorar as principais leis e políticas relacionadas a esses temas, bem como discutir alguns desafios e oportunidades para o futuro.

Leis e políticas de recursos hídricos

A gestão de recursos hídricos no Brasil é regulada pela Lei nº 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas. Esta lei estabelece o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), que é composto por órgãos federais, estaduais e municipais responsáveis pela gestão integrada dos recursos hídricos. O principal instrumento de gestão do SINGREH é o Plano de Recursos Hídricos, que estabelece diretrizes, metas e programas para a gestão da água em cada região hidrográfica do país.

Outra lei importante é a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/1997. A PNRH estabelece os princípios, objetivos e diretrizes para a gestão dos recursos hídricos no país, incluindo a participação da sociedade civil na gestão, a priorização do uso múltiplo da água e a preservação da qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Leis e políticas de saneamento básico

A Lei nº 11.445/2007 instituiu a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), que estabelece as diretrizes nacionais para a prestação dos serviços de saneamento básico, incluindo abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. A PNSB tem como objetivo garantir o acesso universal aos serviços de saneamento básico e promover a sustentabilidade econômica, ambiental e social dos serviços.

A Lei nº 14.026/2020, conhecida como o novo marco regulatório do saneamento básico, foi aprovada para incentivar a participação do setor privado na prestação dos serviços de saneamento básico. A lei estabelece metas nacionais para a

universalização do acesso aos serviços de água e esgoto até 2033 e prevê a possibilidade de concessões e parcerias público-privadas para a prestação dos serviços.

A legislação relacionada aos recursos hídricos e ao saneamento básico no Brasil é composta por uma série de normas e regulamentos que estabelecem as diretrizes para a gestão desses recursos em todo o país. Algumas das principais leis e normas são:

Constituição Federal de 1988: Estabelece o direito à água como um direito humano fundamental e prevê a gestão integrada dos recursos hídricos e do saneamento básico. Além disso, a Constituição estabelece a competência dos diferentes entes federativos na gestão desses recursos, definindo as responsabilidades da União, dos estados e dos municípios na promoção do acesso universal e sustentável a esses serviços.

Lei Federal nº 9.433/1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabelece os princípios, objetivos e instrumentos para a gestão dos recursos hídricos em todo o país. Entre os principais instrumentos da Lei estão os Planos de Bacia Hidrográfica, que têm como objetivo orientar a gestão dos recursos hídricos em cada bacia hidrográfica do país.

Lei Federal nº 11.445/2007: Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e define as responsabilidades dos diferentes entes federativos na gestão desses serviços. A Lei prevê a elaboração de Planos de Saneamento Básico pelos municípios e estabelece metas para a promoção do acesso universal a esses serviços até o ano de 2033.

Resolução CONAMA nº 357/2005: Estabelece os padrões de qualidade da água e os valores máximos permitidos para diversos parâmetros de qualidade em corpos

d'água no Brasil. A Resolução tem como objetivo proteger a saúde humana e o meio ambiente, garantindo a qualidade dos recursos hídricos disponíveis para consumo.

Lei Federal nº 12.305/2010: Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e estabelece diretrizes para a gestão de resíduos sólidos no país. A Lei prevê a hierarquia na gestão dos resíduos, com prioridade para a redução na fonte, a reutilização, a reciclagem e o tratamento adequado dos resíduos.

Lei Estadual nº 14.026/2020: Estabelece a Política Estadual de Saneamento Básico no Estado de São Paulo e define as responsabilidades dos diferentes entes federativos na gestão desses serviços. A Lei prevê a elaboração de Planos Regionais de Saneamento Básico pelos consórcios municipais, visando à promoção do acesso universal a esses serviços no estado.

O novo Marco Legal do Saneamento Básico, sancionado em julho de 2020, representa uma importante mudança na forma como o setor de saneamento básico é regulado no Brasil. A nova lei tem como objetivo principal ampliar a participação da iniciativa privada na prestação dos serviços de saneamento básico, especialmente nos municípios que não têm condições de arcar sozinhos com os investimentos necessários para garantir o acesso universal aos serviços de água e esgoto.

Uma das principais mudanças trazidas pelo novo Marco Legal do Saneamento Básico é a obrigatoriedade de realização de licitações para a contratação dos serviços de saneamento básico. A nova lei estabelece que a contratação direta dos serviços sem licitação só será permitida em casos excepcionais, como em situações de emergência ou quando não houver empresas interessadas em participar do processo licitatório.

Além disso, o novo Marco Legal do Saneamento Básico estabelece metas para universalização dos serviços de água e esgoto, a serem alcançadas até 2033. A meta para a universalização dos serviços de água é de 99% da população urbana atendida,

enquanto a meta para a universalização dos serviços de esgoto é de 90% da população urbana atendida.

Outra importante mudança trazida pela nova lei é a criação de blocos de municípios para a prestação dos serviços de saneamento básico. A ideia é que os municípios se unam em blocos para a contratação conjunta dos serviços, o que possibilita uma escala maior e, conseqüentemente, uma maior eficiência e redução de custos.

Essas leis e normas estabelecem diretrizes importantes para a gestão dos recursos hídricos e do saneamento básico no Brasil, desde o âmbito federal até o municipal. No entanto, é importante que haja uma forte articulação entre os diferentes órgãos responsáveis pela gestão desses recursos, bem como com a sociedade civil, para garantir a implementação e a fiscalização dessas normas e para o desenvolvimento de políticas e programas que garantam o acesso universal e sustentável aos serviços de recursos hídricos e saneamento básico em todo o país. Além disso, é fundamental a conscientização da população sobre a importância da gestão adequada desses recursos, bem como sobre a necessidade de fiscalização e cumprimento das normas estabelecidas.

Algumas das principais diretrizes estabelecidas por essas leis e normas incluem a gestão integrada dos recursos hídricos e do saneamento básico, a promoção da participação social na gestão desses recursos, a priorização do acesso universal e sustentável aos serviços de recursos hídricos e saneamento básico, a proteção da saúde pública e do meio ambiente, a adoção de medidas para prevenção e controle da poluição e o estabelecimento de instrumentos de gestão, como os planos de bacia hidrográfica e os planos de saneamento básico.

A legislação relacionada aos recursos hídricos e ao saneamento básico no Brasil é extensa e complexa, estabelecendo diretrizes e normas para a gestão desses recursos em todo o país. No entanto, a implementação dessas normas e diretrizes ainda é um desafio, sendo necessária uma forte articulação entre os diferentes órgãos responsáveis pela gestão desses recursos e a sociedade civil, além da conscientização e participação da população para garantir o acesso universal e sustentável a esses serviços.

Recursos hídricos e o Saneamento Básico tem conexão transversal robusta com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente no que se refere à universalização do acesso à água potável e ao saneamento básico, pilares do ODS 6 – Água potável e saneamento. A pesquisa detalha o arcabouço legal brasileiro — incluindo a Lei de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e o Novo Marco Regulatório do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) —, que se alinham diretamente à meta de assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos. Ao tratar da gestão integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos, o estudo também tem relação com o ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis, fomentando a infraestrutura urbana resiliente e inclusiva.

A dimensão ambiental presente nas leis e políticas analisadas dialoga com o ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima, ao estabelecer instrumentos de preservação e uso racional da água, mitigando riscos hídricos em cenários de escassez e eventos climáticos extremos. A abordagem preventiva e de controle da poluição, conforme disposto em normas como a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Política

Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), integra-se ao ODS 14 – Vida na água e ao ODS 15 – Vida terrestre, protegendo ecossistemas aquáticos e terrestres.

A ênfase na participação social e na inclusão de grupos vulneráveis no planejamento e implementação de políticas públicas reforça o vínculo com o ODS 10 – Redução das desigualdades, assegurando que comunidades marginalizadas, rurais e de baixa renda também usufruam dos benefícios do saneamento básico e da gestão hídrica eficiente. Do ponto de vista econômico, a abertura do setor à iniciativa privada, prevista no novo marco regulatório, pode potencializar investimentos e inovações tecnológicas, contribuindo para o ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico e para o ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura.

A pesquisa destaca ainda que a integração entre diferentes esferas governamentais, o setor privado e a sociedade civil é essencial para a efetividade das leis, conectando-se ao ODS 17 – Parcerias e meios de implementação. Assim, o trabalho não se limita a descrever o panorama legal e político, mas aponta estratégias concretas que, se implementadas de forma eficaz, aceleram o cumprimento de múltiplas metas da Agenda 2030.

Todas as relações das normas legais brasileiras que foram abordadas nesse estudo com os ODS podem ser visualizadas na tabela 1.

Tabela 1- ODS e suas relações com o trabalho e com as normas Brasileiras

ODS	Relação com o trabalho	Relação com as normas
ODS 6 – Água potável e saneamento	Garantia de acesso universal à água potável e saneamento, gestão integrada dos recursos hídricos e cumprimento de metas nacionais até 2033.	“A Constituição Federal de 1988 estabeleceu o direito de todos os cidadãos brasileiros ao acesso à água potável e ao saneamento básico como um direito fundamental.” / “Lei nº 14.026/2020... metas para universalização dos serviços de água (99%) e esgoto (90%) até 2033.”

ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis	Melhoria da infraestrutura urbana por meio do saneamento básico, promovendo saúde pública e qualidade de vida.	“A Lei nº 11.445/2007... estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e define as responsabilidades dos municípios, estados e União na prestação dos serviços de água e esgoto.”
ODS 13 – Ação contra a mudança global do clima	Medidas preventivas para reduzir vulnerabilidade hídrica e impactos ambientais agravados por eventos climáticos extremos.	“A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece padrões de qualidade da água... garantindo a proteção da saúde humana e do meio ambiente.”
ODS 14 – Vida na água	Proteção dos corpos hídricos, controle da poluição e preservação de ecossistemas aquáticos.	“A Resolução CONAMA nº 357/2005... valores máximos permitidos para diversos parâmetros de qualidade em corpos d’água no Brasil.”
ODS 15 – Vida terrestre	Proteção de ecossistemas terrestres por meio da preservação de recursos hídricos e manejo sustentável dos resíduos sólidos.	“Lei Federal nº 12.305/2010... prioridade para a redução na fonte, a reutilização, a reciclagem e o tratamento adequado dos resíduos.”
ODS 10 – Redução das desigualdades	Inclusão de grupos vulneráveis no acesso à água e ao saneamento, especialmente populações rurais e de baixa renda.	“A inclusão de grupos vulneráveis, como populações tradicionais e comunidades de baixa renda, nas políticas e práticas relacionadas a recursos hídricos e saneamento básico é essencial...”
ODS 8 – Trabalho decente e crescimento econômico	Geração de empregos e estímulo à economia por meio da abertura do setor à iniciativa privada.	“O novo marco regulatório do saneamento básico... participação da iniciativa privada... importante estratégia para a expansão dos serviços em todo o país.”
ODS 9 – Indústria, inovação e infraestrutura	Investimentos em tecnologias e modernização da infraestrutura de saneamento.	“A implementação de tecnologias avançadas, como IoT e IA, pode melhorar a gestão dos recursos hídricos e a prestação dos serviços de saneamento básico.”
ODS 17 – Parcerias e meios de implementação	Integração entre governo, sociedade civil e setor privado para	“É fundamental que os governos, a sociedade civil e a iniciativa privada

	implementação eficaz das políticas.	trabalhem juntos para garantir a implementação efetiva dessas leis e políticas públicas.”
--	-------------------------------------	---

Com base no que foi apresentado nesse estudo fica demonstrado que as normas brasileiras estão fortemente alinhadas, de forma transversal, a diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, evidenciando que a gestão eficiente dos recursos hídricos e do saneamento básico vai muito além de questões técnicas e legais, integrando dimensões sociais, econômicas e ambientais. Ao conectar as legislações e políticas públicas brasileiras — como o Marco Legal do Saneamento, a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Resíduos Sólidos — às metas globais da Agenda 2030, o estudo reforça a importância da implementação efetiva, da participação social e da inovação tecnológica para garantir acesso universal, qualidade de vida e preservação ambiental. Essa abordagem integrada não apenas contribui para o cumprimento dos ODS, mas também fortalece a capacidade do país de promover um desenvolvimento urbano e rural sustentável

5. DISCUSSÃO

A gestão dos recursos hídricos e o acesso aos serviços de saneamento básico são essenciais para o desenvolvimento sustentável do Brasil. As leis e políticas estabelecidas têm sido fundamentais para melhorar a gestão e a prestação dos serviços nessas áreas. No entanto, ainda há desafios significativos a serem superados, e é importante que o país continue a investir em políticas e práticas que garantam o acesso universal e sustentável aos recursos hídricos e aos serviços de saneamento básico.

A implementação de tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA), também pode ser uma solução para melhorar a gestão

dos recursos hídricos e a prestação dos serviços de saneamento básico. Essas tecnologias podem ajudar a monitorar a qualidade da água, prever possíveis crises hídricas e otimizar a gestão de redes de água e esgoto, melhorando a eficiência e a qualidade dos serviços.

Além disso, é fundamental a participação da sociedade civil na gestão dos recursos hídricos e na prestação dos serviços de saneamento básico. A inclusão de grupos vulneráveis, como populações tradicionais e comunidades de baixa renda, nas políticas e práticas relacionadas a recursos hídricos e saneamento básico é essencial para garantir que esses serviços sejam acessíveis e sustentáveis para todos.

A gestão dos recursos hídricos e a prestação dos serviços de saneamento básico são áreas críticas no Brasil. As leis e políticas estabelecidas nos últimos tempos, tem sido fundamentais para melhorar a gestão e a prestação dos serviços nessas áreas, mas ainda há desafios significativos a serem superados. A implementação de tecnologias avançadas e a participação da sociedade civil são fundamentais para garantir o acesso universal e sustentável aos recursos hídricos e aos serviços de saneamento básico.

É importante lembrar que as leis e políticas relacionadas à gestão dos recursos hídricos e à prestação dos serviços de saneamento básico estão em constante evolução. O novo marco regulatório do saneamento básico é um exemplo disso, trazendo mudanças significativas para o setor e incentivando a participação do setor privado.

Além disso, a Lei de Recursos Hídricos e o Plano Nacional de Saneamento Básico são instrumentos importantes para a gestão e proteção dos recursos hídricos e para o acesso aos serviços de saneamento básico no país. Essas leis estabelecem princípios e diretrizes fundamentais para a gestão dos recursos hídricos e para a prestação dos serviços de saneamento básico, incluindo a participação da sociedade civil e a integração da gestão dos recursos hídricos com outras políticas públicas.

No entanto, é importante lembrar que a existência de leis e políticas só é efetiva se houver uma implementação adequada e eficaz. A fiscalização e a garantia do cumprimento dessas leis são fundamentais para garantir o acesso universal e sustentável aos recursos hídricos e aos serviços de saneamento básico no Brasil.

Em suma, as leis e políticas relacionadas à gestão dos recursos hídricos e à prestação dos serviços de saneamento básico são ferramentas importantes para a proteção e gestão sustentável dos recursos hídricos e para o acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil. No entanto, a implementação e fiscalização adequadas são essenciais para garantir que essas leis sejam efetivas e que os objetivos de acesso universal e sustentabilidade sejam alcançados.

6. ORIENTAÇÕES

O pós-doutorando contribuiu com a formação acadêmica de alunos de graduação por meio de discussões, seminários e apoio a projetos de pesquisa vinculados às disciplinas ministradas pelo supervisor.

7. DISCIPLINAS MINISTRADAS COM A RESPECTIVA CARGA HORÁRIA E/OU A REALIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE EXTENSÃO.

Disciplinas acompanhadas:

Hidrologia

Análise e Gestão Ambiental

Carga horária:

20 horas por semestre (total de 40 horas).

Atividades desenvolvidas:

Apoio didático-pedagógico nas aulas.

Discussão de temas contemporâneos e estudos de caso.

Elaboração de materiais complementares para os alunos.

Participação em atividades de extensão com foco em educação ambiental e capacitação técnica.

Produção científica:

Artigos submetidos:

1. *“Gestão de recursos hídricos em áreas de palafitas: desafios e alternativas para comunidades do Brasil”* – Revista Projetar (ISSN: 2448-296X).

2. *“Dano ambiental: um histórico normativo da prevenção até a repressão”* – Revista Ambiente & Sociedade (ISSN: 1414-753X / 1809-4422).

3. *“Aplicação web como subsídio para o conhecimento do plano de recursos hídricos das bacias hidrográficas”* – Journal of Environmental Management. (ISSN: 1095- 8630)

• Trabalho apresentado:

“Planejamento da rede de monitoramento hidrológico da UGRHI-18 (São José dos Dourados – SP)” – 4º Congresso Internacional de Engenharia Ambiental, Universidade de Coimbra, Portugal.

8. COMENTÁRIOS DO SUPERVISOR

O pós-doutorando Lucas Menezes Felizardo demonstrou excelente desempenho acadêmico e profissional ao longo de sua permanência no programa. Sua atuação foi marcada por rigor metodológico, compromisso com a produção científica e relevante contribuição ao ensino e à extensão. Os artigos submetidos e o trabalho apresentado em congresso internacional reforçam a qualidade de sua pesquisa e a pertinência do tema no cenário atual. Recomendo fortemente sua continuidade em

atividades acadêmicas e sua inserção como referência na área de recursos hídricos e políticas públicas ambientais.

REFERÊNCIAS

CERQUEIRA, R. J. A.; **Os desafios na execução do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC): o caso do esgotamento sanitário**. 117 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2019.

DE ARAÚJO RIBEIRO, G. M.; MAIOR, N. R. S.; BRAGA, L. O. Indispensabilidade da terra para a efetivação do direito humano ao alimento das políticas públicas e a efetivação do direito fundamental à água. **Revista do Direito Público**, v. 17, n. 2, p. 132-153, 2022.

DOS REIS NUNES, L.; DIAZ, R. R. L. A evolução do saneamento básico na história e o debate de sua privatização no Brasil. **Revista de Direito da Faculdade Guanambi**, v. 7, n. 2, p. 1, 2020.

FERREIRA, J. Cr. **Medida provisória 579/2012 e as ações do risco hidrológico: intervencionismo judiciário ou ativismo judicial? Uma análise crítica do caso GSF**. Trabalho de conclusão de curso, UNICEUB, 27 f., Brasília - DF, 2020.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. Logeion: **Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019.

GRANGEIRO, E. L. de A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. de. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. **Cadernos Metrópole**, v. 22, p. 417-434, 2020.

MATTAR, J.; RAMOS, D. K. Metodologia da pesquisa em educação: abordagens qualitativas, quantitativas e mistas. **Grupo Almedina**, 2021.

