ReGeo
ISSN: 2177-3246

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NO PLANEJAMENTO E NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: A EXPERIÊNCIA DO GEO BARRA MANSA (RJ)

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT: THE GEO BARRA MANSA (RJ) EXPERIENCE

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS: LA EXPERIENCIA DEL GEO BARRA MANSA (RJ)

https://doi.org/10.56238/revgeov17n9-113

Data de submissão: 02/08/2026 **Data de publicação:** 16/09/2026

Vinícius de Azevedo Silva
Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROF-ÁGUA)
Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
E-mail: vinicius.silva@profagua.uerj.br
Orcid: https://orcid.org/0009-0009-9008-4095
Lattes: http://lattes.cnpq.br/5622715098913187

Marcus Polette
Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental
Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) / PROF-ÁGUA
E-mail: marcus.polette@profagua.uerj.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0437-4205
Lattes: http://lattes.cnpq.br/0412902005436369

Cleonice Puggian
Doutora em Educação
Instituição: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) / PROF-ÁGUA
E-mail: cleonice.puggian@profagua.uerj.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8122-2953
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3033623305822611

RESUMO

A Política Nacional de Recursos Hídricos prevê a criação e a manutenção do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH) como um de seus instrumentos, mas a sistematização das informações hídricas ainda é frágil na escala municipal, justamente onde o uso e a ocupação do solo são efetivamente regulados. No município de Barra Mansa, estado do Rio de Janeiro, não havia procedimentos oficiais para a sistematização dos dados sobre recursos hídricos, que acabavam extraviados ou indevidamente alocados entre os diversos arquivos e setores da administração pública municipal. O objetivo deste artigo é descrever e analisar o processo de concepção, implantação e uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) municipal — denominado Geo Barra Mansa — voltado ao planejamento e à gestão participativa dos recursos hídricos das bacias hidrográficas inseridas no município. Metodologicamente, conduziu-se uma pesquisa documental no acervo do município para a aquisição de dados qualitativos e quantitativos, seguida do desenvolvimento do sistema em ambiente web sobre a plataforma ArcGIS, com geração de dados de macrodrenagem a partir de modelos digitais de elevação e de imagens orbitais multiespectrais. Os resultados apontam a sistematização do acervo preexistente, a criação de interfaces de coleta de novos dados por servidores e pela população, o processamento de camadas hidrológicas (malha de drenagem, áreas de contribuição, manchas de inundação, faixas marginais de proteção) e a disponibilização de aplicações

temáticas de apoio à decisão, entre elas um sistema de resposta emergencial a eventos hidrológicos extremos. Conclui-se que a implantação de um SIG municipal, apoiada por regramentos legais e pelo compartilhamento de dados entre setores e autarquias, viabiliza a integração administrativa, qualifica a tomada de decisão sobre políticas públicas de recursos hídricos e constitui metodologia replicável por municípios de porte semelhante.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Sistema de Informações Geográficas. Gestão Municipal. Geoprocessamento. Barra Mansa.

ABSTRACT

The National Policy on Water Resources provides for the creation and maintenance of the Water Resources Information System (SIRH) as one of its instruments, but the systematization of water information is still fragile at the municipal scale, precisely where land use and occupation are effectively regulated. In the municipality of Barra Mansa, state of Rio de Janeiro, there were no official procedures for systematizing data on water resources, which ended up lost or improperly allocated among the various files and sectors of municipal public administration. The objective of this article is to describe and analyze the process of conception, implementation and use of a Geographic Information System (GIS) at the municipal level — called Geo Barra Mansa — aimed at planning and participatory management of water resources in the hydrographic basins within the municipality. Methodologically, a documentary research was conducted in the municipality's collection for the acquisition of qualitative and quantitative data, followed by system development in a web environment on the ArcGIS platform, with macro-drainage data generation from digital elevation models and multispectral orbital images. The results point to the systematization of the pre-existing collection, the creation of interfaces for collecting new data by servers and by the population, the processing of hydrological layers (drainage network, contribution areas, flood patches, marginal protection strips) and the provision of thematic applications to support decision-making, including an emergency response system for extreme hydrological events. It is concluded that the implementation of a municipal GIS, supported by legal frameworks and data sharing between sectors and municipal authorities, enables administrative integration, improves decision-making on public water resources policies and constitutes a replicable methodology for municipalities of similar size.

Keywords: Water Resources. Geographic Information System. Municipal Management. Geoprocessing. Barra Mansa.

RESUMEN

La Política Nacional de Recursos Hídricos prevé la creación y el mantenimiento del Sistema de Informaciones sobre Recursos Hídricos (SIRH) como uno de sus instrumentos, pero la sistematización de las informaciones hídricas aún es frágil en la escala municipal, precisamente donde el uso y la ocupación del suelo son efectivamente regulados. En el municipio de Barra Mansa, estado de Río de Janeiro, no había procedimientos oficiales para la sistematización de los datos sobre recursos hídricos, que terminaban extraviados o indebidamente asignados entre los diversos archivos y sectores de la administración pública municipal. El objetivo de este artículo es describir y analizar el proceso de concepción, implantación y uso de un Sistema de Informaciones Geográficas (SIG) municipal — denominado Geo Barra Mansa— orientado a la planificación y la gestión participativa de los recursos hídricos de las cuencas hidrográficas inseridas en el municipio. Metodológicamente, se realizó una investigación documental en el acervo del municipio para la adquisición de datos cualitativos y cuantitativos, seguida del desarrollo del sistema en ambiente web sobre la plataforma ArcGIS, con generación de datos de macrodrenaje a partir de modelos digitales de elevación e imágenes orbitales multiespectrales. Los resultados señalan la sistematización del acervo preexistente, la creación de

interfaces de recolección de nuevos datos por servidores y por la población, el procesamiento de capas hidrológicas (malla de drenaje, áreas de contribución, manchas de inundación, franjas marginales de protección) y la disponibilización de aplicaciones temáticas de apoyo a la decisión, entre ellas un sistema de respuesta emergencial a eventos hidrológicos extremos. Se concluye que la implantación de un SIG municipal, apoyada por normas legales y por el compartimiento de datos entre sectores y autarquías, viabiliza la integración administrativa, califica la toma de decisiones sobre políticas públicas de recursos hídricos y constituye metodología replicable por municipios de tamaño similar.

