

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

# **GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO PROATIVA DAS SECAS**

*Anice Aragão Lopes Moraes<sup>1</sup>; Francisco de Assis de Souza Filho<sup>2</sup>; Gabriela de Azevedo Reis<sup>3</sup>;  
Sandra Helena Silva de Aquino<sup>3</sup>*

**Abstract:** This paper presents the methodological approach used to develop thematic maps for characterizing seven hydrographic basins in Ceará, Brazil: Litoral, Banabuiú, Crateús, Curu, Ibiapaba, Coreaú, and Médio Jaguaribe. The goal is to support proactive drought management plans by producing maps on population, land use, vegetation cover, hydrographic regions, rainfall and streamflow stations, hydrography, and water infrastructure. The process involved spatial and census data collection, georeferenced database creation, and map generation using GIS tools. The resulting cartographic products provide technical support for planning and public policies to address water scarcity in the semi-arid region.

**Resumo:** Este trabalho apresenta a metodologia de elaboração de mapas temáticos para caracterização de sete bacias hidrográficas do Ceará: Litoral, Banabuiú, Crateús, Curu, Ibiapaba, Coreaú e Médio Jaguaribe. O objetivo é subsidiar os Planos de Gestão Proativa das Secas por meio da produção de mapas de população, uso do solo, cobertura vegetal, localização hidrográfica, estações pluviométricas e fluviométricas, hidrografia e infraestrutura hídrica. A metodologia envolveu coleta de dados espaciais e censitários, criação de base georreferenciada e uso de SIG para geração dos mapas, acompanhados de descrições regionais. Os produtos cartográficos visam apoiar políticas públicas e ações estratégicas para enfrentar a escassez hídrica no semiárido cearense.

**Palavras-Chave:** Geotecnologias, Plano de secas, Planejamento Hídrico.

## **INTRODUÇÃO**

O semiárido brasileiro, onde se insere grande parte do território cearense, enfrenta historicamente os efeitos severos da irregularidade das chuvas e da escassez hídrica. Nesse cenário, a adoção de estratégias reativas tem se mostrado limitada frente à crescente demanda por água e à intensificação dos eventos extremos. Em resposta a esse desafio, surge a concepção de gestão proativa das secas, que se baseia na antecipação de cenários críticos e na definição prévia de ações coordenadas entre os diferentes setores usuários da água (SOUZA FILHO et al., 2023).

Os Planos de Gestão Proativa das Secas, atualmente em desenvolvimento no estado do Ceará por meio de parcerias entre universidades, agências públicas e comitês de bacia, representam uma

<sup>1)</sup> Afiliação: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Centro de Tecnologia, Depto. de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici – Bloco 713, 60400-900, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: aniceanicearagao@gmail.com.

<sup>2)</sup> Afiliação: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Universidade Federal do Ceará (UFC), Centro de Tecnologia, Depto. de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici – Bloco 713, 60400-900, Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>3)</sup> Afiliação: Centro Estratégico de Excelência em Políticas de Águas e Secas – CEPAS, Bloco 314, Campus do Pici - Pici, Fortaleza - CE, 60020-181, Fortaleza, Ceará, Brasil.



mudança de paradigma na forma de lidar com os períodos de estiagem. Fundamentados na construção participativa, esses planos integram diagnóstico das vulnerabilidades regionais, definição de níveis de alerta e elaboração de estratégias específicas associadas à gravidade da seca (Silva; Araújo Júnior; Souza Filho, 2014). A experiência no estado, conforme Araújo Júnior (2018), evidencia que a combinação de sistemas de monitoramento com metodologias participativas é capaz de fornecer subsídios técnicos robustos à tomada de decisão em situações de risco hídrico.

Dentro dessa abordagem, a cartografia temática surge como ferramenta indispensável à caracterização regional e ao suporte à gestão, permitindo a espacialização de informações essenciais como densidade populacional, uso e ocupação do solo, cobertura vegetal, rede hidrográfica e infraestrutura hídrica. A organização e representação desses dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) contribuem diretamente para o planejamento integrado e para a definição de prioridades territoriais nos momentos de escassez.

Diante disso, este trabalho apresenta o processo metodológico de elaboração de mapas temáticos para sete bacias hidrográficas do estado do Ceará, Litoral, Banabuiú, Crateús, Curu, Ibiapaba, Coreaú e Médio Jaguaribe, com o objetivo de subsidiar tecnicamente os Planos de Gestão Proativa das Secas. A proposta parte da criação de uma base de dados georreferenciada e avança na produção e organização cartográfica, integrando elementos físicos e socioeconômicos que influenciam a dinâmica hídrica regional. A sistematização aqui apresentada busca contribuir para o fortalecimento da capacidade de adaptação e planejamento frente à seca no semiárido cearense.