PHILIPP, M.G.; MAIOLA, M.R.A.; LEMANSKI, S. R. Histórico do saneamento básico no Brasil e perspectivas futuras. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 38, n. especial, p. 649-666. 2022

PREZENSZKY, B. C.; MELLO, R. R. de. Pesquisa bibliográfica em educação: análise de conteúdo em revisões críticas da produção científica em educação. **Revista Diálogo Educacional**, v. 19, n. 63, p. 1569-1595, 2019.

REIS, C. A. S.; CARNEIRO, R. O direito humano à água e a regulação do saneamento básico no Brasil: tarifa social e acessibilidade econômica. **Desenvolvimento em Questão**, v. 19, n. 54, p. 123-142, 2021.

ROSA, A. M. R.; GUARDA, V. L. de M. Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 9, n. 2. maio/ago. 2019 (p. 197-220)



Dano ambiental: um histórico normativo da prevenção até a repressão

Journal:	<i>Ambiente & Sociedade</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Original Article
Keyword:	Legislation, Sustainability, Monitoring, Biodiversity, Liability, Fiscalization

SCHOLARONE™
Manuscripts

Dano ambiental: um histórico normativo da prevenção até a repressão

Resumo – O artigo aborda dano ambiental no Brasil, analisando as medidas de prevenção e repressão baseado na legislação ambiental. O problema de pesquisa envolve a efetividade das normas legais na proteção do meio ambiente. O objetivo é examinar como a legislação brasileira, incluindo a Lei 9.605/98, a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81) e o Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012), contribui para mitigar impactos ambientais. A metodologia baseia-se na análise normativa dessas leis e de seus mecanismos de aplicação, como o Cadastro Ambiental Rural e o Programa de Regularização Ambiental. Os principais achados indicam que a combinação de medidas preventivas e repressivas é essencial para preservação ambiental, mas sua eficácia depende da fiscalização do Estado, do engajamento da sociedade e da promoção da educação ambiental. Conclui-se que a proteção ambiental pode ser alcançada por meio da aplicação consistente das normas e do suporte técnico e científico.

Palavras-chave: Legislação, Sustentabilidade, Fiscalização, Biodiversidade, Responsabilidade

Environmental Damage: A Normative History from Prevention to Repression

Abstract – The article addresses environmental damage in Brazil, analyzing prevention and enforcement measures based on current environmental legislation. The research problem involves the effectiveness of legal norms in environmental protection. The objective is to examine how Brazilian legislation, including Law 9.605/98, the National Environmental Policy (Law 6.938/81), and the New Forest Code (Law 12.651/2012), contributes to mitigating environmental impacts. The methodology is based on the normative analysis of these laws and their implementation mechanisms, such as the Rural Environmental Registry and the Environmental Regularization Program. The main findings indicate that a combination of preventive and repressive measures is essential for environmental preservation, but their effectiveness depends on state oversight, society engagement and the promotion of

environmental education. It is concluded that environmental protection can be achieved through the consistent application of regulations and technical and scientific support.

Keywords: Legislation, Sustainability, Monitoring, Biodiversity, Liability

Daño Ambiental: Una Historia Normativa desde la Prevención hasta la Represión

Resumen - El artículo analiza el daño ambiental en Brasil, enfocándose en las medidas de prevención y represión conforme a la legislación ambiental vigente. El problema de investigación es la efectividad de las normas legales en la protección del medio ambiente. El objetivo es examinar cómo leyes como la 9.605/98, la Política Nacional del Medio Ambiente (Ley 6.938/81) y el Nuevo Código Forestal (Ley 12.651/2012) ayudan a mitigar los impactos ambientales. La metodología se basa en el análisis normativo de estas leyes y de sus instrumentos, como el Registro Ambiental Rural y el Programa de Regularización Ambiental. Los resultados muestran que la combinación de medidas preventivas y represivas es esencial, aunque su éxito depende de la fiscalización estatal, la participación de la sociedad y la educación ambiental. Se concluye que la protección ambiental puede lograrse mediante la aplicación consistente de las normas, junto con respaldo técnico y científico.

palabra clave: Legislación, Sostenibilidad, Fiscalización, Biodiversidad, Responsabilidad

Introdução

A proteção do meio ambiente é um dos temas centrais no campo do direito ambiental, refletindo a preocupação crescente com a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

O conceito de dano ambiental refere-se à degradação dos recursos naturais, que pode comprometer a integridade de ecossistemas e a qualidade de vida das populações (Milaré, 2016). Tal dano pode ser causado por desastres naturais (como terremotos, tsunamis) ou por atividades antrópicas. O crescimento desenfreado da população humana, a superexploração dos recursos naturais para a satisfação de

1
2
3
4 suas necessidades, os diferentes usos de solo e os resíduos gerados por essas
5 atividades, entre outras coisas, vêm acarretando impactos negativos e modificações
6 globais importantes nos sistemas naturais. Assim, o controle e a reparação de tais
7 danos são fundamentais para a recuperação ou manutenção do equilíbrio ecológico.
8
9

10
11 No Brasil, essa questão adquire contornos particulares, devido à grande
12 diversidade biológica e à vasta extensão territorial do país. A legislação ambiental
13 brasileira busca harmonizar o uso sustentável dos recursos naturais com a
14 necessidade de preservação, enfrentando os desafios impostos pela realidade social
15 e econômica do país e adota medidas de prevenção e repressão aos danos
16 ambientais. Essas medidas estão dispostas na Constituição Federal de 1988 e em
17 leis infraconstitucionais, como a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), a
18 Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/98) e a Lei de Proteção da Vegetação Nativa,
19 conhecida como Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012).
20
21

22 A prevenção é a principal estratégia adotada pelo ordenamento jurídico
23 ambiental, buscando evitar a ocorrência do dano antes que ele aconteça (Faria, 2008).
24 Esse enfoque é reforçado pelo Novo Código Florestal, que estabelece regras
25 rigorosas para a manutenção de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e
26 Reserva Legal (RL).
27
28

29 As APPs são áreas estratégicas para a proteção dos recursos hídricos e da
30 biodiversidade, enquanto as RLs são fundamentais para a manutenção do equilíbrio
31 ambiental dentro das propriedades rurais (De Souza, 2020). Para assegurar a
32 implementação dessas regras, o Novo Código Florestal introduziu o Cadastro
33 Ambiental Rural (CAR), um instrumento de controle e monitoramento das
34 propriedades rurais, e o Programa de Regularização Ambiental (PRA), que visa a
35 recuperação de áreas degradadas e a regularização ambiental dos imóveis rurais
36 (Ferreira Júnior, Santos, Aguiar, 2023).
37
38

39 Por outro lado, a repressão é necessária para garantir a efetividade das
40 normas ambientais e prevenir novas infrações. A Lei de Crimes Ambientais (Lei
41 9.605/98) trouxe um marco importante ao estabelecer sanções penais e
42 administrativas para as condutas lesivas ao meio ambiente, tanto para pessoas físicas
43 quanto para jurídicas.
44
45

46 A responsabilização criminal da pessoa jurídica foi um avanço significativo,
47 permitindo que grandes empresas sejam responsabilizadas por práticas que causem
48 danos ambientais (Da Silva, 2017). Além disso, a responsabilização civil,
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

fundamentada na teoria da responsabilidade objetiva, assegura que os causadores de danos ambientais devem reparar integralmente os prejuízos causados, independentemente de culpa (Leão e Salgado, 2024).

A implementação dessas medidas de prevenção e repressão, no entanto, enfrenta desafios significativos. A fiscalização efetiva, o envolvimento do Ministério Público e a participação ativa da sociedade civil e o suporte técnico e científico são elementos fundamentais para garantir a aplicação das leis ambientais.

A educação ambiental emerge como um componente crucial desse processo, promovendo a conscientização da população sobre a importância da preservação dos recursos naturais e do cumprimento das normas ambientais.

O Brasil se destaca pela complexidade de sua legislação e pela riqueza de seus recursos naturais, sendo fundamental que as políticas públicas sejam ajustadas para garantir um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental.

Desenvolvimento do texto

A preservação ambiental

A preservação do meio ambiente apresenta-se como um dos maiores desafios da humanidade. Trata-se de uma questão crucial e de solução complexa, por depender de vários fatores.

Como citado anteriormente, a degradação ambiental está relacionada à vários fatores, principalmente relacionados às atividades antrópicas. Dentre eles destacam-se o desenfreado crescimento demográfico, o aumento constante das necessidades humanas, o esgotamento dos recursos naturais e serviços ecossistêmicos (indispensáveis à sobrevivência do ser humano no planeta Terra), a poluição atmosférica, aquática e terrestre, a perda de habitats, a introdução de espécies exóticas e a perda de biodiversidade.

Os serviços ecossistêmicos são processos ou funções ecossistêmicas (interações de elementos naturais como ciclagem de nutrientes, regulação climática, ciclo hidrológico, polinização, entre outros) que desencadeiam benefícios diretos ou indiretos aos seres humanos. A perda de biodiversidade acarreta na perda de serviços ecossistêmicos que por sua vez acarretam na perda de bem-estar humano. Assim, a

conservação da biodiversidade é também a conservação da espécie humana (Daily, 1997; Carpenter et al., 2006).

Apesar da urgente necessidade, a preservação ambiental enfrenta desafios, como:

- a) a falta de consciência da maioria da população da real dimensão da questão - para muitos, os ambientalistas são visionários preocupados com um problema que pode até existir, mas não é tão grave;
- b) a descrença popular nas descobertas e pesquisas científicas relacionadas às consequências da superexploração ambiental, produção de resíduos, entre outras atividades deletérias ao meio ambiente;
- c) a característica intrínseca do ser humano de cuidar melhor do que é seu, menos do que é de todos e quase nada do que é dos outros;
- d) a divisão política e geográfica em Estados soberanos e independentes, que dão tratamento e importância diferenciados à questão, normalmente de acordo com seus interesses econômicos e sociais em detrimento ao meio ambiente;
- e) a necessidade e o direito que os países pobres têm de promoverem seu próprio desenvolvimento, utilizando-se de seus recursos naturais, de acordo com suas necessidades e seus interesses, assim como o fizeram os países hoje ricos e desenvolvidos;
- f) as profundas desigualdades econômicas e sociais existentes entre os países “comodatários” do “bem comum” planeta Terra;
- g) a inexistência de uma legislação internacional de preservação do meio ambiente e, no caso de criação da mesma, a dificuldade de garantir o seu efetivo cumprimento, decorrente da necessidade de respeitar-se a soberania dos países;
- h) a eterna e errônea crença em um conflito entre o crescimento econômico e a preservação ambiental;
- i) o predomínio do poder econômico na política e, conseqüentemente, nos órgãos legislativos da maioria dos países do mundo e;
- j) a globalização do problema, pois os danos produzidos em qualquer parte ou país do mundo refletirão em todas as espécies do planeta.

Como se vê, a preservação ambiental envolve questões éticas, sociais, políticas, econômicas, técnicas, científicas e até conceituais. O próprio significado da expressão meio ambiente é complexo e apresenta variações de entendimento.

No caso brasileiro esse significado é definido no artigo 3º, inciso I, da lei 6.938/81 como sendo: “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”.

O desenvolvimento social

Os seres humanos lidam com os seus problemas de acordo com as suas necessidades e prioridades. Normalmente, um país rico e desenvolvido, cuja população desfruta de boa qualidade de vida, saúde e educação, se preocupa e dá maior importância à proteção ambiental. Para esse povo, essa questão reveste-se de grande importância e prioridade, pois representa o seu futuro, a perpetuação de sua espécie e de seu modo de vida.

Já para um país pobre e em desenvolvimento, cujo povo é desinformado, passa fome, tem baixa qualidade e expectativa de vida e que vive assolado por guerras e ou revoluções, a questão da preservação ambiental é algo distante, muitas vezes considerada supérflua, o que dificulta o entendimento da dimensão da crise ambiental atual.

Assim, a maior ou menor consciência da necessidade da proteção ambiental está diretamente associada à qualidade de vida e desenvolvimento social. Quanto mais esclarecida e desenvolvida for uma população, maior será a compreensão do problema ambiental e o engajamento na solução do mesmo.

Apesar de todas as dificuldades apontadas há consenso mundial em relação à urgência na proteção ambiental, por vários motivos. Dentre eles:

- a) os recursos naturais são finitos;
- b) as atividades que degradam o meio ambiente não possuem fronteiras;
- c) o problema afeta a todos e, portanto, é do interesse de todos;
- d) para que seja eficaz, a proteção deve ser feita pela prevenção e repressão e ter apoio técnico e científico;
- e) a possibilidade de compatibilização entre o desenvolvimento dos países e a preservação ambiental, por meio do chamado desenvolvimento autossustentado.

Atualmente, a sociedade civil, em todo o mundo, liderada pela elite intelectual e pelas organizações não governamentais, vem aumentando o nível de cobrança de seus governantes em relação à proteção ambiental. Assim, legisladores de diversos países têm criado normas internas, visando a proteção ambiental

localmente (Da Silva, 2023; Filter, 2020; Pedroso e Gasparetto, 2022; Souza e Armada, 2019).

Por outro lado, tratados e acordos internacionais entre diversos países vem sendo estabelecidos para unificar regras e procedimentos protetivos globalmente, como: a "Conferência Nacional das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano" realizada na Suécia, em 1972, que resultou na Declaração sobre Meio Ambiente Humano de Estocolmo; a "Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento", conhecida como ECO 92, realizada no Brasil, em 1992, seguida pela a Rio+10, realizada em Joanesburgo, na Africa do Sul, em 2002, e pela "Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável" (Rio+20), também realizada no Brasil; a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, realizada em Nova York, em 2015, onde foram definidos os novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2020).

O Histórico legislativo brasileiro

No Brasil a proteção ao meio ambiente se dá por medidas preventivas e repressivas previstas na Constituição Federal e em legislações infraconstitucionais.

As principais legislações sobre o assunto são: Lei 5.197/1967 – Lei de FAUNA; Decreto-Lei 221/1967 - Código de Pesca; Decreto-Lei 227/1967 – Código de Mineração; Decreto-Lei 1.809/1980 – Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro; Lei 6.938/1981, que criou a Política Nacional do Meio Ambiente; Lei 7.347/1985, que disciplina a ação civil pública; Lei 7.754/89, que trata da proteção às florestas existentes nas nascentes dos rios; Lei 7.735/89, relativa ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais; Lei 7.797/89, relativa ao Fundo Nacional do Meio Ambiente; Lei 7.802/1989, que trata de danos ao meio ambiente; Lei 8.974/1995, que estabelece normas para o uso de engenharia genética e liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados; Lei 9433/97, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos; Lei 9.605/1998, que estabelece as sanções criminais às atividades lesivas ao meio ambiente; Lei 9.649/1998, que trata do Ministério do Meio Ambiente, dos recursos hídricos e da Amazônia Legal; Lei 9.765/1999, que trata da educação ambiental; Lei 12.651/2012 - de Proteção da Vegetação Nativa (também conhecida como novo Código Florestal Brasileiro), entre outras.

1
2
3
4 Além das medidas preventivas, a repressão desempenha um papel essencial
5 no combate a atividades lesivas ao meio ambiente. A Lei 9.605/1998, conhecida como
6 Lei de Crimes Ambientais, complementa o Código Florestal ao definir sanções para
7 as infrações ambientais. As penalidades incluem multas, suspensão de atividades,
8 embargos e até detenção, dependendo da gravidade do dano. As sanções
9 administrativas e penais são aplicadas tanto para indivíduos quanto para empresas
10 que desrespeitem a legislação ambiental, garantindo que o princípio da
11 responsabilidade seja efetivado.
12

13 A responsabilidade objetiva prevista na Política Nacional do Meio Ambiente
14 (Lei 6.938/1981) impõe que os infratores sejam obrigados a reparar integralmente o
15 dano, independentemente de dolo ou culpa, o que fortalece a obrigatoriedade de
16 cumprimento das normas ambientais.
17

18 Em 1989, com a promulgação da Lei 7.735 (Brasil, 1989), foi instituído o
19 Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)
20 como uma autarquia destinada a unificar todas as políticas relacionadas à questão
21 ambiental no país. Atualmente, o IBAMA desempenha funções de fiscalização
22 ambiental e implementa ações das políticas nacionais ligadas ao meio ambiente
23 (monitoramento da qualidade ambiental, licenciamento, autorização para o uso dos
24 recursos naturais, fiscalização, supervisão e controle ambiental).
25

26 A repressão também se faz presente através de instrumentos judiciais, como
27 as Ações Cíveis Públicas e o papel ativo do Ministério Público, que busca
28 responsabilizar infratores e assegurar a reparação dos danos ambientais (Gamba e
29 Ribeiro, 2017). Essa abordagem repressiva é um importante complemento às medidas
30 preventivas, pois atua como um fator dissuasivo para potenciais infratores, reforçando
31 a necessidade de cumprimento das normas ambientais e promovendo a justiça
32 ambiental.
33

34 Entretanto, a aplicação eficiente dessas medidas enfrenta desafios
35 significativos, como a falta de recursos para fiscalização, a extensão do território
36 brasileiro e a diversidade de realidades socioeconômicas em diferentes regiões. A
37 colaboração entre órgãos ambientais, produtores rurais e a sociedade civil é
38 indispensável para que a legislação seja efetivamente aplicada, garantindo a
39 preservação do meio ambiente e a sustentabilidade das atividades econômicas (Di
40 Mauro e Pietro, 2011).
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

A Lei nº 6.938/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e definiu os princípios, diretrizes, instrumentos e atribuições para os entes federativos que atuam na política ambiental do país, sendo um grande marco na época (Moura, 2016). Entre outras, a referida lei estabeleceu as seguintes mudanças básicas:

- a) que não mais haveria dano ambiental a salvo da respectiva reparação;
- b) inseriu o conceito de “responsabilidade civil objetiva ou do risco da atividade”, segundo o qual os danos produzidos ao meio ambiente não podem ser partilhados com a sociedade e que aqueles que se beneficiam da atividade produtiva devem arcar com os ônus das reparações necessárias, independente de culpa;
- c) atribuiu ao Ministério Público, o papel de guardião dos interesses difusos, da legitimidade para atuar em defesa do Meio Ambiente.

A Constituição Federal de 1988 conceituou o termo meio ambiente como de uso comum do povo, inserindo a função social e ambiental da propriedade como bases da gestão ambiental, dando uma dimensão mais abrangente ao termo (Machado, 2020). O constituinte brasileiro dedicou um capítulo inteiro ao tema e tratou do mesmo em 37 artigos. O artigo 225 reflete essa importância e estabelece, “in verbis”:

Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

§ 4º - A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

§ 5º - São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

§ 6º - As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas.

O dispositivo citado define em seu *caput* que a proteção do meio ambiente é direito e dever de todos. Nos parágrafos 1º, 4º, 5º e 6º trata das medidas preventivas e nos parágrafos 2º e 3º de medidas repressivas.