Palabras clave: Recursos Hídricos. Sistema de Informaciones Geográficas. Gestión Municipal. Geoprocesamiento. Barra Mansa.

1 INTRODUÇÃO

A coleta e a disponibilização digital dos dados sobre recursos hídricos são previstas na Política Nacional de Recursos Hídricos, que instituiu o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH). Esse sistema reúne informações sobre a quantidade de água disponível, a qualidade da água, o uso da água, as fontes de poluição e a gestão dos recursos hídricos, entre outros aspectos. Também favorece a identificação dos problemas relacionados aos recursos hídricos, a tomada de decisões, o monitoramento e a avaliação da eficácia das políticas e dos programas públicos (Brasil, 1997).

A avaliação da sustentabilidade hídrica exige sistemas adequados, capazes de descrever e comunicar as condições atuais, fomentar o pensamento crítico sobre as ações corretivas necessárias e facilitar a participação das várias partes interessadas nos processos de tomada de decisão (Ioris; Hunter; Walker, 2008). Dados de programas de monitoramento são frequentemente usados para estimar variações na qualidade e na quantidade da água em corpos hídricos de uma região, examinar diferenças regionais e investigar relações entre as condições da paisagem — uso e cobertura do solo — e a qualidade ou a quantidade da água. Essas informações podem ser utilizadas para desenvolver critérios de disponibilidade hídrica e guiar decisões referentes ao manejo (Kloiber; Brezonik; Bauer, 2002).

Um conjunto de dados sobre as cidades, bacias hidrográficas ou outras células-base de planejamento pode ser organizado em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que apoia a compreensão das questões intervenientes e o planejamento futuro. O avanço das tecnologias e o uso cada vez maior de informações digitais fazem com que a atualização das bases de dados seja um dos principais problemas enfrentados pelos sistemas de informação (Polidori *et al.*, 2010). Nesse contexto, as vantagens específicas de um SIG podem ser sumarizadas em três itens: visualização, organização de dados e modelagem espacial.

No que concerne à visualização, a maior vantagem que o SIG oferece sobre o processo cartográfico convencional é a flexibilidade, em particular a habilidade de produzir respostas rápidas para mudanças nos padrões cartográficos. Possibilita, ainda, expor tendências e relações que nem sempre são percebidas em uma análise inicial. Imagens de sensoriamento remoto podem ser usadas para monitorar o crescimento urbano em determinadas áreas da cidade, por exemplo, e registros cartográficos sobre acidentes de trânsito indicam a localização de pontos de conflito de tráfego que precisam de intervenção efetiva. Portanto, a tecnologia SIG se mostra adequada para integrar operações convencionais de bases de dados — como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados — à perspectiva de visualização e análise espacial ou espaço-temporal na forma de mapas temáticos estáticos ou dinâmicos (Deus *et al.*, 2011). Em termos práticos, significa a oportunidade de representar espacialmente e estabelecer relações entre dados de diversas naturezas,

tais como séries históricas hidrológicas e meteorológicas, mapas de uso do solo, cobertura vegetal, condições de infraestruturas hidráulicas e de transporte, ocupação urbana, dados socioeconômicos e populacionais, além de dados normativos e institucionais.

No município de Barra Mansa, estado do Rio de Janeiro, os dados sobre recursos hídricos não eram sistematizados e, ao longo do tempo, acabavam extraviados ou indevidamente alocados entre os diversos arquivos e setores da administração pública municipal, impedindo a sua utilização pelo poder público ou por setores privados. Anteriormente à implantação do SIG, o banco de dados municipal era acessado por meio de um único programa proprietário, ao qual tinham acesso apenas cinco servidores de um total de 5.185 vinculados à prefeitura. Esse quadro é comum a muitos municípios brasileiros de porte médio e constitui obstáculo concreto à implementação descentralizada da Política Nacional de Recursos Hídricos, uma vez que a bacia hidrográfica, unidade territorial de planejamento definida em lei, não coincide com o recorte político-administrativo em que se decide o uso do solo.

Justifica-se, assim, a investigação sobre como um município pode estruturar, com recursos técnicos acessíveis, um sistema de informações geográficas capaz de sustentar o planejamento e a gestão de seus recursos hídricos. O objetivo geral deste artigo é descrever e analisar o processo de concepção, implantação e uso do Geo Barra Mansa, SIG desenvolvido para o município de Barra Mansa (RJ) entre 2021 e 2022, avaliando sua contribuição para a gestão pública participativa dos recursos hídricos das bacias hidrográficas inseridas no território municipal. Especificamente, pretende-se: a) levantar e avaliar os dados e as informações sobre recursos hídricos disponíveis ao município; b) descrever a metodologia de implantação do SIG em ambiente web, incluindo as fontes de dados e os procedimentos de geração de camadas hidrológicas; e c) analisar as aplicações do sistema para a avaliação de vulnerabilidade e risco nas bacias hidrográficas do território municipal, discutindo suas implicações para a governança das águas em escala local.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÕES

Uma política para a gestão dos recursos hídricos deve conter formas de estabelecimento do conjunto de princípios definidores de diretrizes, objetivos e metas a serem alcançados; e essa política estará consubstanciada em aspectos técnicos, normas jurídicas, planos e programas que revelem o conjunto de intenções, decisões, recomendações e determinações do governo e da sociedade quanto à gestão dos recursos hídricos (Setti *et al.*, 2000). A Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, determina no item V do art. 1º que “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para

implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos" (Brasil, 1997).

Duas características, no entanto, diferenciam profundamente esse recorte territorial das muitas outras divisões ou subdivisões político-administrativas existentes. Sua base não é a divisão municipal, território politicamente construído, e sim unidades fisiográficas que, mesmo com os posteriores agrupamentos ou segmentações de caráter político-administrativo que receberam, mantêm por princípio sua demarcação pelas características relacionadas ao escoamento superficial pluvial em direção ao exutório (Andreozzi, 2016).