## METODOLOGIA

A caracterização das bacias hidrográficas cearenses foi realizada com base em procedimentos sistemáticos de levantamento, organização e representação de dados geoespaciais em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). A abordagem metodológica envolveu a consolidação de uma base de dados espacial integrada, a produção de cartografia temática padronizada e a análise qualitativa das regiões a partir dos produtos gerados. A elaboração da cartografia temática foi realizada no software QGIS, versão 3.42, com adoção de simbologia padronizada e linguagem cartográfica adequada para fins analíticos e acessibilidade de leitura.

O primeiro passo consistiu na coleta de dados oriundos de instituições oficiais, com destaque para a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). Foram reunidas informações relativas às delimitações das regiões hidrográficas, rede hidrográfica, infraestrutura hídrica (açudes, adutoras, leitos perenizados e rios), localização de estações fluviométricas e pluviométricas, uso e cobertura da terra, estimativas populacionais e malha municipal. Em seguida, executou-se a conversão de projeções e unificação de sistema de referência para SIRGAS 2000 (UTM Zona 24S), assegurando consistência topológica e métrica entre todas as camadas vetoriais.

As estimativas populacionais foram obtidas por meio de *shapefiles* do IPECE, sendo posteriormente aplicadas no QGIS com aplicação do método de Quebras Naturais (Natural Breaks – Jenks), especificando-se 5 classes. O algoritmo de Jenks busca otimizar os limites de classe de modo a minimizar a variância interna de cada classe e maximizar a variância entre elas, evidenciando agrupamentos estatisticamente significativos nos dados (JENKS, 1967).

Para o mapeamento de cobertura vegetal, utilizou-se o produto de vegetação nativa do IBGE (2021), que permite a distinção de formações como Caatinga arbórea, Savana-Estépica e áreas pioneiras litorâneas. As classes foram validadas por sobreposição com imagens de satélite e ajustadas para refletir com fidelidade as fitofisionomias dominantes nas bacias.

Já a camada de uso e ocupação do solo foi derivada do *shapefile* oficial do IBGE (classe 1 “Área Artificial” até a classe 14 “Área Descoberta”), recortada pela extensão de cada bacia e reclassificada para garantir congruência temática com o Manual Técnico de Uso e Cobertura da Terra. Em ambos os casos, as simbologias foram definidas conforme convenções cartográficas, com paletas de cores que favorecem uma leitura acessível das classes e a comparação visual entre regiões.

Por fim, realizou-se a montagem do layout de página, em que os *shapefiles* trabalhados foram inseridos em uma disposição gráfica pensada para a acessibilidade e clareza dentro dos Planos de Gestão. Cada página de mapa apresenta: título, logotipos institucionais, escala numérica e gráfica, coordenadas de referência, rosa dos ventos e mapas de localização (Brasil/Ceará), seguidos de convenções cartográficas e fontes de dados. Essa composição segue diretrizes de comunicação visual voltadas à gestão pública, garantindo que os produtos cartográficos possam ser utilizados em oficinas, relatórios e apresentações técnicas.

Segundo Medeiros et al. (2011), o uso de um SIG “subsidia o ordenamento territorial” e apoia o gestor público ao conhecer espacialmente o território. Em outras palavras, os mapas produzidos facilitam a compreensão das condições locais, orientando decisões. Como destacado pelos mesmos autores, um gestor deve conhecer seu território geograficamente para uma administração eficiente, já que os problemas a serem resolvidos possuem localização definida. Da mesma forma, ao integrar dados de diferentes origens (censos, bases cartográficas, etc.) em uma única base, o SIG oferece “mecanismos para combinar as várias informações” e visualizar relações espaciais, por exemplo, cruzar população x disponibilidade hídrica em uma região. Em síntese, a cartografia temática funciona como ferramenta de análise espacial e apoio à decisão, permitindo identificar áreas mais vulneráveis à seca e parâmetros críticos (densidade populacional, cobertura vegetal reduzida, escassez de infraestrutura).

Por conseguinte, a análise dos mapas foi conduzida de forma qualitativa, buscando-se integrar os aspectos físicos e socioeconômicos de cada bacia. Esta análise foi fundamentada, ainda, por relatórios técnicos e diagnósticos elaborados no contexto dos Planos de Gestão Proativa das Secas anteriores (ARAUJO JÚNIOR, 2018; SOUZA FILHO et al., 2023), os quais apontam para a importância da caracterização espacial integrada como ferramenta à tomada de decisão em contextos de risco hídrico. Conforme Silva, Araújo Júnior e Souza Filho (2014), a espacialização de dados ambientais e socioeconômicos constitui uma etapa crítica para o planejamento proativo frente aos efeitos das secas no semiárido.