No parágrafo 1º atribui como obrigações das autoridades públicas:

- a) a preservação e recuperação das espécies e dos ecossistemas;
- b) a preservação da variedade e integridade do patrimônio genético e a supervisão das entidades engajadas em pesquisa e manipulação genética;
- c) a educação ambiental em todos os níveis escolares e a orientação pública quanto às necessidades de preservar o meio ambiente;
- d) a definição das áreas territoriais a serem especialmente protegidas;
- e) a exigência de estudos de impacto ambiental para a instalação de qualquer atividade que possa causar significativa degradação ao equilíbrio ecológico.

No parágrafo 2º trata da atribuição de responsabilidade civil àqueles que produzirem danos ao meio ambiente. No 3º trata da imposição de sanções, independente da obrigação de reparar os danos provocados. No 4º define as áreas consideradas patrimônio nacional e que estão sujeitas à exploração somente em condições especiais que assegurem sua preservação. No 5º trata da indisponibilidade das terras necessárias à preservação ambiental e no 6º estabelece que as usinas nucleares terão sua localização definida por lei.

Como se vê, o constituinte brasileiro deu maior ênfase à prevenção que à repressão. Considerando a dimensão do Brasil, a natureza da questão, a nossa condição de país em desenvolvimento e a necessidade de estimular o desenvolvimento econômico, essa opção, na época, parecia ser a mais adequada.

Há de se considerar, também, que todas as ações humanas, mesmo as ilícitas, são realizadas para atender um determinado objetivo. Quando alguém produz um dano ao meio ambiente realiza essa ação com um determinado propósito ou por uma determinada razão.

Entre esses propósitos ou razões pode estar: a ignorância do agente, por não ter consciência do que está fazendo; a necessidade de realizar o ato para suprir suas necessidades básicas e garantir sua sobrevivência; o interesse econômico; e a maldade. Nas duas primeiras hipóteses, que com certeza representam o maior número de ilícitos, a solução que parece ser mais adequada realmente é da prevenção.

Vale observar que a prevenção evita o dano, portanto, é eficaz, enquanto a repressão apenas pune o autor do dano, não restabelecendo a situação ao estado anterior. A repressão é eficaz apenas no caráter pedagógico, na medida que desestimula a reincidência do autor, e no caráter exemplar, na medida que desestimula terceiros à prática da ação ilícita.

A Implantação de medidas repressivas

Conforme citado anteriormente, havia no Brasil, até a década de 80, certa tolerância em relação à questão da poluição ambiental, por predominar o entendimento de que toda atividade produtiva necessariamente gera poluição. Por essa razão, a nossa legislação sobre o assunto era mais voltada à prevenção que à repressão.

Essa tendência influenciou, inclusive, o constituinte brasileiro. Porém, no final da década de 90, em decorrência do despertar da consciência ambiental, da constatação das constantes agressões ao meio ambiente e consequentemente da importância da proteção ambiental no Brasil e no Mundo, o legislador brasileiro sentiu a necessidade de estabelecer sanções mais severas às agressões ao meio ambiente. Para atender esse propósito foi editada a Lei 9.605/98.

A referida lei substituiu todas as sanções criminais dispostas de forma esparsa em vários textos que tratam do assunto, tais como a Lei 5.197/67 (Lei da Fauna) e a Lei 6938/81 (Código de Pesca), entre outras (Jaguaripe, 2013). O objetivo desta lei foi a responsabilização criminal do poluidor ou do degradador do meio ambiente, sem qualquer pretensão de derogar a Lei 6938/81, que regula as reparações civis decorrentes de atos danosos ao meio ambiente.

Em seu artigo 2º deixava (deixou) claro que a responsabilização criminal se dará segundo o grau de culpa do agente, descartando a ideia de responsabilidade objetiva para efeitos criminais. Em seu artigo 3º consagrava (consagrou) a responsabilização criminal da pessoa jurídica, sem excluir a possível apenação das pessoas físicas que possam ser havidas como autoras ou coautoras do mesmo fato danoso ao meio ambiente.

No artigo 4º previa (previu) a desconsideração da personalidade jurídica no caso de responsabilidade civil por danos provocados ao meio ambiente. Para as pessoas físicas são (foram) cominadas penas privativas de liberdade – prisão ou reclusão – bem como penas restritivas de direito, permitindo-se que estas últimas substituam as primeiras desde que atendidos os seguintes pressupostos: que se trate de crime culposo, cuja pena privativa de liberdade seja inferior a quatro anos; e que o juiz conclua, após analisar as condições subjetivas do infrator e as características do ato danoso, que a substituição será suficiente para servir de reprovação e de prevenção ao crime.

As penas restritivas de direito previstas são: prestação de serviços à comunidade; interdição temporária de direitos; suspensão parcial ou total de atividades; prestação pecuniária; e o recolhimento domiciliar.

As sanções aplicáveis especificamente às pessoas jurídicas são: a multa; as restritivas de direito; e a prestação de serviços à comunidade. Para as pessoas jurídicas as penas restritivas de direitos consistem em: suspensão parcial ou total das atividades; interdição temporária de estabelecimento, obra ou atividade; e proibição

de contratar com o Poder Público, bem como de dele obter subsídios, subvenções ou doações. A ação penal será pública e incondicionada.

O Novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012) representou um marco regulatório fundamental para a proteção ambiental no Brasil, com o intuito de equilibrar a produção agrícola e a preservação dos ecossistemas.

A legislação introduziu mecanismos que incentivam a regularização de propriedades rurais e buscam prevenir danos ambientais antes que eles ocorram (Do Prao E Macedo, 2022, p.97). No entanto, também prevê medidas repressivas para garantir a reparação dos danos quando as infrações ambientais já ocorreram, compondo uma abordagem dupla de prevenção e repressão (Rodrigues e Matavelli, 2020, p. 30).

A prevenção de danos ambientais é enfatizada por meio da criação de instrumentos como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que é obrigatório para todas as propriedades rurais. O CAR facilita o monitoramento e a fiscalização das áreas de preservação, ajudando a identificar desmatamentos irregulares e outras práticas prejudiciais ao meio ambiente.

Outro mecanismo importante é o Programa de Regularização Ambiental (PRA), que estabelece prazos e condições para que proprietários rurais regularizem suas propriedades, recuperando Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs).

Essa abordagem preventiva é crucial para assegurar que a exploração agrícola e florestal seja realizada de forma sustentável, evitando a degradação dos ecossistemas e a perda de biodiversidade.

A legislação também contempla a preservação de matas ciliares, topos de morros e nascentes, que são fundamentais para a proteção dos recursos hídricos. A manutenção dessas áreas contribui para a prevenção de enchentes, deslizamentos de terra e a proteção das margens de rios e lagos. Ao estabelecer critérios técnicos para a conservação dessas áreas, o Novo Código Florestal procura minimizar o impacto ambiental das atividades econômicas, para a promoção da sustentabilidade, e é atualmente a principal política de proteção da vegetação nativa em propriedades rurais. Porém, para a minimização de incertezas e sua efetiva implantação, é necessário que se resolvam os conflitos entre as preocupações ambientais e os interesses sociais e econômicos, o que exige soluções equilibradas e baseadas em evidências científicas; assim, o suporte técnico e científico pode auxiliar em soluções

que sejam interessantes econômica, social e ambientalmente, com concessões e benefícios para todas as partes interessadas (Mello et al., 2022).

De todo o exposto até aqui fica evidenciado que no Brasil, há farta legislação sobre a proteção ambiental, tanto no que diz respeito à prevenção como à repressão. Mas diante dessa constatação, surge a seguinte questão: Por que todos os dias se ouve na imprensa brasileira, notícias de que o meio ambiente está sendo agredido? Por que as nossas autoridades não conseguem impedir os acidentes ambientais e punir os culpados?

Várias são as prováveis causas, e, com certeza, entre elas estão:

- a) a fragilidade do poder de fiscalização do Estado, decorrente da falta de recursos materiais e humanos para pôr em prática o que está previsto em nossas leis;
- b) o excesso de atribuições dadas ao Ministério Público, pois apesar da abnegação e esforço dos seus membros suas atribuições são muito superiores às suas possibilidades;
- c) o despreparo e a falta de recursos de nossas polícias para o cumprimento de suas atividades;
- d) o excesso de processos em andamento no Poder Judiciário, em relação ao reduzido número de juízes, o que impede a prestação da tutela jurisdicional no tempo necessário;
- e) o predomínio do interesse de grupos econômicos em detrimento das medidas de proteção ambiental;
- f) a desvalorização de suportes técnico e científico, essenciais para que haja um equilíbrio entre os interesses sócio-econômicos e ambientais, e,
- g) as condições econômicas, sociais e políticas do nosso povo, cuja grande maioria, pela pobreza, por ser alheia a essa temática e estar socialmente marginalizada não se preocupa com a questão da preservação ambiental.

Conclusão

A legislação ambiental brasileira combinou mecanismos de prevenção com instrumentos repressivos. Essa abordagem dual é essencial para evitar a degradação ambiental e assegurar a recuperação das áreas afetadas por práticas ilegais.

A efetividade dessa legislação depende não apenas do rigor na aplicação das sanções, mas também do engajamento das comunidades, do fortalecimento da fiscalização, do suporte técnico e científico e da promoção de uma cultura de respeito ao meio ambiente.

A educação ambiental e a conscientização da sociedade desempenham um papel vital para transformar a preservação ambiental em um objetivo compartilhado, garantindo que as futuras gerações possam usufruir dos recursos naturais de forma sustentável.

A integração entre medidas preventivas e repressivas se mostra como o caminho mais promissor para a proteção do meio ambiente, garantindo que os recursos naturais sejam utilizados de forma responsável e sustentável.

A legislação ambiental brasileira oferece as ferramentas necessárias para essa proteção, cabendo aos órgãos responsáveis e à sociedade civil a tarefa de assegurar sua plena efetividade.

A complexidade da preservação ambiental no Brasil exige um esforço conjunto entre o poder público, o setor industrial, os produtores rurais e a sociedade civil. Somente através de uma aplicação equilibrada e rigorosa das normas e de um compromisso coletivo com a sustentabilidade, será possível garantir que o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental caminhem juntos. Isso depende de um compromisso contínuo com a proteção dos ecossistemas e o cumprimento da legislação.

Referências

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 set. 1981.

BRASIL. Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998.

BASTOS, C.R. **Curso de direito Constitucional**. 19. ed., São Paulo: Saraiva, 1998.

CARPENTER, S.R; BENNETT, E.M.; PETERSON, G.D., 2006; Scenarios for Ecosystem Services: An Overview. **Ecology and Society** 11(1): 29 p.

Da SILVA, G.P. Responsabilidade penal da pessoa jurídica nos crimes ambientais. **Revista do Curso de Direito da UNIABEU**, v. 8, n. 1, p. 23-50, 2017.

Da SILVA, R. M. **Direito ambiental global e coercibilidade: uma análise jurídico-política do acordo de paris**. 2023. Tese de Doutorado. UNIVERSIDAD DE ALICANTE.

De SOUSA, L.V.F. Legislação ambiental brasileira: avanços, retrocessos e fragilidades. **em Biologia**, p. 209.

DAILY G.C., 1997. Introduction: what are ecosystems services? Em: **Societal Dependence on Natural Ecosystems**. Ed. Island Press, Washington, DC, EUA, p. 1-10.

Di MAURO, C.A.; PRIETO, É.C. A questão ambiental demandando outro modelo para a vida humana. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-24, 2011.

Do PRAO, M.R.; MACEDO, L.O.B. Mensuração do efeito da institucionalização do novo código florestal ao desmatamento dos municípios de Mato Grosso. **Revibec: Revista Iberoamericana De Economía Ecológica**, v. 35, n. 2, p. 95-113, 2022.

FARIA, I.D. **Compensação Ambiental: os fundamentos e as normas, a gestão e os conflitos**. Jul. 2008.

FERREIRA JÚNIOR, E.I.; SANTOS, R.P.; AGUIAR, D.M. de. Cadastro ambiental rural: a legitimação da grilagem em terras públicas e as estratégias de combate. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, Boa Vista, v. 16, n. 46, p. 241–263, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.10011885. Disponível em: <https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/2344>. Acesso em: 25 out. 2024.

FILTER, P.A.S. **A efetivação do Acordo de Paris no Brasil: um estudo comparado da proteção ambiental com a Austrália e a Nova Zelândia**. 2020. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

GAMBA, C.; RIBEIRO, W.C. "Conservação ambiental no Brasil: uma revisão crítica de sua institucionalização." **Reb. Revista de Estudios Brasileños** I Primer Semestre 2017 I Vol. 4 – Nº6 (2017).

JAGUARIFE, C.M.M. Responsabilidade criminal ambiental - Lei 9605/98. Em: **Desenvolvimento Sustentável**, EMERJ, Rio de Janeiro, 2013, p 29-37.

LEÃO, C.E.C.; SALGADO, B.P. Responsabilidade civil por danos ambientais: análise dos aspectos jurídicos relacionados à responsabilidade civil por danos ambientais, considerando os princípios e normas do direito civil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. 3238–3261, 2024. DOI: 10.51891/rease.v10i5.13989. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/13989>. Acesso em: 20 out. 2024.

MACHADO, P.A.L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 27ª ed., São Paulo: Malheiros, 2020.

MELLO, K.; et al. Science and environmental policy establishment: the case of the Forest Act in the State of São Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, 2022. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2022-1373.

MILARÉ, É. **Reação jurídica à danosidade ambiental: contribuição para o delineamento de um microssistema de responsabilidade**. (Doutorado em Direito das Relações Sociais). PUC-SP. São Paulo. 2016. Disponível em: <http://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/18874/2/%C3%89dis%20Milar%C3%A9.pdf>. Acesso em: 19 outubro, 2024.

MOURA, A.M.M. Trajetória da política ambiental federal no Brasil. Em: **Governança Ambiental no Brasil**, 2016. Ed. Ipea, Brasília, p. 13-43.

ONU, 2020. <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em: 1 julho, 2025.

PEDROSO, F.T.; GASPARETTO, H.L. Direito comparado e a proteção constitucional-ambiental como limitadora do direito privado: uma análise de brasil e argentina. In: **Congresso Internacional de Direito e contemporaneidade**. 2022.

SOUZA, M.M. da S.; ARMADA, C.A.S. Direito Ambiental Global: Limites e Possibilidades de Implementação. Barranquilla: **Pensamiento Americano**, vol. 12, n. 24, 2019, p. 117-129.

ACQUAVIVA, M. C. **Dicionário Jurídico Brasileiro Acquaviva**. 11 ed., São Paulo: Editora Jurídica Brasileira, 2000.

WEB APPLICATION AS A TOOL FOR UNDERSTANDING THE WATER RESOURCES PLAN OF THE WATERSHED

HIGHLIGHTS

PCJ Watershed Committees promote decentralized and participatory governance.

Interactive web applications are innovative tools for water resources management.

Environmental education in the PCJ Basins aims to foster awareness among citizens to preserve water.

ABSTRACT

This study explores the creation of an interactive platform focusing on the management of water resources in the PCJ Basins, leveraging digital technologies to facilitate information dissemination and promote social participation. The decentralized and participatory management of these basins, in alignment with the 2020-2035 Water Resources Plan and SDG 6.b, requires an efficient system of communication and environmental education to ensure water sustainability. The methodology employed organizes technical content related to water availability and quality, basin ownership, and soil conservation, presenting it in an educational manner through a web application. Tools such as Prezi, Clipchamp, and Cloudconvert were utilized to craft an accessible and interactive multimedia environment tailored to a diverse audience, from managers to the general public. The prototype developed aims to address the priority actions of the PCJ Committees, particularly in areas of environmental education and capacity building, as outlined in the Thematic Notebook of the Basin Plan. The implementation of digital technologies, such as this platform, aligns with Target 6.b of the 2030 Agenda, which aims to strengthen community participation in water management. It is concluded that interactive web platforms facilitate access to crucial information and enhance social engagement, making water resource management more democratic and efficient. However, technological challenges, such as limited internet access in some regions, still need to be overcome to ensure full utilization of these innovations.

Keywords: Water resources management, Social participation, Interactive platform, Digital technologies, Water sustainability.

INTRODUCTION

The sustainable management of water resources is one of the major challenges of contemporary society, particularly in densely populated areas with multiple water uses, such as the Piracicaba, Capivari, and Jundiaí (PCJ) River Basins. Within the framework of the National and State Water Resources Management Systems, the Watershed Committees (CBHs) play a critical role by fostering discussions and making decisions in a decentralized and participatory manner, bringing together representatives from government sectors, water users, and civil society. The participatory model contrasts with the traditional centralized system, where decisions are made by a limited group without adequately considering the local realities and the needs of the involved communities (PCJ Basin Agency, 2022).

The PCJ Committees, comprised of the Paulista, Federal, and Mineiro CBHs, exemplify this integrated and decentralized governance. Operating in unison, their goal is to ensure that the actions and strategies adopted in the basins are coherent and effective, particularly in the areas of conservation and restoration of water resources. To achieve this, they rely on a fundamental planning tool: the Water Resources Plan. In the case of the PCJ Basins, this plan is guided by specific legislations, such as São Paulo State Law No. 7.663/1991, Federal Law No. 9.433/1997, and Minas Gerais State Law No. 13.199/1999, which establish the guidelines for water resource management and protection (PCJ Basin Agency, 2022).

The review of the PCJ Basin Water Resources Plan for the 2020-2035 period, approved in 2020, consolidates a diagnosis of the current situation of the basins and provides future scenarios regarding water quality and quantity. The plan also includes an Action Plan with goals aimed at ensuring water sustainability through 2035 (PCJ Committees' Resolution No. 332/20). These actions were defined based on four stages: diagnosis, prognosis, action plan and goals; preparation of the water supply guarantee document; organization of thematic notebooks; and finally, the consolidation of studies and development of the final products, including the Final Report and the Summary Report (PCJ Basin Agency, 2022).

Among the thematic notebooks, the one on Environmental Education, Integration, and Dissemination of Research and Technologies stands out, developed based on the National Environmental Education Policy (Law No. 9.795/99) and the Environmental Education Policies of Minas Gerais (Law No. 15.441/2005) and São Paulo (Law No. 12.780/2007). In this context, environmental education is seen as a crucial tool for creating conscious citizens capable of acting responsibly to preserve water resources (LOUREIRO, 2002).

Another relevant concept is educommunication, which aims to foster social dialogue and facilitate access to information through information technologies, promoting greater

participation and engagement from society, particularly young people, on issues related to quality of life and sustainability (SOARES, 2018). In this regard, the creation of interactive web applications focused on environmental education and the dissemination of information on water resource management emerges as an innovative and necessary proposal. These tools can help achieve the goals set out in the PCJ Basin Plan 2020-2035, while also contributing to the Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Target 6.b, which seeks to strengthen local community participation in water management (Agenda 2030).