A governança descentralizada estabelecida pelos comitês surge como um avanço, promovendo uma gestão mais democrática e proporcionando a busca por um equilíbrio entre os diversos interesses sociais. Todavia, esse caráter plural e democrático da gestão por bacias hidrográficas não está dissociado dos conflitos, das relações de poder, da violência simbólica e da lógica de mercado imposta pelo sistema de produção; outros impasses nessa modalidade de gestão podem ocorrer se a capacidade de organização da sociedade civil estiver de alguma forma fragilizada (Jacobi, 2004) ou se a eficiência do processo de descentralização for prejudicada por interesses políticos locais caracterizados por clientelismo e corrupção (Abers; Jorge, 2005).

É nesse ponto que a gestão das águas se converte, também, em um problema de gerenciamento de informações. A informação ao público sobre conflitos potenciais que tratem do uso de recursos hídricos torna-se fundamental para a motivação política no que se refere à discussão e à participação nos processos gerenciais de tomada de decisão de uma dada região. Sem uma base de dados organizada, acessível e atualizada, os princípios de descentralização e participação previstos em lei permanecem formais, pois os atores sociais não dispõem dos elementos técnicos necessários para intervir de modo qualificado no debate.

2.2 O SIG COMO FERRAMENTA PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com Souza e Alvin (2014), no meio urbano e regional, de modo geral, conflitos institucionais prejudicam a implementação de políticas destinadas a solucionar a problemática dos recursos hídricos, tanto em quantidade quanto em qualidade de oferta. Para Cavalcanti e Marques (2016), diante da importância da água como recurso estratégico e de sua imprescindibilidade econômica e biológica, faz-se surgir a imperiosa necessidade de se aprofundarem os mecanismos de gestão dos recursos hídricos no mundo, de modo a garantir seu uso eficiente e sustentável.

Para Mota (2003 *apud* Araújo *et al.*, 2021), a transformação de um ambiente rural em urbano sempre resultará em alterações ambientais, seja nos componentes físicos, socioeconômicos ou bióticos.

Portanto, tais componentes devem ser analisados de forma integrada na cidade, de maneira que o ser humano satisfaça suas necessidades sem provocar danos aos demais elementos do sistema. Compete ao poder público, nesse sentido, conduzir um planejamento urbano que considere a questão ambiental para minimizar os impactos negativos do processo de urbanização.

Nesse contexto, os Sistemas de Informações Geográficas são ferramentas essenciais para a gestão de recursos hídricos. Por meio do uso de tecnologias de geoprocessamento é possível integrar dados georreferenciados em diversas escalas, como bacias hidrográficas, rios, reservatórios e aquíferos. Dessa forma, é possível obter informações precisas e atualizadas sobre a quantidade, a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos em determinada região, além de permitir a identificação de áreas de conflito de uso e a tomada de decisões estratégicas para a gestão sustentável desses recursos. O uso de SIG também facilita o monitoramento e a avaliação da efetividade das políticas e dos programas de gestão de recursos hídricos, contribuindo para a preservação e o uso racional desse recurso vital para a vida e para o desenvolvimento socioeconômico.

2.3 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS DE SIG NA GESTÃO PÚBLICA

No Brasil, alguns estados e municípios têm utilizado SIG para apoiar a gestão pública. Um dos exemplos é a Prefeitura de Niterói (RJ), que criou um Sistema de Gestão da Geoinformação para gerenciar as informações geográficas, fornecendo:

> [...] análise e interação dos dados produzidos, tornando-os acessíveis às diferentes secretarias e à sociedade civil. Desse modo, além de exercer um papel estratégico na tomada de decisão e otimização da gestão pública, o trabalho realizado consolida a transformação digital da cidade e reitera o comprometimento da mesma com a transparência dos dados. (Niterói, [s.d.])

Esse sistema foi criado para coletar, armazenar, analisar e compartilhar informações geoespaciais relacionadas a diversas áreas, como planejamento urbano, meio ambiente, transporte e infraestrutura. Por meio dessa ferramenta é possível visualizar mapas interativos, gerar relatórios e realizar análises espaciais. Entre os benefícios do uso desse sistema estão a melhoria na gestão urbana e ambiental, a otimização dos processos de planejamento e tomada de decisão, além da transparência e da facilidade de acesso às informações por parte da população.

O Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro (INEA) também utiliza o portal GeoINEA, que tem como objetivo fornecer informações geográficas relacionadas ao meio ambiente, além de disponibilizar dados sobre a localização de unidades de conservação, áreas de proteção ambiental, nascentes, rios, bacias hidrográficas, licenciamento ambiental, fiscalização e monitoramento de empreendimentos e atividades potencialmente poluidoras. Outra funcionalidade importante do

GeoINEA é o GeoBanco de Dados, que disponibiliza informações e documentos relacionados aos processos de licenciamento ambiental do estado do Rio de Janeiro (INEA, [s.d.]).

Na mesma direção, o SIGA-CEIVAP é composto por um conjunto de tecnologias que permitem a coleta, o armazenamento, a análise e o compartilhamento de dados geográficos relacionados à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, sendo possível monitorar e avaliar a qualidade da água, a dinâmica das chuvas e do clima, além de gerenciar e planejar o uso do solo e a preservação dos recursos naturais da região (SIGA-CEIVAP, [s.d.]). Entre as principais funcionalidades dessa plataforma estão a elaboração de mapas temáticos, a geração de relatórios e análises espaciais, bem como a integração com outras bases de dados geográficas. Por meio do uso dessa tecnologia, o Comitê pode tomar decisões mais efetivas e embasadas na análise de informações precisas e atualizadas. Essas ferramentas — em especial os portais que empregam a plataforma ArcGIS — inspiraram a criação de um SIG para o município de Barra Mansa.

3 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza aplicada, conduzido por meio de pesquisa documental no acervo da Prefeitura Municipal de Barra Mansa para a aquisição de dados qualitativos e quantitativos, seguida do desenvolvimento e da implantação de um Sistema de Informações Geográficas em ambiente web. O percurso metodológico compreendeu quatro etapas: a) caracterização da área de estudo; b) diagnóstico e migração do acervo de dados preexistente; c) geração de dados de macrodrenagem e de uso e ocupação do solo; e d) publicação de aplicações temáticas para servidores municipais e para a população.