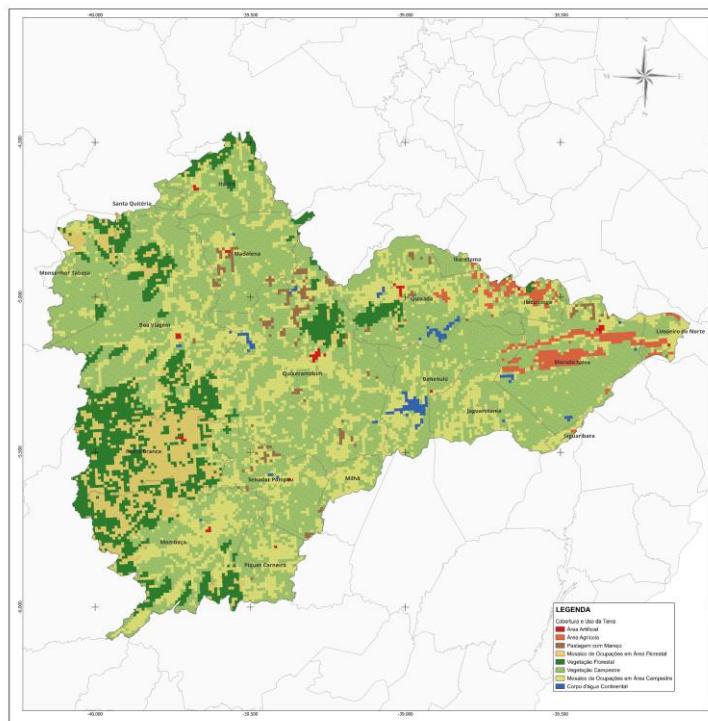
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise cartográfica das bacias hidrográficas proporciona suporte fundamental ao diagnóstico integrado de informações físicas e socioeconômicas, orientando o planejamento de recursos hídricos e a gestão da seca (BIELENKI JUNIOR et al., 2015). No caso da bacia do Banabuiú, os mapas temáticos elaborados permitem visualizar padrões espaciais críticos. Por exemplo, o Mapa de População destaca a forte concentração urbana em municípios como Quixeramobim, Quixadá e Pedra Branca, localizados junto a grandes reservatórios (Açude Banabuiú e Pedras Brancas). Essa distribuição evidencia que os principais centros consumidores de água dependem diretamente desses

açudes. O mapa demográfico reforça a necessidade de priorizar ações de abastecimento e mitigação de riscos nas áreas mais densamente povoadas, dado que a demanda hídrica e a vulnerabilidade social são maiores nesses núcleos urbanos (BANABUIÚ, 2022).

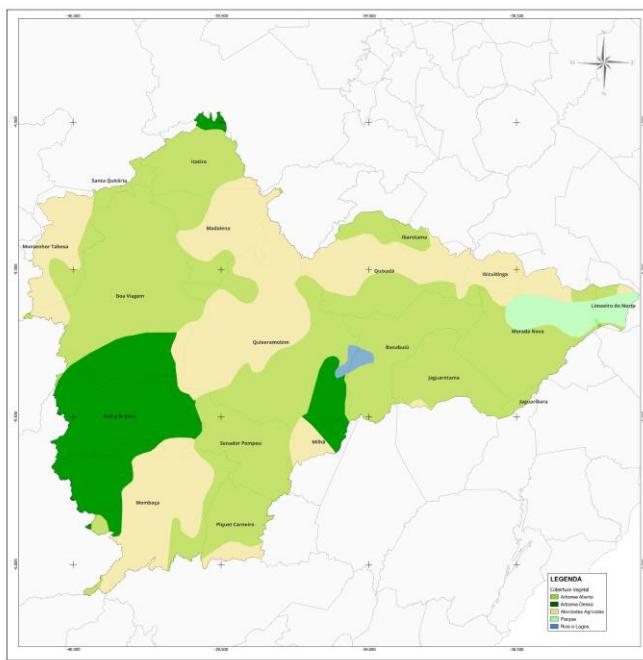
No Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Figura 01), observa-se que aproximadamente 36,8% da bacia está dedicada à agricultura de sequeiro e pastagem (plantada e nativa). Essas áreas formam um mosaico heterogêneo de lavouras e pastagens, refletindo a adaptação dos agricultores ao clima semiárido. O mapa espacializa ainda as zonas agrícolas de maior inclinação ou solo frágil, evidenciando onde o manejo inadequado intensifica a erosão e compromete a infiltração de água. Tal informação é essencial para o planejamento hídrico regional, pois indica onde práticas sustentáveis devem ser incentivadas e onde a irrigação e as adutoras precisam de maior controle. Ademais, o uso do solo mapeado permite dimensionar demandas múltiplas pela água (irrigação, pecuária e abastecimento), apoiando estratégias proativas de convivência com a seca.