MATERIALS AND METHODS

The methodology of this work involved the organization and analysis of various topics related to the PCJ Watersheds, based on technical content such as the PCJ Watershed Plan 2020/2035, and the use of technological tools to facilitate the presentation and visualization of this data in a web application. The following steps were followed:

Thematic Organization

The topics addressed in the study include: Watershed, Water Ownership, Characteristics, Water Availability, Cantareira System, Water Quality, and Water Production and Soil Conservation. These topics were developed based on the reading and interpretation of technical content extracted from reliable sources, presented in a technical and didactic manner, aiming at building an interactive platform.

Watershed

According to the Profill-Rhama Consortium (2020, p. 41), the PCJ Watersheds are part of the Tietê River Basin and belong to the Paraná Hydrographic Region, composed of the Piracicaba, Capivari, and Jundiaí river basins.

Mapping the PCJ Watersheds for didactic comparison with other Brazilian basins.

Water Ownership in the PCJ Watersheds

According to the Profill-Rhama Consortium (2020, p. 123), water ownership is regulated by the Federal Constitution, with federal and state waters being defined according to the course of the rivers and their drainage area.

Modeling through images that identify the main rivers in the basins and water ownership, both state and federal.

Characteristics of the PCJ Watersheds

The PCJ Watersheds cover parts of 76 municipalities, 71 in São Paulo and 5 in Minas Gerais, with a population of 5.8 million inhabitants (Profill-Rhama, 2020, p. 40).

Representation of the geographic, demographic, and economic characteristics of the basins in graphs and maps.

Water Availability in the PCJ Watersheds

The São Paulo Water Resources Coordination points out that per capita water availability in the PCJ Watersheds is below the UN's recommended levels.

Presentation of per capita water availability through historical series up to 2021, focusing on quantitative water use.

Cantareira System and the PCJ Watersheds

The Cantareira System is the main water source for the São Paulo Metropolitan Region, with water transfer from the PCJ Watersheds to the Juqueri River and later to the Upper Tietê River (Profill-Rhama, 2020).

Data modeling related to water transfer and its importance in supplying the RMSP.

Water Quality in the PCJ Watersheds

Water quality in the PCJ Watersheds is monitored through the Water Quality Index (WQI), with data collected by CETESB and IGAM (Profill-Rhama, 2020, p. 262).

Illustration of water quality data with maps that didactically present the monitoring points and their results.

Water Production and Soil Conservation

According to the Forest Restoration Master Plan (PDRF), forest cover in the PCJ Watersheds plays a crucial role in water conservation and soil protection, making the restoration of degraded areas a priority (Profill-Rhama, 2020).

Illustrative maps showing the relationship between conservation areas, soil conservation, and water infiltration.

Technological Applicability

To facilitate the organization and presentation of the data, a combination of technological tools was used, aiming for greater interactivity and didactic visualization of the content.

Prezi

The main tool used to organize the final product of this work, allowing intuitive and interactive navigation between different topics. Its zoom functionality was essential for highlighting relevant information and facilitating navigability.

Clipchamp

Used to create and edit videos, combining images, audio, and effects, and mainly to convert texts into audio, optimizing the data presentation in the web prototype.

Cloudconvert

Allowed the conversion of video files into audio to be used in Prezi presentations, facilitating the integration of different media formats.

Pixabay

Used to download royalty-free images, sounds, and videos, which were used as supporting material and background for the presentations.

Freepik and Storyset

These tools provided free, customizable illustrations to compose the visual presentation of the prototype, enriching the didactic content.

Removebg

This tool was used to remove image backgrounds used in illustrations and maps, allowing for better adaptation to the web application's design.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The final product was organized to guide the construction of a web application aimed at supporting knowledge of the PCJ Watershed Plan, for different audiences, regardless of their segment.

For clarification purposes, the resulting product of this work is a very important step that contributes infinitely to the organization process of web applications.

Developing a web application at some point requires organizing content, meaning the necessary and important subjects to guide the contractors in providing the necessary services and topics to be addressed in such applications, ensuring that the guiding content is available to the developer or program hosting the content—the web application.

Planning in advance promotes a successful process to bring the necessary goals from paper to reality. In this context, it is important to highlight that when the client is a public entity that manages public financial resources and must follow public procurement policies, such as Federal Law No. 14.133/2021, one of the main obstacles is the preparation and organization of public bidding documents, such as reference terms with cost spreadsheets, calculation descriptive memorials, bidding mode definition, etc.

These are often incomplete due to a lack of knowledge or information on what exactly needs to be included in such documents for the product or service to be as desired or necessary, possibly leading to the rejection of the bidding process or, when contracted, the delivery of a service or work not aligned with the required or expected outcome.

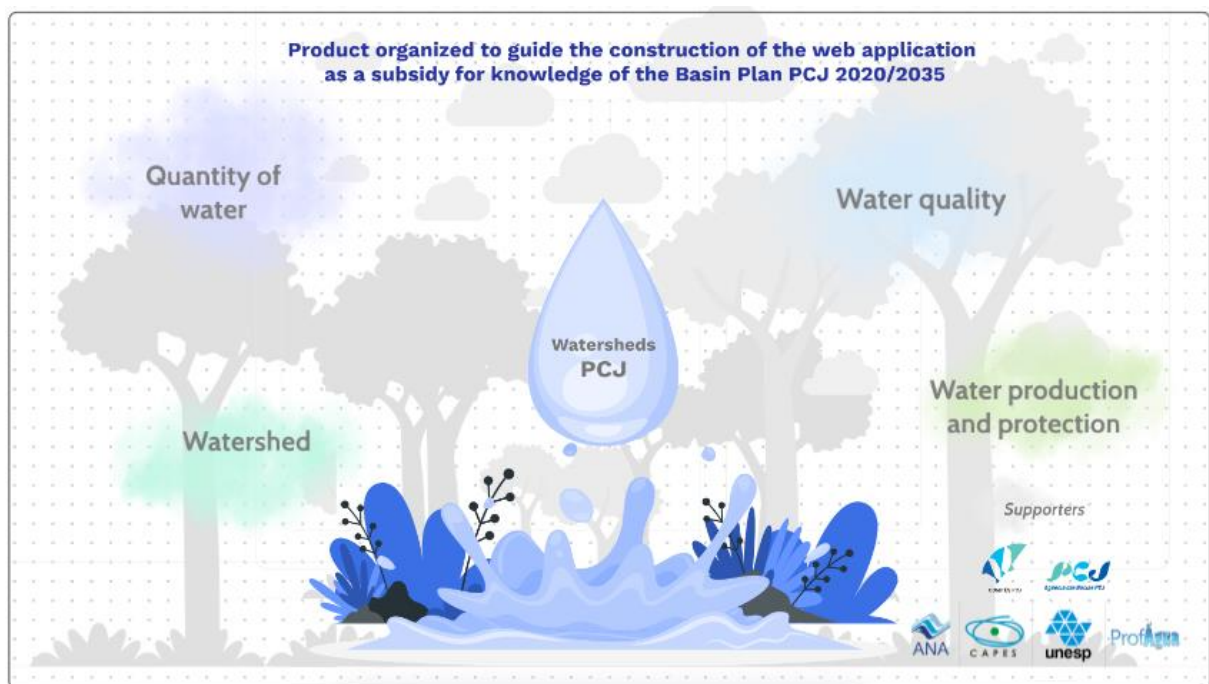
The more organized the contractual object is from the bidding stage, the greater the chances of success. Therefore, the product resulting from this work was organized with these challenges in mind, as it can support actions to be deliberated and prioritized by the PCJ Committees related to training, environmental education, and social communication, as outlined in the Environmental Education, Diffusion, Technologies, and Research Thematic Notebook annexed to the PCJ Watershed Plan.

On most pages, interactivity and the correlation of themes were organized with links, highlighted in an icon called learn more, for access to the responsible bodies or other sources that deal with the same subject for illustration. However, for a general description and explanation, it will be presented by themes organized with corresponding images.

Presentation Themes – Home.

This page (Figure 1) contains the identification of the organized themes, the partners involved and the purpose of the organized product. It is through the home page that it is possible to access all other content individually or continuously.

Figure 1 - Organized guiding content (Prezi) for building the Web Application – Presentation Themes – Home



Source: Prepared by the authors.

From the home page, which organizes themes and facilitates access to content, the user can explore specific topics in detail, such as the Watershed theme. The dedicated page seeks to offer a comprehensive understanding of the concept of hydrographic basin, with emphasis on

Brazilian hydrographic regions, especially the Paraná River basin and its branches to the Piracicaba, Capivari and Jundiaí River basins.

Watershed Theme Presentation

The Watershed Theme page (Figure 2) aims to provide an understanding of what a watershed is and where it is located. It gives a general description of what a watershed is, the Brazilian hydrographic regions with an emphasis on the Paraná River basin, moving to the Tietê River basin and finally the Piracicaba, Capivari, and Jundiaí river basins, concluding with a video titled "Watershed Committees: What they are and what they do?" by ANA, with links to the PCJ Watershed Agency and PCJ Committees websites.

Figure 2 - Organized guiding content (Prezi) for the construction of the Web Application – Watershed Theme Presentation



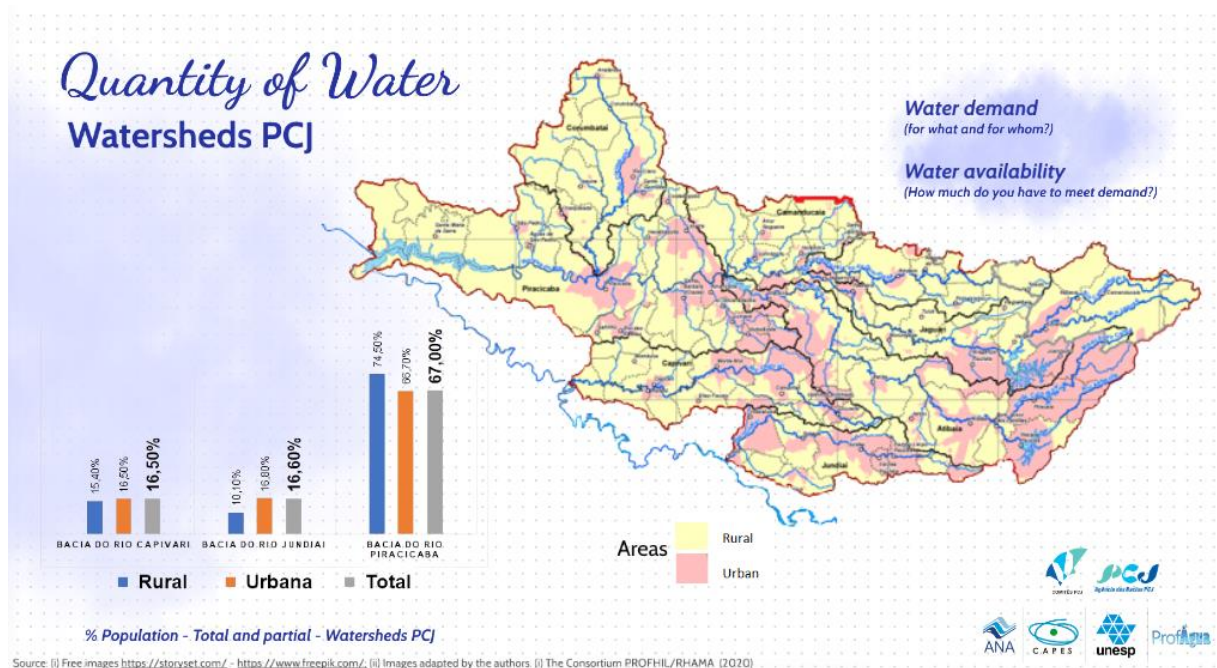
Source: Prepared by the authors.

After the general presentation on the concept and location of river basins on the River Basin theme page, the content moves on to a specific in-depth look at the water demands and availability of the PCJ Basins. This new section offers a detailed view of the current situation of the PCJ Basins, including information such as the number of municipalities, population distribution between urban and rural areas, and the relevance of the Cantareira System for supplying the São Paulo Metropolitan Region (RMSP).

Water Quantity Theme Presentation

What are the demands and water availability in the PCJ Watersheds? This page (Figure 3) presents the situation of the PCJ Watersheds, information, and data on the total number of municipalities belonging to the PCJ Watersheds, population, and identification of urban and rural areas. It addresses the Cantareira System, responsible for supplying the São Paulo Metropolitan Region (RMSP), and provides an overview of water availability in the PCJ Watersheds, with access to real-time data on the amount of water (flow of the PCJ Watersheds), as well as videos by the PCJ Watershed Agency and Committees illustrating the topics covered.

Figure 3: Organized guiding content (Prezi) for the construction of the Web Application – Presentation Theme Quantity of Water



Source: Prepared by the authors.

After exploring the water demands and availability of the PCJ Basins, focusing on supply, management of the Cantareira System and the quantity of water available in real time, the analysis moves on to water quality in the PCJ Basins. This new section addresses the physical, chemical and biological parameters that are decisive for water quality, highlighting the importance of the Water Quality Index (WQI).

Water Quality Theme Presentation

Focusing on water quality issues in the PCJ Watersheds (Figure 4), this page covers the physical, chemical, and biological parameters that directly influence water quality. It provides insight into the importance and need for the Water Quality Index (WQI) and highlights the

prioritization of implementing actions in critical areas, from a water perspective, as outlined in the PCJ Watershed Plan 2020/2035.

Figure 4 - Organized guiding content (Prezi) for the construction of the Web Application – Water Quality Theme Presentation



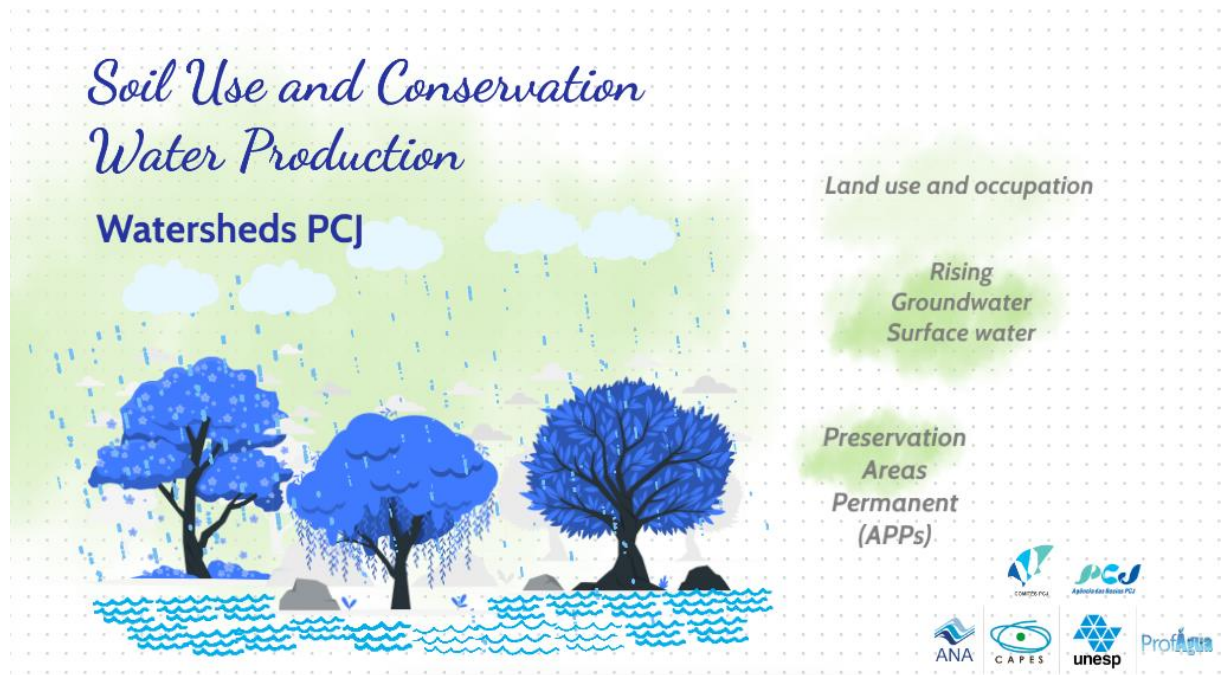
Source: Prepared by the authors.

After discussing aspects related to water quality in the PCJ Basins and the importance of the Water Quality Index (WQI) in identifying and prioritizing actions in critical areas, the analysis moves on to the situation of land use and occupation in the PCJ Basins. This next section complements the previous discussion by detailing the fundamental role of springs, surface and underground waters, springs and permanent preservation areas in maintaining the quality and quantity of water resources.

Water Production and Protection Theme Presentation

This page (Figure 5) highlights the topics of land use and occupation in the PCJ Watersheds, data, and information to better understand the importance of springs, surface water, groundwater, water sources, and permanent preservation areas, along with anthropogenic use. It also addresses the current situation of the PCJ Watersheds related to native vegetation, riparian forests, and the benefits of forest restoration to contribute to the quantitative and qualitative increase of water resources in the PCJ Watersheds.

Figure 5 - Organized guiding content (Prezi) for the construction of the Web Application – Presentation Theme Production and Water Protection



Source: Prepared by the authors.

The use of digital technologies and informational mobility in educational and water resource management processes highlights the convergence between innovation and sustainability. In the context of the PCJ Watersheds, as discussed earlier, decentralized and participatory management is key to the sustainable management of water resources.

However, the complexity of this process, involving multiple actors and interests, can be challenging, requiring efficient, attractive, and accessible communication, especially to ensure active participation from civil society and users.

In this regard, Lemos (2010) prediction about informational mobility was accurate. Mobile devices have become indispensable in everyday life, and with them, new forms of interaction and learning have emerged, functioning as multifunctional communication and educational tools. In water resource management, these technologies can be leveraged to enhance information dissemination and facilitate interaction between the State, users, and society, promoting greater participation in decision-making processes.

The creation of educational and learning mediator interfaces, as discussed by Costa and Martins (2016), is a key point for this transformation. Web applications offer the possibility to engage the community in discussions on crucial topics, such as water quality and availability, through technologies accessible from anywhere at any time.

In the case of the PCJ Watersheds, implementing interactive web platforms, such as the prototype developed in this study, reflects this trend, aiming to make the information from the PCJ Watershed Plan more accessible and understandable to different audiences. With a comprehensive approach, including educational videos, real-time data, and illustrative maps, the platform seeks to empower stakeholders in the PCJ region, helping them better understand the importance of sustainable water management.

Furthermore, this approach aligns with the concept of sustainability in water resource management, advocating for the efficient use of resources, knowledge dissemination, and community involvement in decision-making processes.

CONCLUSIONS

At the PCJ Basin Agency, a delegate entity with water agency functions, the Management Coordination is responsible for the technical and administrative aspects of contracting and overseeing the implementation of environmental education actions. These actions are established and prioritized in the thematic notebook on environmental education, integration, and dissemination of research and technologies from the PCJ Basin Plan 2020/2035, particularly related to training, environmental education, and social communication.