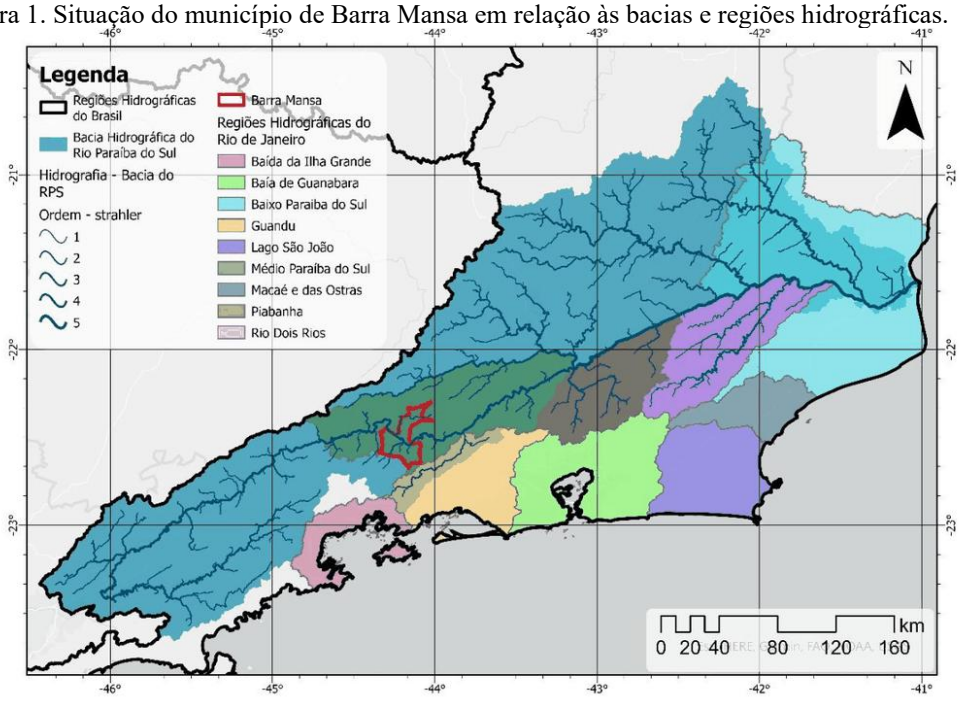
3.1 ÁREA DE ESTUDO

Barra Mansa está localizada na região hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro. Com uma população de aproximadamente 184.833 habitantes e extensão territorial de 547 km², é um dos maiores municípios da região (IBGE, 2021). O clima é mesotérmico, com verões quentes e chuvosos e invernos secos; a temperatura média mínima anual é de 16 °C e a média é de 28 °C. O período de chuvas está entre os meses de novembro e março, com pluviosidade acumulada próxima a 1.500 mm/ano. O município possui relevo ondulado, popularmente conhecido como mar de morros, variando sua altitude de 373 metros na calha do rio Paraíba do Sul até 1.208 metros na serra do rio Bonito, divisa com o município de Valença.

Um dos desafios da gestão das águas no município é o gerenciamento de informações das sub-bacias hidrográficas que se encontram parcialmente dentro do território municipal, sendo elas as bacias

dos rios Bananal, Turvo e Barra Mansa. A Figura 1 ilustra a situação espacial do município em relação à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e às regiões hidrográficas do estado do Rio de Janeiro.

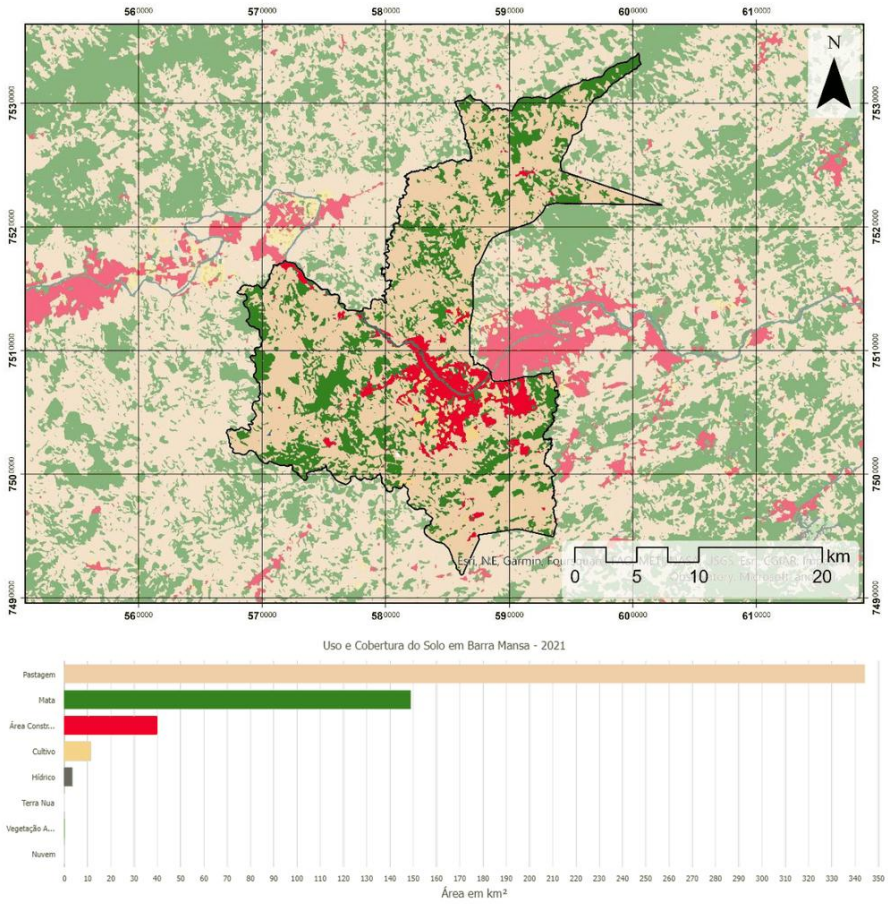
Figura 1. Situação do município de Barra Mansa em relação às bacias e regiões hidrográficas.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores (2022).