According to this notebook, one of the actions prioritized for implementation starting in 2024 is a web application for publishing the "PCJ Basin Management Magazine 2024." This application will be used to implement other prioritized actions to be contracted from 2024 onward, related to educational processes involving: (I) the legislative, judicial, and executive branches, as well as community leaders, (II) rural landowners, (III) managers and technical operators of water and sewage treatment plants, and (IV) educators from the public school system in municipalities within the PCJ Basins, for the dissemination of the PCJ Basin Plan, providing evidence on the state of water resources and the socio-environmental reality of the respective basins.

The PCJ Basin Agency is expected to initiate a public selection process to contract the web application in the first half of 2024, with the intention of using the content resulting from this work as a guiding source for the development of the application.

REFERENCES

- AGUIAR, Everson L. **Levantamento de ações de governo móvel no Brasil**. In: 2ª Conferência Web W3C Brasil, São Paulo. 2010.
- BRASIL. (gov.) **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Brasília, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 10 set. 2024.
- _____. (gov.). **Lei n. 9.795**, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 1999.
- _____. (gov.) **Lei nº 14.133**, de 01 de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/14133.htm. Acesso em: 10 set. 2024.
- _____. (gov). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Meio ambiente, Saúde**. Brasília, 1997. Agência das Bacias PCJ, 2022
- COMITÊS PCJ. **Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Piracicaba. Deliberação dos Comitês PCJ nº 332/2020, de 31/08/2020, definiu critérios de priorização de municípios para as ações previstas no presente ato convocatório, nas temáticas de proteção e conservação dos recursos hídricos e qualidade das águas. Piracicaba. 2020. Acesso em: 16 set. 2024.
- COSTA, Maria Rosa E. M; MARINS, Vânia. (2011). **Aula 2 – Interfaces**. Lante/UFF.
- Pereira, R. L. **Sistema web para análises hidrológicas de séries históricas de vazão do Rio Madeira**. (Dissertação) Universidade Federal de Rondônia - Ji-Paraná – RO, 94p. 2024
- LEMOS, André. (2010). Celulares, funções pós-midiáticas, cidade e mobilidade. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v. 2, n. 2, p. 155-166, jul./dez.
- LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. Educação ambiental e movimentos sociais na construção da cidadania ecológica e planetária. In: LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza de (Orgs.). **Educação Ambiental: repensando o espaço da cidadania**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2002.
- MARTINS, V.; SANTOS, E.; DUARTE DA SILVA, É. F. A educação online e os desenhos didáticos com interfaces móveis: autorias em ambientes virtuais de aprendizagem web e aplicativos. **Debates em Educação**, [S. l.], v. 12, n. 27, p. 785–804, 2020. DOI: 10.28998/2175-6600.2020v12n27p785-804.
- MINAS GERAIS. (gov.). **Lei Estadual 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que institui a Política e o Sistema Estadual de Recursos Hídricos**. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/LEI/13199/1999/>. Acesso em: 10 set. 2024..
- _____.(gov) Lei nº 15.441 de janeiro de 2005. Regulamenta o inciso I do § 1º do Artigo 214 da Constituição de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005
- CONSÓRCIO PROFILL-RHAMA (Bacias PCJ) (org.). **Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020/2035 – Cadernos Temáticos**. Piracicaba. 2020. Disponível em: https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=957:pb-pcj-2020-2035&catid=148:plano-das-bacias&Itemid=332. Acesso em: 10 set. 2024.
- SÃO PAULO. (gov.). SIMA – Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. CRHi: Coordenadoria de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Relatório de situação dos**

recursos hídricos da bacia hidrográfica: roteiro para elaboração e fichas técnicas dos parâmetros. 2020/2021. Disponível em:

<http://www.sigrh.sp.gov.br/relatoriosituacaodosrecursoshidricos>. Acesso em: 04 set. 2024.

_____. (gov.). Lei Estadual 7663, 31.12.91, que institui a Política e o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, in: **Legislação Básica de Recursos Hídricos**, Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo, 1996.

_____. (gov.). Lei nº 12.780, de 30 de novembro de 2007. **Institui a Política Estadual de Educação Ambiental**. São Paulo, 2007a. Disponível em: Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei-12780-30.11.2007.html> Acesso em: 10 set. 2024.

SOARES, I. de O. Educomunicação, paradigma indispensável à renovação curricular no ensino básico no Brasil. In: **Comunicação & Educação**. Ano XXIII. Número 1. VII Congresso de Educação Básica. 2018.

Gestão de recursos hídricos em áreas de palafitas: desafios e alternativas para comunidades do Brasil

Gestión de recursos hídricos en palafitos: desafíos y alternativas para las comunidades en Brasil

Management of water resources in stilt areas: challenges and alternatives for communities in Brazil

RESUMO

O estudo investigou o crescimento de 15 comunidades de palafitas no Brasil entre 2010, 2015 e 2020, com projeções para 2025 e 2030. Palafitas são habitações elevadas, geralmente em áreas alagadiças, que podem apresentar riscos como desabamentos e poluição. Utilizando dados espaciais e ferramentas de sistema de informação geográfica (SIG), o trabalho analisou o aumento populacional e o impacto no consumo de água, geração de efluentes e lixo. As áreas de estudo foram distribuídas por todas as regiões brasileiras, com três comunidades por região, incluindo cidades como Belém-PA, São Luís-MA, e São Vicente-SP. O estudo revelou um aumento populacional em 12 das 15 áreas analisadas, sendo o Amazonas, Maranhão e São Paulo os estados com maior crescimento. A projeção indicou que a comunidade de São Vicente-SP apresentaria o maior aumento populacional até 2030. O consumo de água, geração de efluentes e lixo também cresceram significativamente, com destaque para a comunidade de São Vicente-SP, onde o consumo de água projetado aumentou de 651 m³/dia para 1031 m³/dia, e para a comunidade de São Luís-MA, onde a geração de lixo aumentou de 1,92 t/dia para 3,07 t/dia. O estudo conclui que o crescimento desordenado nas regiões urbanizadas, como no Sudeste, exige soluções sustentáveis, como tecnologias de eficiência hídrica, tratamento descentralizado de esgoto, coleta seletiva e educação ambiental para mitigar os impactos.

PALAVRAS-CHAVE: aglomerados subnormais; estimativa populacional; crescimento de palafitas; SIG.

RESUMEN

El estudio investigó el crecimiento de 15 comunidades de palafitos en Brasil entre 2010, 2015 y 2020, con proyecciones para 2025 y 2030. Las palafitos son viviendas elevadas, generalmente en áreas inundadas, que pueden presentar riesgos como deslizamientos de tierra y contaminación. Utilizando datos espaciales y herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), el trabajo analizó el crecimiento demográfico y el impacto en el consumo de agua, la generación de efluentes y los residuos. Las áreas de estudio se distribuyeron en todas las regiones brasileñas, con tres comunidades por región, incluidas ciudades como Belém-PA, São Luís-MA y São Vicente-SP. El estudio reveló un aumento poblacional en 12 de las 15 áreas analizadas, siendo Amazonas, Maranhão y São Paulo los estados con mayor crecimiento. La proyección indicó que la comunidad de São Vicente-SP experimentaría el mayor aumento de población hasta 2030. El consumo de agua, la generación de efluentes y los residuos también crecieron significativamente, con énfasis en la comunidad de São Vicente-SP, donde el consumo de agua proyectado aumentó de 651 m³/día para 1031 m³/día, y para la comunidad de São Luís -MA, donde los residuos la generación aumentó de 1,92 t/día a 3,07 t/día. El estudio concluye que el crecimiento desordenado en regiones urbanizadas, como el Sudeste, requiere soluciones sostenibles, como tecnologías de eficiencia hídrica, tratamiento descentralizado de aguas residuales, recolección selectiva y educación ambiental para mitigar los impactos.

PALABRAS-CLAVES: grupos subnormales; estimación de población; crecimiento de palafitos; SIG

ABSTRACT

The study investigated the growth of 15 stilt house communities in Brazil between 2010, 2015 and 2020, with projections for 2025 and 2030. Stilt houses are elevated dwellings, generally in flooded areas, which can present risks such as landslides and pollution. Using spatial data and geographic information system (GIS) tools, the work analyzed population growth and the impact on water consumption, effluent generation and waste. The study areas were distributed across all Brazilian regions, with three communities per region, including cities such as Belém-PA, São Luís-MA, and São Vicente-SP. The study revealed a population increase in 12 of the 15 areas analyzed, with Amazonas, Maranhão and São Paulo being the states with the greatest growth. The projection indicated that the community of São Vicente-SP would experience the largest population increase by 2030. Water consumption, effluent generation and waste also grew significantly, with emphasis on the community of São Vicente-SP, where projected water consumption increased from 651 m³/day to 1031 m³/day, and for the community of São Luís -MA, where waste generation increased from 1.92 t/day to 3.07 t/day. The study concludes that disorderly growth in urbanized regions, such as the Southeast, requires sustainable solutions, such as water efficiency technologies, decentralized sewage treatment, selective collection and environmental education to mitigate impacts.

KEYWORDS: subnormal clusters; population estimate; growth of stilts; GIS.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os aglomerados subnormais, que incluem favelas e palafitas, abrigam uma parcela significativa da população urbana. Esses assentamentos são caracterizados pela ocupação irregular do solo, construção desordenada e falta de acesso a serviços públicos essenciais, refletindo a exclusão social e a desigualdade socioeconômica nas cidades brasileiras. Em 2010, no Brasil, contabilizou-se 15.868 setores em aglomerados subnormais, o que correspondia a aproximadamente 5% do total de setores censitários. Esses aglomerados ocupavam uma área de 169,2 mil hectares e abrigavam 3,2 milhões de domicílios particulares permanentes distribuídos entre os 6.329 aglomerados subnormais identificados. (IBGE, 2010).

As palafitas enfrentam vários desafios devido à sua precariedade estrutural e falta de infraestrutura básica. Hardoy (1975) destaca que a urbanização acelerada, sem o devido planejamento, resulta em assentamentos informais vulneráveis a desastres naturais, como inundações. Magalhães et al. (2023) reforçam essa visão, apontando que a urbanização desordenada é um dos principais fatores que levam à formação de palafitas, evidenciando a necessidade de políticas públicas eficazes para mitigar esses problemas.

As condições de vida nessas áreas são frequentemente precárias, com acesso limitado a saneamento básico e água potável, o que contribui para a propagação de doenças e outros problemas de saúde pública (GUTIÉRREZ, 1996). Rashid et al. (2023) destacam que resíduos sólidos e efluentes domésticos não tratados acabam contaminando corpos d'água, causando a degradação da qualidade da água e a disseminação de doenças infecciosas. Além disso, Zaid et al. (2020) ressaltam que atividades antropogênicas como urbanização, industrialização e agricultura contribuem significativamente para a eutrofização e introdução de substâncias tóxicas nos ecossistemas aquáticos, impactando a biodiversidade e a saúde humana.

Maricato (2011) afirma que participação comunitária no planejamento urbano e na gestão de recursos hídricos em palafitas é crucial para promover soluções sustentáveis e inclusivas. Guimarães (2023) compartilha o mesmo raciocínio, ressaltando ainda que os investimentos em infraestrutura básica e saneamento, juntamente com políticas habitacionais inclusivas, são fundamentais para transformar essas áreas e proporcionar uma vida digna aos seus moradores.

Gonzaga et al. (2016) afirmam que programas que incentivam a participação comunitária na elaboração e implementação de soluções sustentáveis têm se mostrado eficazes em aumentar a resiliência e a capacidade de resposta a desastres. Rolnik (2015) salienta que para abordar esses desafios, é necessário um esforço colaborativo entre o governo, a sociedade civil e as comunidades locais. A implementação de políticas públicas eficazes deve ser uma prioridade para melhorar as condições de vida nessas áreas.

Paim et al. (2011) enfatizam a importância de integrar essas comunidades nos processos de urbanização para assegurar acesso equitativo a serviços básicos e oportunidades econômicas.

Estudos indicam que as condições físicas, sociais e econômicas dessas comunidades aumentam significativamente seu risco de sofrerem impactos desproporcionais durante crises ambientais e de saúde pública (HUMMEL et al., 2016; CUTTER et al., 2003). Além disso, a dificuldade de acesso a recursos e serviços essenciais dificulta a recuperação e a resiliência dessas populações após eventos catastróficos (FLANAGAN et al., 2011; BIRKMANN et al., 2013).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou identificar o crescimento de 15 comunidades de palafitas no Brasil utilizando dados de 2010, 2015 e 2020. Por meio da utilização de ferramentas de sistema de informação geográfica, este trabalho identificou a evolução de ocupação por palafitas em diferentes comunidades e de seus respectivos aumentos de consumo de água, retorno de efluentes e geração de lixo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento de avaliação de impactos ao longo do tempo fundamentou-se na obtenção de dados das comunidades selecionadas para estudo por sensoriamento remoto e sua relação com parâmetros das atividades antrópicas no Brasil, detalhados em sequência.

2.1. SELEÇÃO DAS COMUNIDADES

A escolha das comunidades de palafitas estudadas seguiu critérios diversos de seleção, de forma a filtrar as áreas com:

- I) Ocupações com grande número de moradores em cada região do Brasil;

- II) Imagens espaciais em qualidade e quantidade suficiente para os anos base de estudo;
- III) Imagens espaciais de alto contraste, favorecendo a identificação de cada residência existente na comunidade;
- IV) Discrepâncias significativas do padrão de ocupação nos últimos dez anos, por quantidade ou distribuição espacial;
- V) Padrão de ocupação identificável por técnicas de sensoriamento remoto.

Dessa forma, foi possível chegar à relação total de 15 comunidades, sendo três em cada região do país, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação das comunidades de palafita estudadas

Código	Região	Estado	Município	Latitude	Longitude
1	Norte	PA	Belém	-1.476132	-48.494712
2	Norte	PA	Belém	-1.375743	-48.484341
3	Norte	AM	Manaus	-3.048673	-60.111431
4	Nordeste	PE	Recife	-8.082951	-34.883786
5	Nordeste	MA	São Luís	-2.509352	-44.310109
6	Nordeste	PE	Olinda	-7.959622	-34.833957
7	Sudeste	SP	São Vicente	-23.974428	-46.408337
8	Sudeste	SP	Guarujá	-23.955045	-46.299812
9	Sudeste	RJ	Rio de Janeiro	-22.876363	-43.236801
10	Centro-Oeste	MS	Corumbá	-18.998691	-57.628294
11	Centro-Oeste	MS	Miranda	-20.240362	-56.399410
12	Centro-Oeste	MT	Cáceres	-16.094425	-57.704983
13	Sul	SC	São Francisco do Sul	-26.256791	-48.646738
14	Sul	SC	Laguna	-28.498936	-48.762828
15	Sul	RS	Porto Alegre	-30.032216	-51.250484

Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 1 apresenta a distribuição dessas comunidades no país. Para cada área selecionada foram realizados os estudos de estimativas censitárias.

Figura 1 - Relação das comunidades de palafita estudadas



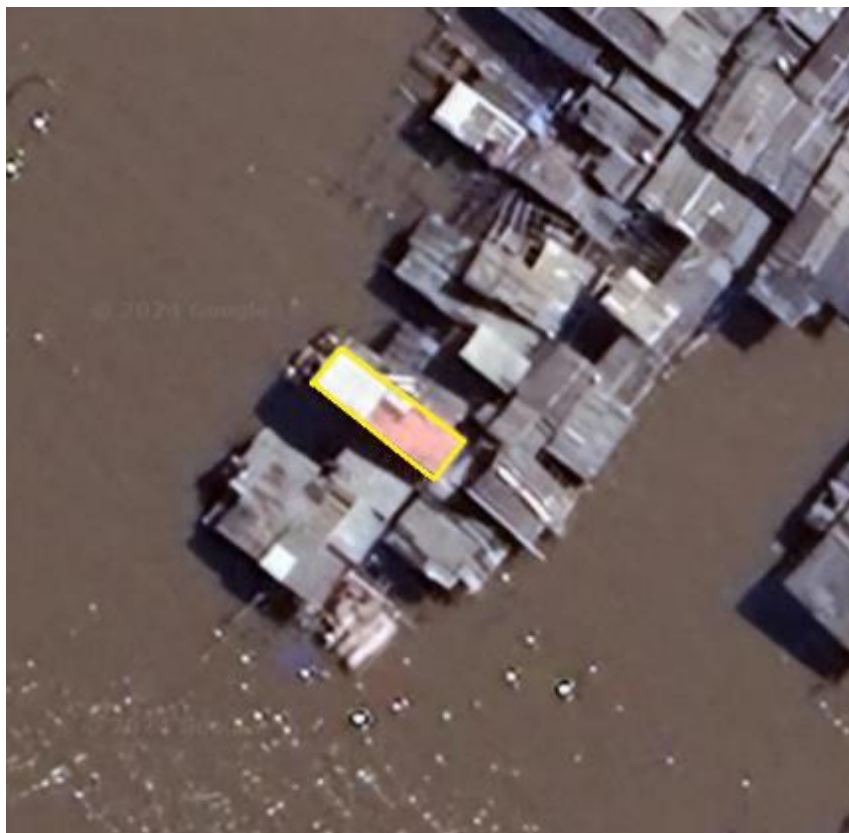
Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS PALAFITAS

2.2.1 Palafitas na Região Norte

A Figura 2 ilustra um exemplo genérico de palafita da Região Norte. A delimitação amarela na Figura xxx representa 1 aglomerado subnormal.

Figura 2 – Exemplo de identificação de palafita



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3 ESTIMATIVA CENSITÁRIA

Os dados obtidos estão, todos, relacionados a estimativa populacional ao longo do tempo, obtida para os anos base de 2010, 2015 e 2020, com técnicas de georreferenciamento.

2.4 DADOS ESPACIAIS

2.4.1 Obtenção de dados Espaciais

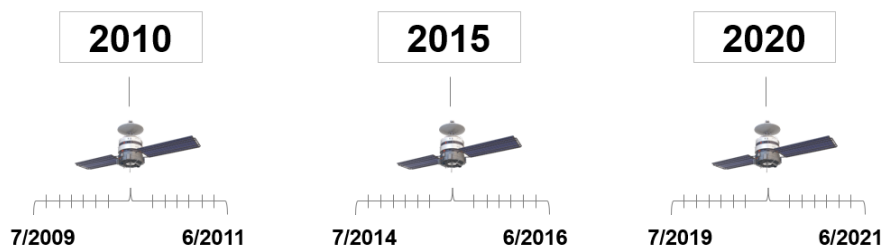
O procedimento inicial do trabalho consistiu no levantamento do total de residências existentes nas comunidades estudadas. Para tanto, foram associadas ferramentas de sensoriamento do software ArcGIS, com o arquivo histórico de imagens espaciais do software Google Earth Pro.

A plataforma Google Earth Pro fornece uma base de dados pública de imagens espaciais, reamostradas em alta resolução (8192 x 4852), com pixel de 0,2m x 0,4m. Dessa forma, consiste em uma importante fonte de dados, que se destaca por sua interface acessível e conteúdo autorizado para usos de fins acadêmicos.

O software ArcGIS possui ferramentas diversas para a interpretação das imagens espaciais estudadas, além de fornecer suas próprias imagens de cenas atualizadas de todo o globo. No presente estudo, o mapa base das comunidades, analisado com auxílio do software ArcGIS, foi otimizado com as imagens de alta resolução obtidas pelo Google Earth, para os diferentes anos (2010, 2015 e 2020). Dessa forma, se pôde assegurar mais precisão no trabalho manual minucioso de contagem das residências.

Destaca-se que a quantidade de dados espaciais de alta qualidade disponibilizados publicamente ainda é limitada. Portanto, para caracterização de um ano de estudo, foram tomadas como base cenas capturadas entre o último semestre do ano anterior, até o primeiro semestre do ano posterior, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Cenas espaciais para a caracterização do ano de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, para cada ano de estudo, foi realizada a quantificação das residências em cada comunidade, pelo processo manual de identificação. As quantificações foram a base do cálculo populacional, realizado na segunda etapa do trabalho. Ressalta-se que o levantamento de dados por sensoriamento remoto limita-se a áreas abertas, de forma que a identificação de construções sob árvores pode ser comprometida, necessitando complementação de campo.

2.4.2 Limitações do SIG

De acordo com Wienand et al. (2009), um dos principais desafios é a qualidade dos dados. Dados imprecisos ou desatualizados podem levar a análises incorretas, comprometendo as decisões baseadas nesses resultados. Além disso, a integração de dados de diferentes fontes pode ser problemática devido a variações nos formatos e padrões dos dados (JAMES et al., 1994).

No presente estudo, o intervalo de análise de 10 anos foi suficiente para que houvesse modificações tanto urbanas (manutenção ou criação de novos domicílios) quanto ambientais (aumento ou redução de vegetação) em cada uma das áreas de estudo. Tal fator, aliado à possíveis instabilidades da qualidade das imagens dos satélites, acabaram por diminuir a precisão final para diferenciar os domicílios subnormais em alguns, prejudicando a acurácia final.

Além disso, a variabilidade nas condições das imagens de satélite, como a resolução espacial, a presença de nuvens e a iluminação, pode afetar a precisão da contagem manual. A complexidade das paisagens urbanas, onde as palafitas estão frequentemente localizadas, adiciona outro nível de dificuldade, pois as construções podem estar densamente agrupadas e camufladas pela vegetação ou outras estruturas (Richards, 2013). Assim, a falta de ferramentas automatizadas de reconhecimento de padrões limita a eficiência e a acurácia do mapeamento de palafitas.

A identificação e contagem manual de palafitas podem levar a inconsistências e imprecisões devido à variabilidade na interpretação visual das imagens, uma vez que o processo humanizado é passível de erros.

Ressalta-se que os dados obtidos por esse método são aproximações, e desconsideram mudanças repentinas nos padrões observados.

A contabilização de palafitas através de imagens de satélite é uma prática que pode ser aprimorada com a complementação de informações in loco, como pesquisas de campo. Embora as imagens de satélite ofereçam uma visão abrangente e contínua das áreas de estudo, elas podem apresentar limitações significativas. Por exemplo, a similaridade dos telhados das residências pode dificultar a diferenciação precisa entre palafitas e outras formas de habitação.

Apesar das limitações, os dados possuem relevante aplicação quando interpretados como estimativas, com o objetivo de direcionar planejamentos em áreas técnicas.

2.4.3 Quantificação e previsão populacional

O número de habitantes na comunidade em cada ano de estudo (2010, 2015 e 2020) foi estimado com base no número de residências levantados na primeira etapa do trabalho. O cálculo foi realizado por estimativa simples, considerando a média de habitantes por residência divulgada pelo IBGE no último censo (com base em 2022), de 2,79 habitantes por residência.

Além disso, foram realizadas as previsões populacionais para os anos de 2025 e 2030, com o objetivo de identificar cenários futuros e seus consequentes impactos para a gestão dos recursos hídricos, e seus objetivos na agenda 2030 estabelecida pela ONU. Para isso, foram utilizados os métodos de previsão populacional aritmético e geométrico, considerando que:

- I. As estimativas foram realizadas para horizontes próximos, em intervalos de cinco anos, o que diminui incertezas em métodos simplificados;
- II. A evolução populacional nas comunidades não apresenta, necessariamente, uma tendência de crescimento e, portanto, o método da curva logística não pôde ser aplicado;
- III. A previsão populacional por mais de um método permite a comparação e validação dos dados obtidos, ponderando a precisão de cada método aplicado.

2.4.3.1 Previsão Populacional

Para fins de gestão de recursos hídricos é importante compreender o atual cenário do problema a ser enfrentado, bem como estimar possíveis impactos futuros. O atual cenário indica os atuais desafios do planejamento, enquanto as estimativas indicam o caminho que se deve seguir para que o plano seja efetivo a longo prazo.

O dado censitário é relevante para a estimativa de demandas e consequente impactos antrópicos no ambiente. Atualmente, o IBGE mantém dados atualizados da média de habitantes por residência do último censo (2,79 hab./residência, ano base em 2022), fornecendo dados para quantificação estimada da população atual em qualquer área, bem como para estimativas futuras.

O ano de 2030 apresenta-se como horizonte de planejamento particularmente importante para os recursos hídricos, sendo a meta de universalização do saneamento (ONU, 2017). Nesse sentido, destacam-se os estudos demandas futuras de necessidade de abastecimento esgotamento sanitário, baseados em previsões populacionais, conforme descrito por Tsutya e Alem Sobrinho (1999), pelos métodos aritmético, geométrico e da curva logística.

2.4.3.2 Método Aritmético

Esse método baseia-se na suposição de que a população aumenta sob a forma de uma progressão aritmética, ou seja, supõe que a população humana cresça a uma quantidade constante por ano, ou seja, evoluindo segundo sua linha reta (SISHS, 2010).

Assim, a partir dos últimos dois censos, é possível prever a população para um ano de projeção t , utilizando as formulações apresentadas nas equações 1 e 2.

$$P = P_2 + k_a * (t - t_2) \text{ [Eq. 1]}$$

Onde:

$$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \text{ [Eq. 2]}$$

Sendo:

t - Ano de projeção

t_1 e t_2 - Anos dos censos, sendo $t_2 > t_1$

P_1 – População no ano t_1

P_2 – População no ano t_2

2.3.2.2 Método Geométrico

Nessa metodologia determina-se o crescimento populacional em função da população existente a cada instante. Geralmente utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão (RODRIGUES, 2013).

Tal método considera que, durante um mesmo espaço de tempo, a população cresce uma mesma porcentagem. Com isso, a partir dos últimos censos, é possível estabelecer uma curva geométrica para encontrar as previsões para o início, meio e fim do horizonte de projeto. A formulação do método é apresentada na equação 3.

$$P = P_2 + e^{kg(t-t_2)} \text{ [Eq. 3]}$$

Onde:

$$kg = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \text{ [Eq. 4]}$$

Sendo:

t - Ano de projeção

t_1 e t_2 - Anos dos censos, sendo $t_2 > t_1$

P_1 – População no ano t_1

P_2 – População no ano t_2

Esses aspectos destacam a necessidade de interpretações cuidadosas e complementações metodológicas, como pesquisas de campo, para garantir maior precisão dos dados. A partir dessas considerações, os próximos resultados e discussões exploram em detalhe os impactos dessas limitações nas análises realizadas, além de oferecer insights sobre a aplicabilidade dos métodos de previsão populacional e sua relevância para o planejamento e gestão sustentável das áreas estudadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro produto obtido e base para todos os cálculos, foi a quantificação de construções em cada comunidade de palafita estudada.

A Figura 4 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 01, 02 e 03).

Figura 4 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais nas comunidades Amazônicas (Cód. 01, 02 e 03)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em 2010, o número contabilizado foi de 215 aglomerados. Em 2015, o valor reduziu para 184. Por fim, em 2020, o valor manteve-se igual, com 184, e uma redução percentual de 14,41% do valor inicial.

Essa redução pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo programas governamentais de reurbanização e políticas públicas voltadas para a melhoria das condições de vida nas áreas de palafitas. Investimentos em infraestrutura e saneamento básico podem ter contribuído para a remoção de palafitas e a realocação de moradores para habitações mais adequadas.

Além disso, a dinâmica econômica e demográfica, como o crescimento econômico em algumas regiões e o deslocamento populacional em busca de melhores oportunidades de emprego e serviços, pode ter influenciado essa mudança. As intervenções ambientais, como a gestão de riscos de enchentes e deslizamentos, também podem ter desempenhado um papel significativo na diminuição do número de aglomerados de palafitas, promovendo áreas mais seguras e habitáveis.

O mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 02) mostrou que em 2010, o número contabilizado foi de 286 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 343. Por

fim, em 2020, o valor aumentou levemente para 345, com um aumento percentual de 20,62% do valor inicial.

Esse aumento significativo pode ser atribuído a uma série de fatores interrelacionados. A urbanização acelerada sem o correspondente planejamento adequado pode ter levado ao crescimento de assentamentos informais, como as palafitas, em áreas urbanas e periurbanas.

A migração de populações rurais para as cidades, em busca de melhores oportunidades de emprego e acesso a serviços, também pode ter contribuído para o crescimento desses aglomerados (MARICATO, 2011; UN-HABITAT, 2020).

A crise econômica que afetou o Brasil durante a última década também pode ter desempenhado um papel significativo, ao limitar os recursos disponíveis para programas de habitação social e aumentar o desemprego e a informalidade (IBGE, 2020).

No mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Amazônica (Cód. 03). Foi verificado que em 2010, o número contabilizado foi de 122 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 143. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 250, com um aumento percentual de 74,82% do valor inicial.

Manaus atrai migrantes de várias regiões em busca de melhores oportunidades econômicas e acesso a serviços urbanos, resultando em uma expansão desordenada (ASSAD, 2006).

Outro fator importante que pode ser uma causa para tal aumento é a ausência de políticas habitacionais efetivas e acessíveis para a população de baixa renda. Muitas famílias, sem alternativas viáveis de moradia, constroem suas casas em áreas de risco, como encostas e margens de rios, características comuns das palafitas em Manaus (BECKER, 2013). A falta de fiscalização na região de Manaus sobre essas ocupações facilita a proliferação de aglomerados subnormais.

A fragmentação das políticas públicas e a falta de coordenação entre os diferentes níveis de governo dificultam a implementação de soluções integradas e sustentáveis na capital do Amazonas (DIAS, 2007).

Além disso, eventos climáticos extremos, como enchentes frequentes, podem agravar a situação ao forçar famílias a se moverem para áreas não regulamentadas em busca de segurança temporária, que muitas vezes se torna permanente.

A Figura 5 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais nas comunidades do Nordeste (Cód. 04, 05 e 06).

Figura 5 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Nordeste (Cód. 04, 05 e 06)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Já no mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Nordeste (Cód. 04). Em 2010, o número contabilizado foi de 25 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 65. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 96, com um aumento percentual de 284% do valor inicial.

Recife atrai migrantes de áreas rurais e outras regiões do Nordeste (em especial, de outros municípios de Pernambuco) em busca de melhores oportunidades econômicas e de serviços urbanos, o que resulta em um crescimento desordenado e na formação de novos assentamentos informais (IBGE, 2010). Além disso, a falta de políticas habitacionais eficazes para atender à crescente demanda por moradias acessíveis na capital de Pernambuco força muitas famílias a ocuparem áreas de risco ou ambientalmente sensíveis, como encostas e margens de rios (IBGE, 2019).

O mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Nordeste (Cód. 05), mostra que em 2010, o número contabilizado foi de 314 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 525. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 663, com um aumento percentual de 111,15% do valor inicial.

As possíveis causas para o aumento do número de aglomerados subnormais em São Luís, Maranhão, são similares às causas de Recife, pelo fato de ambos os municípios serem respectivas capitais de seus Estados, atraindo famílias que buscam melhores condições de vida, porém enfrentam uma realidade diferente.

Entretanto no mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Nordeste (Cód. 06)., constatou que em 2010, o número contabilizado foi de 124 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 135. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 162, com um aumento percentual de 30,64% do valor inicial.

Olinda, como parte da Região Metropolitana do Recife, atraiu pessoas de áreas rurais e de outras regiões do estado em busca de melhores oportunidades de emprego, educação e acesso a serviços urbanos (IBGE, 2010; IBGE, 2019). Além disso, a expansão urbana e o desenvolvimento de infraestrutura em áreas anteriormente menos desenvolvidas contribuíram para acomodar o aumento populacional.

A Figura 6 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais das comunidades do Sudeste (Cód. 07, 08 e 09).

Figura 6 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade no Sudeste (Cód. 07, 08 e 09)



Fonte: Elaborado pelos autores.

No mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Sudeste (Cód. 08).Em 2010, o número contabilizado foi de 594 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 777. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 1055, com um aumento percentual de 77,61% do valor inicial.

O município de Guarujá-SP recentemente vem abordando políticas para reduzir a quantidade de palafitas na região. Segundo a Prefeitura do Guarujá (2024), 18 mil pessoas estão residindo atualmente em 4500 palafitas no canal do estuário do município.

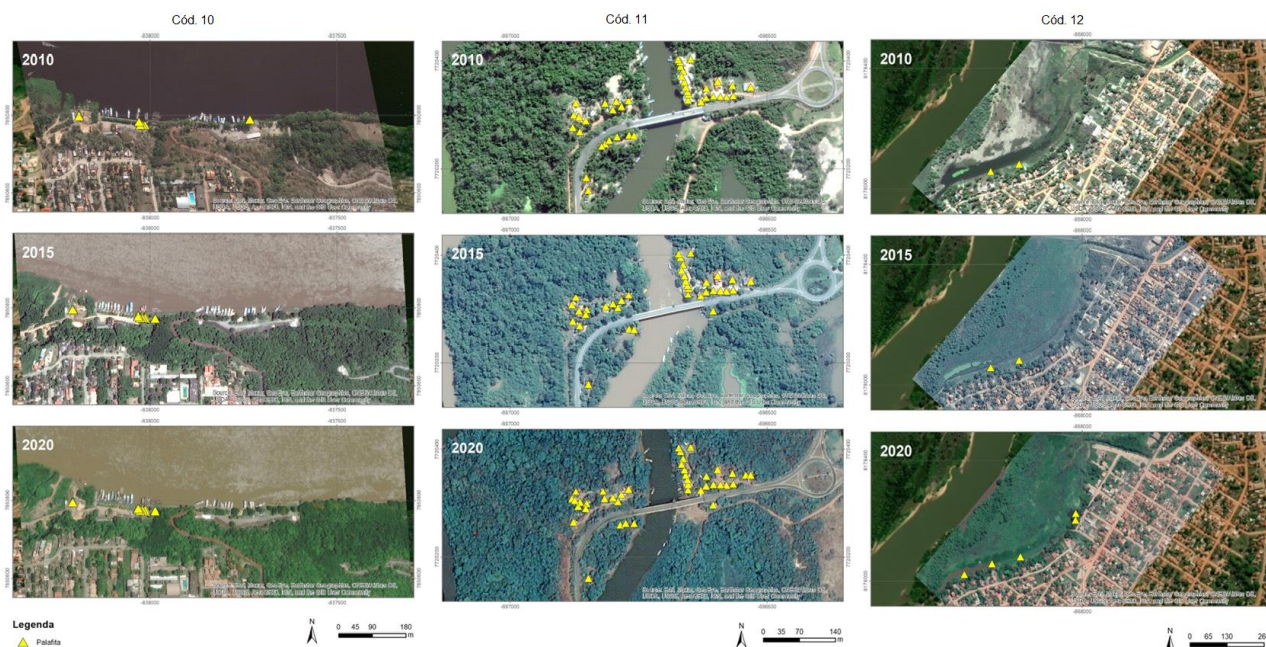
Em 2024, foram implementadas iniciativas de realocação que resultaram na remoção de 580 famílias das áreas de palafitas, com a entrega de novas habitações (Prefeitura do Guarujá, 2024). O sucesso dessa iniciativa ressalta a importância de um planejamento urbano integrado, que contemple não apenas a questão habitacional, mas também a sustentabilidade ambiental e a integração social dos moradores realocados.

Já no mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Sudeste (Cód. 09). Em 2010, o número contabilizado foi de 50 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 58. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 63, com um aumento percentual de 26% do valor inicial.

A intensa especulação imobiliária contribui para a expulsão de milhões de moradores de baixa renda das áreas centrais para as periferias e favelas no município de Rio de Janeiro-RJ. Nessas regiões, eles enfrentam inundações, deslizamentos e diversos riscos, resultando em graves doenças, especialmente relacionadas à falta de saneamento básico (FERREIRA, 2009).

A Figura 7 representa o mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Centro-Oeste (Cód. 10, 11 e 12).

Figura 7 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais nas comunidades do Centro-Oeste (Cód. 10, 11 e 12)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos aglomerados subnormais na comunidade Centro-Oeste (Cód. 10). Em 2010, o número contabilizado foi de 17 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 26. Por fim, em 2020, o valor manteve-se constante, com 26, com um aumento percentual de 52,94% do valor inicial.

As palafitas em Corumbá, no estado de Mato Grosso do Sul, estão localizadas principalmente às margens do Rio Paraguai, no Pantanal. As palafitas são encontradas em áreas como a região do Porto Geral e outras comunidades ribeirinhas.

Para os aglomerados subnormais na comunidade Centro-Oeste (Cód. 11). Em 2010, o número contabilizado foi de 40 aglomerados. Em 2015, o valor reduziu para 36. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 40, igual ao valor inicial.

Em Miranda, no estado de Mato Grosso do Sul, as palafitas estão localizadas principalmente nas margens dos rios, principalmente do Rio Miranda, e áreas sujeitas a inundações no Pantanal.

No mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Centro-Oeste (Cód. 12) observou-se que em 2010, o número contabilizado foi de 2 aglomerados. Em 2015, o valor manteve-se 2. Por fim, em 2020, o valor aumentou para 5, com aumento percentual de 150%.

As palafitas em Cáceres, Mato Grosso, estão localizadas principalmente ao longo das margens do Rio Paraguai, em áreas sujeitas a inundações frequentes.

Na Figura 8 representa os mapeamentos das quantidades de aglomerados subnormais nas comunidades do Sul (Cód. 13, 14 e 15).