O local foi desbravado no final do século XVIII, tendo seu desenvolvimento como cidade às margens do rio Paraíba do Sul e, posteriormente, dos seus principais afluentes, rio Barra Mansa e rio Bananal. Nessa perspectiva, Barra Mansa sofre com problemas ligados a recursos hídricos decorrentes do desmatamento da Mata Atlântica desde o século XIX para a cafeicultura e, posteriormente, para o setor agropecuário na criação de gado de leite e corte. É possível observar na Figura 2 o uso e a cobertura do solo no município para o ano de 2021, tendo aproximadamente 63% de seu território coberto por pastagens e apenas 27% por áreas florestadas. O desenvolvimento econômico e urbano desordenado contribuiu para o aumento da poluição dos mananciais, além das enchentes e inundações no rio Paraíba do Sul e seus afluentes.

Figura 2. Uso e cobertura do solo para o ano de 2021 no município de Barra Mansa.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores (2022).

3.2 PROCEDIMENTOS DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

O SIG do município de Barra Mansa, denominado Geo Barra Mansa, foi desenvolvido durante os anos de 2021 e 2022, utilizando a plataforma ArcGIS, da ESRI. Essa plataforma foi escolhida por incluir um grande número de ferramentas para mapeamento, análise espacial e gerenciamento de dados, bem como ferramentas para criar e compartilhar mapas e aplicativos na web. Inicialmente, optou-se pelo *ArcGIS Online* acoplado ao *ArcGIS Pro*; entretanto, com o desenvolvimento do sistema, a hospedagem de imagens aéreas de alta resolução e a necessidade de maior gerenciamento dos dados, lançou-se mão do *ArcGIS Enterprise* acoplado ao *ArcGIS Pro*.

A composição do Geo Barra Mansa foi iniciada a partir do banco de dados da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (SMPU), que disponibilizou acesso a dados vetoriais como malha de lotes, arruamento e redes de abastecimento e coleta de esgoto. Alguns desses dados estavam disponíveis em formato *shapefile* e outros em DWG. Após avaliação criteriosa, optou-se por importar apenas três camadas para o novo SIG: a) malha de lotes, com customização dos atributos da feição e posterior vinculação ao banco de dados da secretaria municipal de finanças, a princípio para todo o

cadastro mobiliário; b) rede de abastecimento de água, em formato DWG georreferenciado, com geometrias incluídas no banco de dados e atributos customizados de acordo com as necessidades de informação do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE-BM); e c) rede de esgotamento sanitário, nos mesmos moldes. As redes de drenagem pluvial e mista não possuíam cadastro em forma digital ou física, sendo conhecidas por poucos servidores da prefeitura, o que motivou a previsão de levantamento topográfico específico em etapa posterior.

Após a averiguação, o ajuste e a importação do banco de dados existente, seguiu-se para a fase de geração de dados de macrodrenagem e de uso e ocupação dos solos. A maioria dos dados relacionados à modelagem hidrológica pode ser gerada a partir de um modelo digital de elevação (MDE) com boa resolução altimétrica e hidrologicamente consistente. Esses modelos normalmente são gerados por satélites orbitais equipados com radares de abertura sintética (SAR). Outra fonte de dados utilizada foi a de imagens orbitais multiespectrais com boa resolução espacial e temporal. Uma alternativa à aquisição de dados orbitais são os levantamentos aerofotogramétricos realizados por meio de veículos aéreos não tripulados (VANTs), que podem ser equipados com Lidar, tecnologia óptica de detecção remota que mede propriedades da luz refletida de modo a obter a distância e outras informações a respeito de determinado objeto distante.

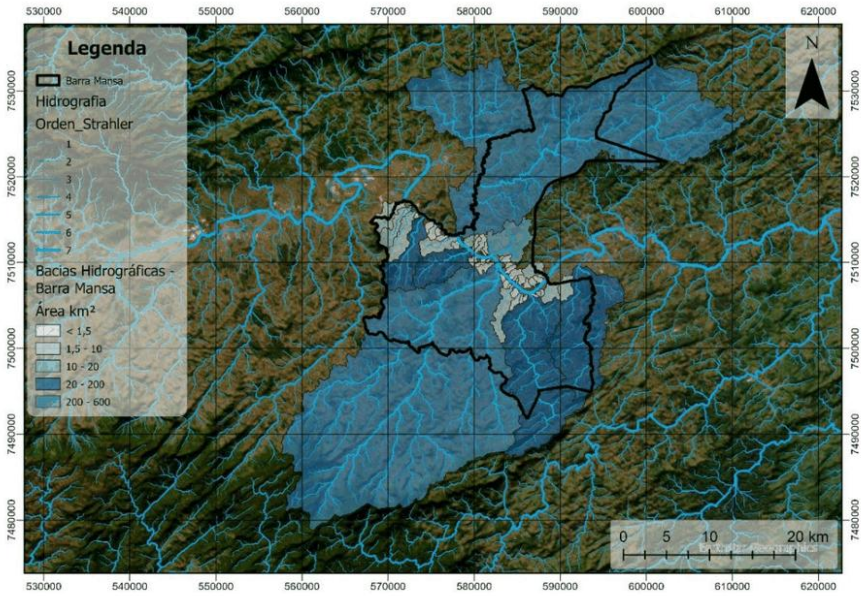
A partir desses dados de imagem e MDE foram geradas diversas informações voltadas ao planejamento e ao gerenciamento de recursos hídricos, tais como a malha de drenagem, as áreas de contribuição, as bacias e sub-bacias hidrográficas, as curvas de nível, o uso e a cobertura do solo e as manchas de inundação para diferentes tempos de retorno. O sistema foi ainda conectado a outras bases de dados, entre elas a de dados climáticos, a fim de se obter informações acerca da quantidade de chuvas que caem sobre o município e suas bacias hidrográficas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTRUTURA E CAMADAS DO GEO BARRA MANSA

A Figura 3 apresenta um exemplo das camadas elaboradas para o SIG a partir dos dados de imagem e MDE, destacando o limite político-administrativo municipal, a rede de drenagem e as bacias hidrográficas inseridas no território. Em se tratando de bacias hidrográficas, o SIG permite a análise de informações geoespaciais relacionadas aos recursos hídricos em determinada bacia: são dados que se referem ao regime de chuvas, ao solo, à vegetação e à topografia, entre outros aspectos que auxiliam na gestão desses recursos. Esse conjunto remete à importância do SIG para a Política Nacional de Recursos Hídricos, como ferramenta essencial para a tomada de decisão, visto que possibilita uma gestão mais eficiente e sustentável.