Figura 8 - Mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidades no Sul (Cód. 13,14 e 15)



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o (cód. 13) é notado que em 2010, o número contabilizado foi de 45 aglomerados. Em 2015, o valor reduziu para 44. Por fim, em 2020, o valor aumentou para 45. As palafitas em São Francisco do Sul estão principalmente às margens da Baía Babitonga.

Já nos aglomerados subnormais na comunidade Sul (Cód. 14). Em 2010, o número contabilizado foi de 94 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 125. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 137, com um aumento percentual de 45,74%.

Em Laguna, Santa Catarina, as palafitas são comuns nas margens da Lagoa de Santo Antônio dos Anjos.

O mapeamento da quantidade de aglomerados subnormais na comunidade Sul (Cód. 15), demonstra que em 2010, o número contabilizado foi de 112 aglomerados. Em 2015, o valor aumentou para 151. Por fim, em 2020, o valor aumentou novamente para 161, com um aumento percentual de 43,75%.

As palafitas em Porto Alegre são comumente construídas na Ilha dos Marinheiros, sobre o Lago Guaíba.

Após expor acima o comportamento dos conglomerados e com a projeção dos dados obtidos para população nos anos de base, foram estimadas as populações para os horizontes de planejamento 2025 e 2030, por métodos distintos, conforme apresentado na Tabela 2. Foram constatadas maiores discrepâncias entre os dois métodos quando calculadas previsões para regiões que apresentaram maiores crescimento mais acentuado nos anos base. Tal fato ocorre devido à característica do método aritmético de ajustar-se a uma função linear, enquanto o método aritmético considera que a tendência do crescimento se mantém ao longo dos anos.

Tabela 2 - Previsão populacional para as comunidades de estudo – Horizontes 2025 e 2030

Região	Cód. Palafita	Previsão populacional [hab.] método aritmético		Previsão populacional [hab.] método geométrico	
		2025	2030	2025	2030
Norte	1	514	514	514	514
	2	969	975	969	975
	3	997	1296	1221	2136
Nordeste	4	354	440	395	581
	5	2235	2620	2336	2950
	6	527	602	542	650
Sudeste	7	5489	6424	5731	7211
	8	3720	4496	3998	5429
	9	190	204	191	208
Centro-Oeste	10	26	26	26	26
	11	123	134	124	138
	12	22	30	33	76
Sul	13	129	132	129	132
	14	417	451	420	461
	15	478	506	480	511

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Região Norte, a previsão populacional mostra estabilidade na palafita 1, com a população permanecendo constante em 514 habitantes de 2020 a 2030. Isso sugere uma ausência de crescimento, contrastando com a palafita 3, onde a população deve aumentar significativamente de 698 em 2020 para 2136 em 2030, indicando uma rápida expansão. Já a palafita 2 apresenta um crescimento mais moderado, passando de 963 para 975 habitantes no mesmo período.

No Nordeste, a palafita 4 mostra um aumento contínuo de 268 habitantes em 2020 para 581 em 2030. A palafita 5 também se destaca com um crescimento de 1850 para 2950 habitantes, reforçando uma tendência de expansão constante. A palafita 6, por sua vez, apresenta um aumento mais leve, de 452 para 650 habitantes, sugerindo um crescimento moderado.

A Região Sudeste é marcada por um crescimento expressivo, especialmente na palafita 7, que passa de 4554 habitantes em 2020 para 7211 em 2030, mantendo-se como a mais populosa. A palafita 8 também se destaca, com a população aumentando de 2944 para 5429, demonstrando uma expansão acelerada. Em contraste, a palafita 9 apresenta um aumento menor, de 176 para 208 habitantes, refletindo um crescimento mais contido.

No Centro-Oeste, as palafitas 10 e 11 permanecem praticamente estáveis, com pouca variação populacional. A palafita 12, embora mostre um crescimento modesto de 26 para 28 habitantes, indica uma tendência de estagnação populacional, destacando-se como uma área de crescimento limitado.

Por fim, na Região Sul, a palafita 13 mostra um crescimento sólido, passando de 383 para 533 habitantes. A palafita 14 também apresenta um aumento moderado, de 420 para 461, enquanto a palafita 15 vê sua população crescer de 450 para 511, reforçando uma tendência de crescimento constante na região.

Como pode ser notado nesse estudo o consumo de água no Brasil tem aumentado devido à urbanização acelerada e ao crescimento populacional. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o consumo médio per capita de água nas áreas urbanas passou de 150 litros por habitante/dia em 2010 para 154 litros em 2019 (SNIS, 2020).

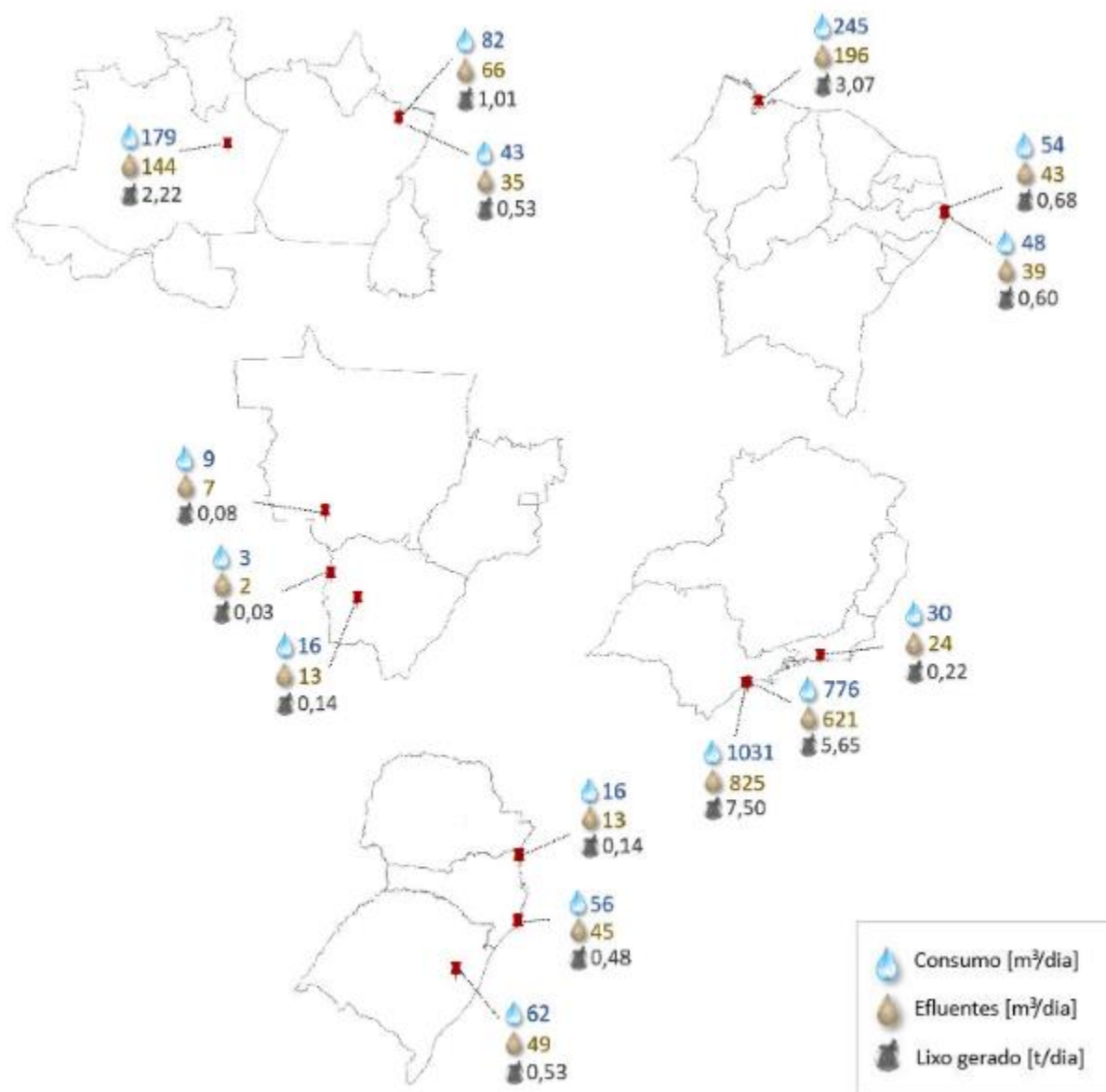
Paralelamente, a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil também tem crescido: conforme o relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), o Brasil gerou cerca de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2018, um aumento de 1% em relação ao ano anterior (ABRELPE, 2019).

Dessa forma, constata-se maior tendência de evolução dessas comunidades em regiões metropolitanas, densamente povoadas. Para as comunidades estudadas, o avanço dessas habitações sobre as águas não guarda relação com a região do país em que se encontram, mas com o padrão local de ocupação, tendo maior evolução em grandes centros urbanos, principalmente em capitais e arredores.

O crescimento populacional em regiões metropolitanas, especialmente em capitais e centros urbanos, pode impulsionar o aumento de palafitas. Fatores como a urbanização acelerada nesses centros, o custo elevado de moradia e a deficiência das políticas públicas podem aumentar ainda mais esse fenômeno.

A relação entre os cálculos e projeções populacionais com os parâmetros encontrados na literatura possibilitou a estimativa dos cenários atual e futuro para impactos gerados na demanda de abastecimento, lançamento de efluentes e geração de lixo nas comunidades estudadas. A figura 9, enfatiza os desafios a serem enfrentados no horizonte de planejamento (2030).

Figura 9 - Projeção de consumo e retorno para a todas as regiões para as comunidades pesquisadas em 2030



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na palafita 1, o consumo de água se mantém constante em 43 m³/dia de 2020 a 2030, assim como o retorno de efluentes, que permanece em 35 m³/dia. A geração de lixo também se mantém estável em 0,53 t/dia, indicando pouca mudança nos padrões de consumo e retorno.

A palafita 2 apresenta um ligeiro aumento no consumo de água, de 81 m³/dia em 2020 para 82 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes e a geração de lixo seguem essa tendência, aumentando para 66 m³/dia e 1,01 t/dia, respectivamente, o que sugere um crescimento populacional moderado.

Na palafita 3, há um aumento significativo no consumo de água, de 59 m³/dia em 2020 para 179 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes sobe de 47 m³/dia para 144 m³/dia, e a geração de lixo aumenta de 0,73 t/dia para 2,22 t/dia, indicando um crescimento expressivo na demanda por recursos.

A palafita 4 mostra um aumento no consumo de água de 22 m³/dia em 2020 para 48 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes também cresce, de 18 m³/dia para 39 m³/dia, e a geração de lixo sobe de 0,28 t/dia para 0,60 t/dia, refletindo um aumento gradual na demanda.

Na palafita 5, o consumo aumenta de 154 m³/dia em 2020 para 245 m³/dia em 2030, com o retorno de efluentes e a geração de lixo aumentando para 196 m³/dia e 3,07 t/dia, respectivamente. Isso sugere uma forte expansão populacional e um aumento significativo na geração de resíduos.

A palafita 6 apresenta um crescimento no consumo de água de 38 m³/dia para 54 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes aumenta de 30 m³/dia para 43 m³/dia, enquanto a geração de lixo cresce de 0,47 t/dia para 0,68 t/dia, indicando um crescimento moderado.

Na palafita 7, o consumo de água cresce significativamente de 651 m³/dia em 2020 para 1031 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes aumenta de 521 m³/dia para 825 m³/dia, e a geração de lixo sobe de 4,74 t/dia para 7,50 t/dia, sugerindo uma alta densidade populacional e aumento na geração de resíduos.

A palafita 8 apresenta um aumento no consumo de 421 m³/dia para 776 m³/dia em 2030. O retorno de efluentes e a geração de lixo também crescem significativamente, refletindo uma expansão rápida da comunidade e aumento na demanda por recursos.

Na palafita 9, o consumo de água aumenta ligeiramente de 25 m³/dia para 30 m³/dia, com o retorno de efluentes permanecendo estável em 22 m³/dia e a geração de lixo aumentando marginalmente, sugerindo estabilidade populacional.

A palafita 10 mostra um crescimento no consumo de água de 3 m³/dia para 4 m³/dia em 2030, com retorno de efluentes e geração de lixo permanecendo estáveis, indicando uma baixa densidade populacional.

Na palafita 11, o consumo de água aumenta de 12 m³/dia para 16 m³/dia, com o retorno de efluentes crescendo para 13 m³/dia e a geração de lixo subindo para 0,14 t/dia, mostrando uma leve tendência de crescimento populacional.

A palafita 12, com consumo de água subindo de 2 m³/dia para 3 m³/dia, apresenta um crescimento muito modesto, com pouco impacto no retorno de efluentes e geração de lixo.

Na palafita 13, o consumo de água aumenta de 16 m³/dia para 24 m³/dia em 2030, com o retorno de efluentes e a geração de lixo crescendo para 19 m³/dia e 0,29 t/dia, respectivamente, indicando um crescimento significativo.

A palafita 14 apresenta um aumento no consumo de 13 m³/dia para 20 m³/dia, com o retorno de efluentes subindo para 16 m³/dia e a geração de lixo para 0,24 t/dia, refletindo uma expansão moderada.

Por fim, a palafita 15 mostra um aumento de consumo de água de 54 m³/dia para 65 m³/dia, com um retorno de efluentes crescendo para 53 m³/dia e a geração de lixo aumentando para 0,53 t/dia, indicando uma expansão contínua.

Assim, as comunidades identificadas com maior impacto, em cada região, foram:

- I) Região Norte: comunidade formada em Manaus - AM (Cód. 3);
- II) Região Nordeste: comunidade formada em São Luís – MA (Cód. 5);
- III) Região Sudeste: comunidades formadas em São Vicente – SP e Guarujá – SP (Cód. 7 e 8, respectivamente);
- IV) Região Centro-Oeste: comunidade formada em Miranda – MS (Cód. 11), entretanto, com impacto consideravelmente menor quando comparada as demais regiões.
- V) Região Sul: Comunidade formada em Porto Alegre – RS (Cód. 15).

Ressalta-se também que, no período de 2023 e 2024, a região Norte enfrentou uma forte seca, impulsionada por fenômenos como o El Niño e o aquecimento do Oceano Atlântico, sendo considerada uma das piores da história. A redução significativa das chuvas e o aumento das temperaturas resultaram em baixos níveis dos rios, afetando o abastecimento de água e a navegação fluvial, essenciais para a economia e o transporte na região.

A seca teve impactos devastadores nas comunidades ribeirinhas, que dependem dos rios para a pesca, a agricultura e o abastecimento de água. A falta de água potável e a escassez de alimentos contribuíram para a insegurança alimentar, agravando a situação socioeconômica das famílias locais (ANDRADE, 2024). Além disso, a seca intensificou a vulnerabilidade das palafitas, que dependem diretamente dos recursos hídricos.

Os crimes ambientais, como desmatamento e queimadas, agravam a situação, contribuindo para o desequilíbrio ecológico e o agravamento das condições climáticas. Essas atividades ilegais reduzem a

capacidade de recuperação dos ecossistemas, aumentando a frequência e a intensidade de eventos climáticos extremos.

Apesar da região de Manaus apresentar uma tendência relevante de crescimento ao longo dos anos, o mesmo é identificado na região Sudeste, especialmente no litoral de São Paulo.

A região Sudeste, por apresentar padrões de consumo consideravelmente elevados em relação média do país, apresenta, portanto, as maiores tendências de impacto, sobressaindo como a região que mais necessita de planejamento para essas demandas.

A tendência mais preocupante foi identificada na região Sudeste. A região Centro-Oeste destacou-se como a menos impactada por palafitas, em acordo com o padrão identificado, uma vez que trata-se de uma região, majoritariamente rural e que não concentra altas densidades populacionais (com exceção das capitais e polos urbanos). A região Sul apresenta padrões similares às demais comunidades que não apresentaram tendências extremas.

Para amenizar o impacto no consumo de água, a implementação de sistemas de captação e reutilização de água da chuva pode auxiliar a reduzir significativamente a demanda por água potável, aliviando a pressão sobre os recursos hídricos locais. Programas de educação ambiental também podem ser efetivos para promover o uso consciente da água e sensibilizar as comunidades sobre a importância da conservação dos recursos naturais.

Com relação ao retorno de efluentes, pode-se inferir que o tratamento inadequado de esgoto é um dos principais problemas nas palafitas. A instalação de sistemas de tratamento descentralizado, como fossas sépticas biodigestoras e *wetlands* construídos, pode ser uma solução viável e de baixo custo. Além disso, iniciativas de parcerias público-privadas (PPPs) podem atrair os investimentos necessários para o desenvolvimento de sistemas de água e esgoto, garantindo tarifas acessíveis para as comunidades de baixa renda.

A implementação de programas de coleta seletiva e compostagem pode reduzir substancialmente a quantidade de resíduos que são descartados diretamente nos cursos hídricos. Além disso, sistemas de coleta seletiva, combinados com cooperativas de catadores, podem criar empregos e reduzir a quantidade de resíduos.

Finalmente, o planejamento urbano integrado é crucial para a inclusão das palafitas nas políticas públicas de desenvolvimento urbano. Isso envolve a regularização fundiária e a provisão de infraestrutura básica, como água potável, esgoto e coleta de lixo. Governos locais podem auxiliar implementando incentivos para promover práticas sustentáveis nas palafitas. Isso pode incluir subsídios para tecnologias de eficiência hídrica e isenções fiscais para empresas que investem em infraestrutura de saneamento.

4 CONCLUSÃO

A contabilização manual das construções em regiões de palafitas permitiu concluir que, nas Regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, 2 das 3 áreas analisadas por região sofreram um aumento no número total de construções de palafitas. Ademais, todas áreas de estudo das Regiões Nordeste e Sudeste apresentaram um aumento no total de palafitas.

Portanto, a análise das 15 áreas de estudo de palafitas permitiu inferir que 12 possuíram um crescimento em termos de aglomerados subnormais, representando 80% do total analisado.

De maneira similar, a análise de previsão populacional demonstrou um crescimento populacional em todas as regiões, com destaques para o Sudeste e o Nordeste, sendo a palafita 7 (São Vicente-SP) no Sudeste a mais populosa ao longo do período analisado.

Através da análise dos resultados obtidos, pode-se concluir que as regiões destacadas pelo aumento populacional excessivo estão localizadas no Amazonas (206%), Pará (59%) e São Paulo (84% e 58%), locais que se notou características iniciais em comum com densa população (referente a 2020) e uma tendência significativa de crescimento até o período de planejamento em 2030.

As projeções indicam um aumento geral no consumo de água e na geração de efluentes e lixo nas comunidades estudadas. Algumas áreas, como as palafitas 3 (Manaus-AM) e 7 (São Vicente-SP), apresentam crescimento elevado, enquanto outras, como as do Centro-Oeste, mantêm-se praticamente estáveis.