Figura 3. Malha hidrográfica e bacias hidrográficas inseridas no município de Barra Mansa.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores (2022).

A Figura 4 ilustra a página inicial (HUB) do SIG municipal. Nessa página são encontrados os links para as aplicações e funcionalidades do sistema, disponível aos vários segmentos da gestão municipal. Uma das principais funcionalidades do Geo Barra Mansa é possibilitar a modelagem hidrológica das bacias hidrográficas inseridas no município — modelagem que só é possível quando alimentada por dados precisos e consistentes. O sistema conta ainda com um aplicativo de gestão territorial, inicialmente restrito aos servidores, contendo diversas camadas, entre elas: redes de água e esgoto, edificações, lotes, loteamentos, equipamentos públicos, bairros, zoneamento, unidades de conservação, reservas legais, áreas de preservação permanente, hidrografia, curvas de nível, uso e cobertura do solo, manchas de inundação e ortofotos de alta resolução.

Figura 4. Página inicial (HUB) do Geo Barra Mansa.



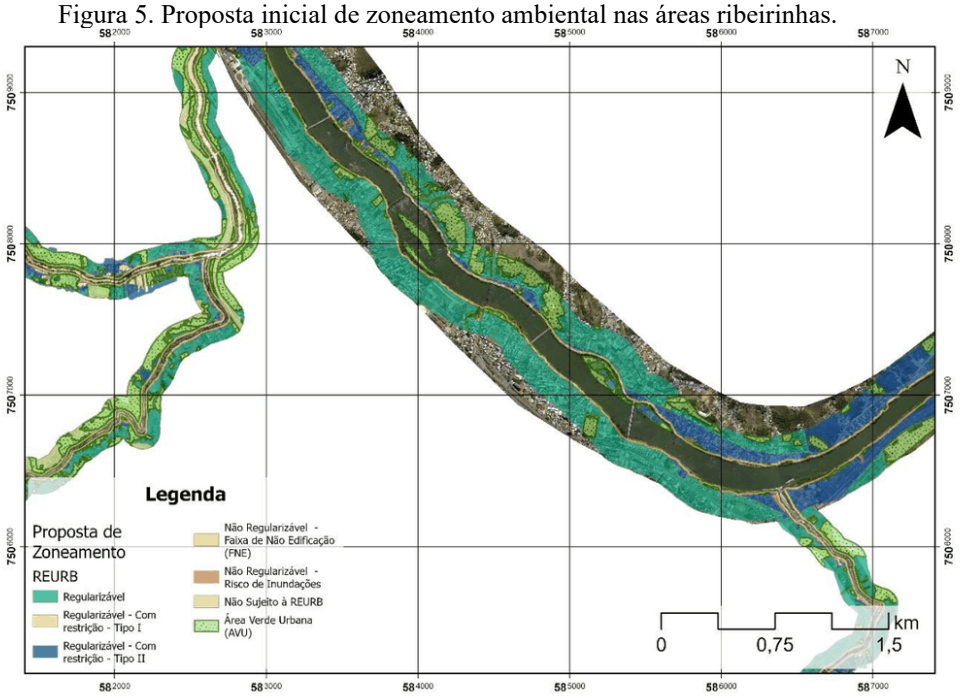
Fonte: Elaborada pelos próprios autores (2022).

4.2 APLICAÇÕES VOLTADAS À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Outra funcionalidade do SIG é a elaboração de mapas dos recursos hídricos existentes, com informações detalhadas sobre a micro e a macrodrenagem, que podem ser utilizadas pelo município para elaborar planos diretores e um zoneamento municipal pensado de acordo com as bacias hidrográficas e suas suscetibilidades. O sistema auxilia, ainda, no monitoramento da qualidade da água e na detecção de fontes potenciais de poluição, como no caso do vazamento de chorume no córrego Carioca, ocorrido em janeiro de 2021, no aterro sanitário instalado no município. O SIG também foi utilizado para planejar a expansão da rede de abastecimento de água e otimizar a distribuição dos recursos hídricos disponíveis, permitindo que o município expandisse a rede de abastecimento e a reservação de água para áreas que sofrem com a sazonalidade de abastecimento.

O SIG permite o planejamento e o gerenciamento das ocupações em faixas marginais de proteção. Atualmente, o sistema hospeda imagens de alta resolução espacial dos rios Paraíba do Sul, Bananal, Bocaina e Barra Mansa, bem como as manchas de inundação para vários períodos de retorno de chuva. Um novo zoneamento ambiental está sendo proposto juntamente com o projeto de regularização fundiária das áreas marginais a esses rios, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5. Proposta inicial de zoneamento ambiental nas áreas ribeirinhas.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores (2022).

Além do projeto de regularização fundiária e do zoneamento ambiental nas áreas ribeirinhas, a modelagem hidrológica realizada por meio do SIG permite criar um sistema de resposta emergencial a eventos hidrológicos extremos, no qual são avaliadas as chuvas das últimas 12 horas e a previsão, por meio de três modelos de alta acurácia, para até 10 dias. Esse sistema de alerta integra a modelagem hidrológica dos cursos d'água, considerando o tempo de concentração das bacias hidrográficas e seus hidrogramas de cheia, o que traz uma resposta precisa para o alerta e a atuação da defesa civil municipal. A Figura 6 apresenta as manchas de inundação para os principais rios do município.

Figura 6. Manchas de inundação dos principais rios do município.

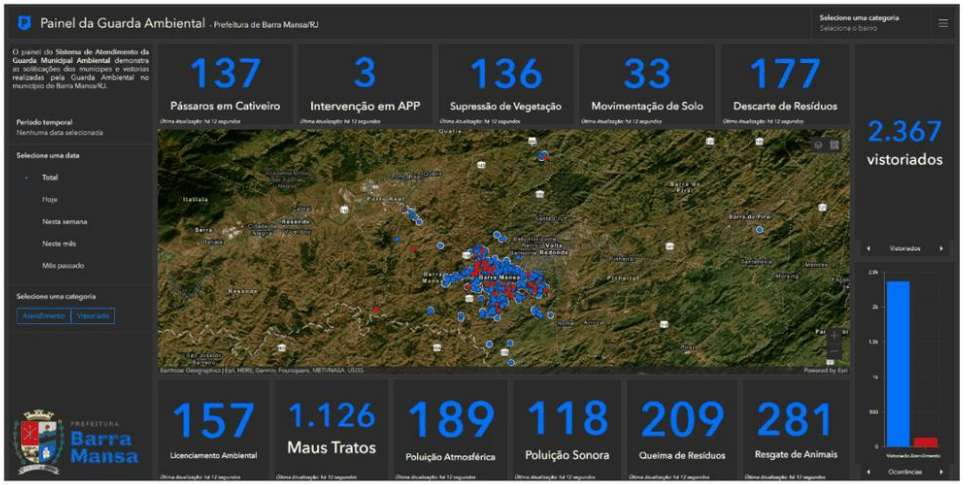


Fonte: Elaborada pelos próprios autores (2022).

4.3 APLICAÇÕES CORRELATAS DE GESTÃO AMBIENTAL

O sistema possibilita controlar diversas ações ambientais relacionadas à conservação e à restauração florestal do território municipal. Entre elas, o sistema de monitoramento da manutenção arbórea, que atua no controle e na emissão das autorizações de corte e poda, gerando também os termos de compensação ambiental; e o sistema Barra Mansa Mais Verde, que controla as doações de mudas e os plantios efetuados no município, tendo ultrapassado a marca de 10.200 mudas doadas e 544 hectares restaurados. As ocorrências ambientais também são recebidas por um formulário eletrônico e geridas pela aplicação da guarda ambiental (Figura 7), o que facilita o controle das vistorias e a aplicação de sanções ambientais, bem como permite compreender o comportamento dos infratores, relacionando a sazonalidade e a espacialização das infrações no território municipal.

Figura 7. Painel da Guarda Ambiental.



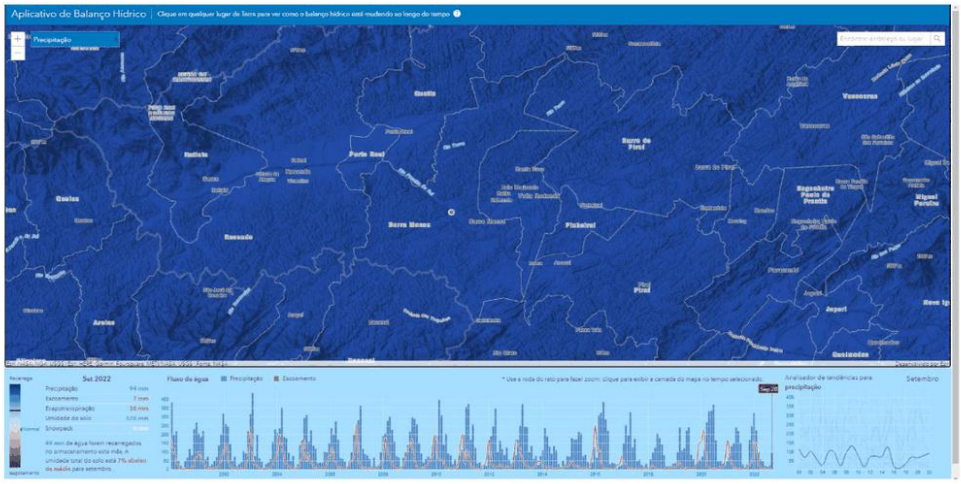
Fonte: Elaborada pelos próprios autores (2022).

O SIG possui várias camadas relacionadas a um banco de dados com atributos para o gerenciamento ambiental municipal, entre elas as áreas protegidas do território, divididas em unidades de conservação municipais, estaduais e federais, e também as áreas de preservação permanente de nascentes, encostas, topos de morro e faixas marginais de proteção. O sistema permite avaliar diversos dados multitemporais, como os focos de incêndio para os anos de 2018 a 2021 — auxiliando a brigada voluntária criada pela Secretaria de Meio Ambiente e pelo Conselho Municipal de Meio Ambiente a mapear os pontos críticos e a realizar campanhas preventivas — e a dinâmica de uso e ocupação do solo, importante para detectar pontualmente desmatamentos e a ocupação de núcleos urbanos não regulares. Destaca-se, ainda, o aplicativo de balanço hídrico (Figura 8), que estima quanto da chuva se torna escoamento superficial, quanto evapora e quanto se infiltra no solo.

Figura 8. Aplicativo de balanço hídrico.

quanto da chuva se torna escoamento superficial, quanto evapora e quanto se infiltra no solo.

Figura 11 – Aplicativo de Balanço Hídrico



Fonte: Aplicativo da plataforma ArcGIS (Esri), adaptado pelos autores (2022).

4.4 SÍNTESE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os principais resultados obtidos para a gestão de informações sobre recursos hídricos no município de Barra Mansa foram: a) a sistematização dos dados já existentes, antes dispersos entre setores e de acesso restrito a poucos servidores; b) a criação de uma interface para coleta e registro de novos dados, inseridos diretamente pelos funcionários das diversas secretarias e também pela população — nota-se, nesse sentido, a expansão do sistema, inicialmente planejado para a gestão de recursos hídricos, a outros setores da administração pública; c) o processamento dos dados coletados, utilizando recursos disponíveis no ArcGIS, tais como a geração da malha de drenagem e o cálculo de áreas de contribuição; d) a transformação dos dados em informações acessíveis para os servidores e para a população, a exemplo das áreas protegidas, da regularização fundiária urbana e do programa de brigada voluntária; e e) o apoio à tomada de decisão para o enfrentamento de situações de risco já existentes, como as recorrentes inundações nas bacias dos rios Barra Mansa e Bananal, assim como a projeção de ações e políticas públicas futuras por meio da análise detalhada dos dados da região.