Em termos de estimativa de impactos ao longo do tempo, constatou-se que em regiões constituídas por metrópoles encontra-se uma maior tendência de evolução das comunidades de palafitas. Este resultado indica que o padrão de local de ocupação (regiões altamente populosas com alta densidade populacional) é extremamente relevante no grau de crescimento das comunidades de palafitas.

De todas as regiões analisadas, a Região Sudeste (com os municípios de São Vicente-SP, Guarujá-SP e Rio de Janeiro-RJ) apresentou um maior risco e, conseqüentemente, uma situação mais preocupante considerando sua tendência para os anos futuros. Tal Região reúne as características de alta tendência de crescimento, e grande volume de consumo e retorno, além de lixo produzido.

O aumento das palafitas nas regiões metropolitanas e urbanas do Brasil é um desafio complexo que requer soluções integradas e sustentáveis. A combinação de tecnologias de eficiência hídrica, sistemas descentralizados de tratamento de esgoto, programas de coleta seletiva e educação ambiental pode transformar a realidade dessas comunidades.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. O. **Seca que afetou a Amazônia em 2023 causou a maior queda nos níveis dos rios já registrada, e está relacionada a mudanças climáticas**. Jornal da UNESP. 2024. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2024/04/24/seca-queafetou-a-amazonia-em-2023-causou-a-maior-queda-nos-niveis-dos-rios-jaregistrada-e-esta-relacionada-a-mudancas-climaticas-mostra-estudo/>. Acesso em: 10 jun. 2024.

ASSAD, T.M. **A problemática das “invasões” na cidade de Manaus: Perspectivas de legalização fundiária à luz do estatuto da cidade**. In: Anais XV Congresso Nacional do CONPED, Manaus/AM, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018**. São Paulo. 2019.

BECKER, B.K. **Surtos de Crescimento de Manaus**. Espaço Aberto, PPGG UFRJ, v. 3, n. 1, p. 19-44, 2013.

BIRKMANN, J., CARDONA, O.D., CARREÑO, M.L., BARBAT, A.H., PELLING, M., SCHNEIDERBAUER, S. & WELLE, T. **Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework**. Natural Hazards, v. 67, n. 2, pp. 193-211, 2013.

CUTTER, S. L., BORUFF, B. J., SHIRLEY, W. L. **Social vulnerability to environmental hazards**. Social Science Quarterly, 84(2), 242-261, 2003.

DIAS, E.M. **Análise multitemporal da expansão urbana da cidade de Manaus, Amazonas, utilizando imagens de satélite**. 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=000000000>. Acesso em: 11 jun. 2024.

FERREIRA, A. **Favelas no Rio de Janeiro: nascimento, expansão, remoção e, agora, exclusão através de muros**. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, v. XIV, n. 828, 25 jun. 2009.

FLANAGAN, B., GREGORY, E., HALLISEY, E., HEITGERD, J., LEWIS, B. A **Social Vulnerability Index for disaster management**. Journal of Homeland Security and Emergency Management, v. 8, n. 1, p. 3, 2011.

GONZAGA, M.R., COSTA, J. V. **Compressão da mortalidade: tendências e diferenciais regionais na variabilidade da idade à morte no Brasil 1980-2010**. In: VII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Anais [...]. Foz do Iguaçu: Abep, 2016.

GUIMARÃES, C.R. **Cidades latino-americanas convivem cada vez mais com urbanização e desordem física e social**. SciELO em Perspectiva | Press Releases, 2023. Disponível em: <https://pressreleases.scielo.org/blog/2023/11/13/cidades-latinoamericanas-convivem-cada-vez-mais-com-urbanizacao-e-desordem-fisica-e-social/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

GUTIÉRREZ, R. **Modelos e imaginarios europeos en urbanismo americano 1900- 1950**. Revista de Arquitectura [online]. 1996, v. 7, n. 8, pp. 2-3. e-ISSN: 0719-5427.

HARDOY, J.E. **Urbanization in Latin America: approaches and issues**. New York: Anchor Press, 1975.

HUMMEL, B., CUTTER, S., EMRICH, C. **Social vulnerability to natural hazards in Brazil**. International Journal of Disaster Risk Science, v. 7, n. 2, pp. 111-122, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Aglomerados Subnormais: Primeiros Resultados**. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=792>. Acesso em: 3 out 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cartas e Mapas Temáticos**. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-emapas/mapas-tematicos.html>. Acessado em: 3 out 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010: Características da população e dos domicílios**. 2010. Disponível em:

https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf. Acesso em: 3 out 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2020: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. Rio de Janeiro: IBGE. 2021. Disponível em: <https://censo2020.ibge.gov.br/caracteristicas-gerais-da-populacao.html>. Acesso em: 3 out 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022: população e domicílios**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=2102011>. Acesso em: 3 out 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 2020**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/soaviciente.html>. Acesso em: 3 out 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-depopulacao.html>. Acesso em: 3 out 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Favelas e Comunidades Urbanas**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 3 out 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Subnormal Agglomerates**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/indicadores>. Acesso em: 3 out 2024.

JAMES, C.R.; JOHNSON, K.E.; STEWART, E.H. **Water quality information: a watershed management plan for the San Francisco** Water Department. 1994.

MAGALHÃES, A.S., et al. **Desordem física e social da vizinhança em cidades da América Latina: revisão de escopo**. Cad. de Saúde Pública, v. 39, n. 9, e00038423, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/sFBJSyBtYHFP4GHZPBKf5LM/>. Acesso em: 13 fev. 2023.

MARICATO, E. **O Impasse da Política Urbana no Brasil**. Petrópolis: Vozes, 2011.

MARICATO, E. **Para entender a crise urbana**. São Paulo: Expressão Popular, 2011.

PAIM, J. S., et al. **Saúde urbana: avaliação de experiências de promoção da saúde em cidades brasileiras**. Scielo, 2011. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/4ndgv/pdf/paim-9788575413593.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2023.

PREFEITURA DO GUARUJÁ. **Remoção de 580 famílias que viviam em palafitas recebe premiação nacional**. 2024. Disponível em: <https://www.guaruja.sp.gov.br/remocao-de-580-familias-que-viviam-em-palafitasrecebe-premiacao-nacional>. Acesso em: 5 de junho de 2024.

RASHID, S., et al. **A critical review on phytoremediation of environmental contaminants in aquatic ecosystem**. Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12210-023-01169-x>. Acesso em: 13 fev. 2023.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis**. 5. ed. New York: Springer, 2013.

RODRIGUES, B. G.. **Estudo de Concepção Para Ampliação do Subsistema EBAT Balneários**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

ROLNIK, R. **Guerra dos Lugares: A Colonização da Terra e da Moradia na Era das Finanças**. São Paulo: Boitempo, 2015.

SISHS. Secretaria de Infraestrutura Superintendência de Habitação e Saneamento. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Caderno 03 - Prognóstico do PMGIRS. Florianópolis: SISHS, 2010

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). (2020). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2019**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional.

TSUTYA, M.T., & ALEM SOBRINHO, P. **Projeção Populacional: Métodos Aritmético, Geométrico e da Curva Logística**. Universidade de São Paulo, 1999. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001038409>. Acesso em: 13 fev. 2024.

UN-Habitat. **World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization**. United Nations Human Settlements Programme, 2020. Disponível em: <https://unhabitat.org/World-Cities-Report-2020>. Acesso em: 14 fev. 2024.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goals: 17 Goals to Transform Our World**. United Nations. 2017. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals> Acesso em: 02 de nov. de 2022.

WIENAND, I.; NOLTING, U.; KISTEMANN, T. **Using Geographical Information Systems (GIS) as an instrument of water resource management: a case study from a GISbased Water Safety Plan in Germany**. 2009.

ZAID, A., et al. **Concerns and Threats of Contamination on Aquatic Ecosystems**. In: **Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and perspectives** I. Springer, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-35691-0_1. 14 fev. 2024.

LIVRO DE RESUMOS



4º CONGRESSO INTERNACIONAL DE **ENGENHARIA AMBIENTAL**

– EDIÇÃO LUSO-BRASILEIRA –



COIMBRA, PORTUGAL - 2025

Editores

M. Isabel P. de Lima
João L. M. P. de Lima
Cristiano Poletto

Departamento de Engenharia Civil
Faculdade e Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

4º Congresso Internacional de Engenharia Ambiental

Livro de Resumos

7 a 9 de julho, 2025

Coimbra, Portugal

Editado por:

M. Isabel P. de Lima

João L. M. P. de Lima

Cristiano Poletto

Organizado por:

Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra

MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente / ARNET – Rede de Investigação Aquática



UNIVERSIDADE DE
COIMBRA



4º Congresso Internacional de Engenharia Ambiental

Livro de Resumos

7 a 9 de julho 2025, Coimbra, Portugal

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil

Editores: M. I. P. de Lima, J. L. M. P. de Lima e C. Poletto

ISBN: 978-989-33-7993-6

Versão impressa com o apoio de Águas do Centro Litoral, S.A.



PROPOSTA DE REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO PARA A UGRHI-18 COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO PARA CRISES HÍDRICAS

Caroline Sperandio¹, Lucas Menezes Felizardo¹, Jefferson Nascimento de Oliveira¹

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Brasil;
emails: caroline.sperandio1@unesp.br; lucas.felizardo@unesp.br; jefferson.nascimento@unesp.br

Palavras-chave: Hidrometria; Instrumentação hidrológica; Rede complementar.

Introdução

Conforme previsto no Art. 5º, inc. VI, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, o sistema de informações é instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos. A mesma lei, em seu Art. 25º atribui a esse sistema a função de coleta das informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Nesse sentido, Santos (2001) enfatiza que o planejamento da rede deve proporcionar a possibilidade de avaliação da variabilidade das características hidrológicas, especificamente, para a região que se propõe monitorar. Portanto, não é possível estabelecer um padrão espacial de distribuição ou uma configuração permanente da rede, sendo necessárias revisões periódicas para adequação de sua disposição conforme a identificação de mudanças de comportamento ambientais.

Por esses motivos, neste trabalho, buscou-se avaliar as condições atuais da UGRHI-18, não só dos parâmetros hidrológicos, mas também aqueles associados à sua geografia e sociedade, para que se pudesse identificar os pontos de déficit da sua atual rede de monitoramento hidrológico, buscando complementá-la para uma densidade adequada às prioridades de monitoramento identificadas na avaliação hidrológica da UGRHI-18. Cabe ressaltar que as análises realizadas são válidas para as condições atuais da UGRHI-18. Porém, uma vez estabelecida a metodologia, as estimativas podem ser refinadas, futuramente, na possibilidade de se contar com maior quantidade e qualidade de dados.

O presente trabalho integra a linha de pesquisa de "Metodologias para Implementação dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos", e enquadra-se nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, sendo eles: Água Potável e Saneamento; Indústria, Inovação e Infraestrutura e Ação Contra a Mudança Global do Clima.

Materiais e Métodos

O procedimento adotado para avaliação dos objetivos necessários ao monitoramento hidrológico da UGRHI-18 pode ser definido, de forma abrangente, como uma atividade de caracterização. Portanto, foram analisadas características físicas, com análise topográfica e uso e ocupação do solo, com o auxílio de imagens espaciais, características sociais, com levantamento populacional e de atividades econômicas, e características hidrológicas, para obtenção da distribuição espacial da chuva média anual.

Para viabilizar as análises hidrológicas, foram utilizados postos pluviométricos dentro e fora da área de estudo, com série histórica de mais de 30 anos de dados de médias mensais completos ou passíveis de correção. Quando

necessário, as correções foram realizadas pelo método da ponderação regional. Posteriormente, os dados coletados foram submetidos à análise de consistência para validação de sua representatividade. Devido à restrição verificada nos dados fluviométricos disponibilizados, as análises de vazões ficam restritas no tempo e no espaço, uma vez que o posto com a maior série de dados disponíveis ainda possui um período de registro curto, e está localizado na região do Alto SJD, não contabilizando a maior parte da contribuição da bacia.

A análise dos dados da rede existente é particularmente importante para o projeto da rede complementar, fornecendo uma estimativa da distribuição espacial da precipitação que, unida as caracterizações física e social, indicaram as prioridades de monitoramento para a região. Com as necessidades de monitoramento identificadas, se pôde evoluir para o projeto da rede de monitoramento pluviométrico complementar. A primeira etapa do projeto de reconformação da rede existente seguiu a sequência do fluxograma de análise de replanejamento de rede proposto pela WMO (2008), desde a identificação de propósitos, até a avaliação da rede atualmente existente. Para tanto, foram utilizados os diferentes critérios de suficiência verificados na literatura, a saber:

- i) Critério WMO de densidade mínima (WMO, 2008);
- ii) Critério inglês de densidade mínima (DEFRA, 2003);
- iii) Critério do número ótimo de estações (BIS, 1994).

Dessa forma buscou-se identificar o déficit da espacialização das estações existentes para a constituição de uma rede básica, bem como, seu potencial de evolução ao longo do tempo, para se transformar em uma rede mais completa. Nessa etapa, portanto, foi definido o número de estações necessário para complementar a rede. A segunda etapa consistiu na espacialização dos novos pontos de observação propostos para pluviometria.

Resultados e Discussões

Por meio da caracterização física da UGRHI-18 foi possível constatar que se trata de uma região de topografia relativamente regular, sem singularidades relevantes no relevo, sendo um terreno ondulado. Além disso, sua característica alongada favorece a contenção de enchentes. Se constatou, então, que as condições do relevo colaboram para escoamentos graduais, de velocidade moderada. A caracterização social da área de estudo apontou uma região majoritariamente rural, com municípios pequenos, sendo que os mais populosos abrigam menos de 100 mil habitantes. A avaliação de uso e ocupação do solo corroborou com a característica social verificada, indicando uma região majoritariamente usada para atividades agropecuárias.

Na avaliação pluviométrica, o principal padrão identificado foi o de precipitações mais baixas nas zonas mais urbanizadas, especificamente, nas regiões dos municípios de Jales, Santa Fé do Sul e Ilha Solteira. De forma análoga, foram constatadas maiores alturas de chuva para regiões em que a urbanização é inexistente ou muito baixa.

A verificação dos padrões de vazão foi consideravelmente prejudicada pela limitação na disponibilidade de dados. O número e posicionamento dos postos não favoreceram a análise dos dados. Ainda, foi verificado que o último posto em operação na UGRHI-18 (7B-006), após um longo período de dados falhos (1982-2020), não teve nenhum dado registrado para o ano de 2021. A título de comparação, foram analisadas as médias mensais dos postos Cabrito e Nhandeara/Votuporanga para o curto histórico de dados disponível. Porém, se ressalva que esses dados não representam a contribuição total da bacia, apenas se buscou identificar tendências de variações temporais nas vazões. Para ambos os postos analisados, foi verificado uma variação proporcional ao volume de chuvas. Porém, a relação temporal entre chuva e vazão não pode ser estabelecida, considerando a limitação dos dados.

Para avaliação da necessidade de adequação da rede de monitoramento pluviométrico, foram calculadas as densidades de drenagem atual de cada sub-bacia. A partir desse resultado, foi possível estimar a quantidade de postos adicionais necessários em cada região para suprir a necessidade de monitoramento, de acordo com os diferentes critérios avaliados. Para o cálculo conforme o critério ótimo foram avaliados diferentes cenários, considerando os dados das estações existentes. O número ótimo de estações foi calculado considerando totais históricos de chuva, médias anuais e médias mensais. O método não se mostrou eficaz para aplicação na área de estudo, uma vez que considera relação diretamente proporcional com a estatística de variância. Dessa forma, como a área de estudo caracteriza-se por topografia relativamente regular e baixa variação espacial de totais precipitados, a tendência do método é indicar a necessidade de apenas uma estação para toda a área da UGRHI-18.

Pelo método WMO foi obtido um resultado modesto quantitativamente, porém, expressivo para a região, considerando que as seis estações adicionais necessárias, conforme resultado, dobrariam o total existente. O método apresentou-se satisfatório para a proposta de rede básica, ponderando a densidade em função da topografia que, por sua vez, tem influência direta na variabilidade espacial da precipitação. A base de cálculo se mostrou mais adequada a regiões com baixa variabilidade espacial no regime de precipitação, resultando em 9 estações adicionais.

Por fim, o método DEFRA apresentou resultados mais expressivos em termos quantitativos, prevendo uma rede mais robusta e, portanto, mais adequada para dados aplicáveis à análises complexas. Conforme resultados para o método, são necessárias 51 novas estações uniformemente distribuídas pela UGRHI-18 para que se possa construir uma sólida base de dados para a região, sendo 19 dessas estações localizadas na região do Baixo

São José dos Dourados, devido à sua grande área. Dessa forma, os métodos de critério ótimo, WMO e DEFRA, podem ser utilizados para adequações à rede pluviométrica em curto, médio e longo prazo, respectivamente. Para a rede fluviométrica, considerou-se apenas a necessidade inicial de se monitorar o exutório de cada sub-bacia.

Conclusão

Os levantamentos realizados apontaram necessidades básicas de monitoramento a depender da região da UGRHI-18. Constatou-se que é necessário adequar a rede de monitoramento pluviométrico às condições mínimas de operação, priorizando a instrumentação das sub-bacias Ribeirão da Ponte Pensa/SJD e Baixo SJD. Ainda, há necessidade global de monitoramento de vazões superficiais, porém, destaca-se que as maiores interferências na drenagem natural acontecem nas sub-bacias Ribeirão Coqueiro/SJD e Ribeirão da Ponte Pensa/SJD, ambas portanto, em condição de prioridade. Além disso, foi identificado que há um histórico de perdas de postos de monitoramento e, consequentemente, do histórico de dados. Os cálculos de estações adicionais necessárias para monitoramento da região de estudos por diferentes métodos apresentaram resultados discrepantes, constatando diferentes aplicabilidades. O método do número ótimo é mais eficaz em regiões com maior variabilidade espacial de precipitação. O método WMO tem bom desempenho para estimativa de redes básicas. O método DEFRA é mais conservador, sugerindo rede mais robusta para aplicações complexas, como calibração de modelagens e simulações aplicadas à gestão de recursos hídricos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Profª Água apoio técnico científico aportado até o momento.

Referências Bibliográficas

- BRASIL. Lei n.º 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 1997.
- DEFRA, Department for Environment, Food & Rural Affairs (2003). Flood Forecasting – Rainfall Measurement and Forecasting. Bristol.
- BIS, Bureau of Indian Standards (1994). *Recommendations for Establishing Network of Rain Gauge Stations*. New Delhi.
- Santos, I. dos, Fill, H.D., Sugai, M.R. von B., Buba, H., Kishi, R.T., Marone, E., Lautert, L.F. de C. (2001). *Hidrometria aplicada*. Curitiba, Brasil: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 372 p.
- WMO - World Meteorological Organization (2008). *Methods of observation*. In: *Guide to Hydrological Practices: hydrology from measurement to hydrological information*. 6. ed. Geneva, Switzerland, v. 1. (WMO - n. 168).