Os resultados convergem com o que apontam Deus *et al.* (2011) e Polidori *et al.* (2010) quanto às vantagens do SIG para a integração de bases de dados heterogêneas e para a atualização contínua das informações. A experiência de Barra Mansa acrescenta, porém, um elemento pouco explorado nesses trabalhos: o efeito organizacional da implantação. Ao substituir um banco de dados acessível a cinco servidores por um ambiente web compartilhado, o sistema alterou a própria dinâmica de circulação da informação entre secretarias e autarquias, criando condições para o tipo de participação

qualificada que Ioris, Hunter e Walker (2008) associam à avaliação da sustentabilidade hídrica. Nesse sentido, o Geo Barra Mansa responde parcialmente ao impasse descrito por Jacobi (2004) e por Abers e Jorge (2005), na medida em que a transparência dos dados reduz a assimetria de informação entre poder público, setor privado e sociedade civil nos espaços de negociação da gestão por bacias.

Cabe registrar as limitações do estudo. A ausência de cadastro digital das redes de drenagem pluvial e mista permanece como lacuna relevante para a modelagem da microdrenagem urbana, dependendo de levantamento topográfico ainda a ser executado. Além disso, a sustentabilidade do sistema depende de fatores institucionais — continuidade administrativa, capacitação permanente de servidores e custo de licenciamento da plataforma proprietária adotada —, razão pela qual a avaliação de alternativas em software livre constitui desdobramento pertinente para pesquisas futuras, assim como a mensuração dos efeitos do sistema sobre indicadores de resposta a inundações no município.

5 CONCLUSÃO

Este artigo descreveu e analisou a concepção, a implantação e o uso do Geo Barra Mansa, Sistema de Informações Geográficas desenvolvido para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos do município de Barra Mansa (RJ). Os objetivos propostos foram alcançados: levantou-se e avaliou-se o acervo de dados disponível ao município, descreveu-se a metodologia de implantação do sistema em ambiente web e analisaram-se suas aplicações para a avaliação de vulnerabilidade e risco nas bacias hidrográficas do território municipal.

O Geo Barra Mansa mostrou-se uma ferramenta relevante para o poder público municipal no gerenciamento dos recursos hídricos em suas bacias hidrográficas, sendo capaz de entregar informações geográficas de precisão e dados históricos, o que permite à gestão pública municipal ter uma visão mais ampla da situação dos recursos hídricos em sua área de atuação. Os resultados também mostram que o sistema pode ser usado como meio de comunicação entre os setores internos da prefeitura e a população, permitindo que as partes envolvidas troquem informações voltadas à gestão de recursos hídricos no âmbito municipal.

Destaca-se, pois, que a implementação de um SIG para a gestão de recursos hídricos pode melhorar a eficiência, a precisão e a eficácia dos esforços de gestão, mas deve ser apoiada pelo estabelecimento de regramentos legais eficazes e pelo compartilhamento de dados entre os setores e as autarquias do município, convergindo para a gestão descentralizada, transparente e, portanto, participativa dos recursos hídricos, e ainda contribuindo para que a população se conscientize e interaja com o poder público. A contribuição prática do trabalho reside em demonstrar que prefeituras de porte

médio podem elaborar SIGs similares com metodologia acessível, replicável e ajustada às suas próprias realidades administrativas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015. Os autores agradecem ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) pelo apoio técnico-científico, bem como à Prefeitura Municipal de Barra Mansa e ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Barra Mansa pela participação ativa no projeto.

REFERÊNCIAS

ABERS, R.; JORGE, K. D. Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados? Revista Ambiente e Sociedade, v. VIII, p. 1-26, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/tyBzHpwRXpyXF6bzjcJ3hWh/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 24 fev. 2022.

ANDREOZZI, S. L. As bacias hidrográficas como unidades políticas territoriais no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 18., 2016, São Luís. Anais [...]. São Luís: AGB, 2016. p. 11.

ARAÚJO, R. S. *et al.* Espaço urbano e impacto ambiental: reflexões a partir da análise do processo de expansão das cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha – CE. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, v. 1, n. 43, p. 104-126, jan./abr. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1997.

CAVALCANTI, B. S.; MARQUES, G. R. G. Recursos hídricos e gestão de conflitos: a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014-2015. Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa, v. 15, n. 1, p. 4-16, 2016. DOI: 10.12660/rgplp.v15n1.2016.78411.

DEUS, L. A. B. *et al.* A utilização de sistema de informação geográfica como suporte ao gerenciamento de bacias hidrográficas transfronteiriças – SIG GeoAmazonas. Revista Geográfica de América Central, Heredia, v. 2, p. 1-17, jul./dez. 2011.

INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Mapa interativo. Rio de Janeiro: INEA, [s.d.]. Disponível em: https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html. Acesso em: 12 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Barra Mansa: panorama. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/barra-mansa/panorama. Acesso em: 4 jun. 2022.

IORIS, A. A. R.; HUNTER, C.; WALKER, S. The development and application of water management sustainability indicators in Brazil and Scotland. Journal of Environmental Management, v. 88, n. 4, p. 1190-1201, 2008. DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.06.007.

JACOBI, P. The challenges of multi-stakeholder management in the watersheds of São Paulo. Environment and Urbanization, v. 16, n. 2, p. 199-211, 2004.

KLOIBER, S. M.; BREZONIK, P. L.; BAUER, M. E. Application of Landsat imagery to regional-scale assessments of lake clarity. Water Research, v. 36, p. 4330-4340, 2002.

MOTA, S. Introdução à engenharia ambiental. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NITERÓI. Sistema de Gestão da Geoinformação. Niterói: Prefeitura Municipal de Niterói, [s.d.]. Disponível em: https://www.sigeo.niteroi.rj.gov.br/pages/sobre. Acesso em: 12 mar. 2023.

POLIDORI, M. C. L. *et al.* Sistema de informação para gestão dos recursos hídricos no estado do Paraná, Brasil. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEAMENTO URBANO,

REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL – PLURIS, 4., 2010, Faro. Actas [...]. Faro: Universidade do Algarve, 2010.

SETTI, A. A. *et al.* Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 2. ed. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica; Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000.

SIGA-CEIVAP. Conheça o SIGA-CEIVAP. Resende: CEIVAP, [s.d.]. Disponível em: http://www.sigaceivap.org.br/siga-ceivap/saibaMais. Acesso em: 12 mar. 2023.

SOUZA, S.; ALVIN, A. Conflitos e interfaces entre a política ambiental e a política urbana: os casos de Guaratinguetá e Jacareí no Vale do Paraíba. [S.l.]: UFPA; FADESP, 2014. p. 1-16.