Figura 01 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Região Hidrográfica do Banabuiú



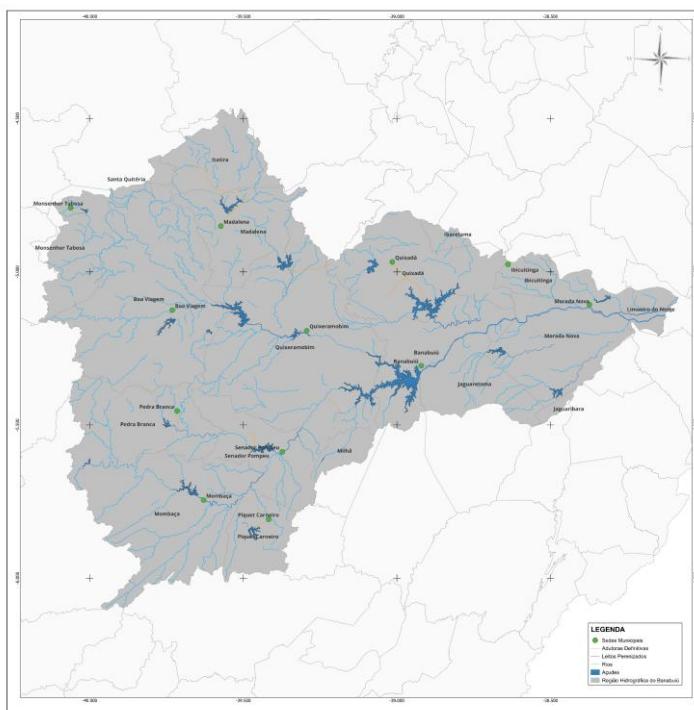
O Mapa de Cobertura Vegetal (Figura 02) revela que cerca de 61,6% da área da bacia é ocupada pela Caatinga, dividida entre Caatinga arbustiva ( $\approx 46\%$ ) e Caatinga florestada ( $\approx 15,6\%$ ). Esses biomas nativos são cruciais para a retenção de água no solo e a regulação microclimática. Entretanto, o mapa evidencia também que parte significativa da vegetação original foi convertida em pastagens cultivadas e mosaicos de agricultura-pastagem (em torno de 36,8% do território). Essa degradação da cobertura natural, por desmatamento para cultivo e exploração pecuária, indica áreas de maior vulnerabilidade ambiental. Para o gerenciamento da seca, saber onde a vegetação está mais degradada é vital, pois nesses locais a evaporação aumenta e os solos tendem a secar mais rápido, agravando a escassez de água. Assim, o mapa de vegetação orienta ações de recuperação ambiental e restrição de uso para mitigar impactos hídricos (BANABUIÚ, 2022).

Figura 02 - Mapa de Cobertura Vegetal da Região Hidrográfica do Banabuiú



A rede hidrográfica e infraestrutura hídrica do Banabuiú (Figura 03), apresenta padrão dendrítico de drenagem em leitos intermitentes, típico de geologia. Com precipitações anuais baixas e irregulares, a disponibilidade superficial é limitada. Nesse contexto, a bacia conta com cinco grandes açudes públicos (capacidade total  $\approx 2,32 \times 10^9$  m<sup>3</sup>) e várias barragens de porte médio e pequeno. Essas obras de acumulação (por exemplo, os açudes Banabuiú e Fogareiro) são estratégicas para regular a vazão dos rios e garantir água durante estiagens severas. O mapa de infraestrutura hídrica destaca a localização desses açudes e das principais adutoras. Essa informação é crucial para o planejamento de ações como reforma de sistemas de abastecimento, abertura de comportas ou interconexão de reservatórios, permitindo antecipar-se à escassez e assegurar múltiplos usos da água.

Figura 03 - Mapa de Hidrografia e Infraestrutura Hídrica da Região Hidrográfica do Banabuiú



Para concluir a caracterização espacial, um Mapa de Localização (Figura 4) situa a bacia do Banabuiú no contexto do Ceará e da Região Hidrográfica do Jaguaribe. Além disso, o Mapa de Estações Pluviométricas e Fluviométricas (Figura 5) mostra a distribuição da rede de monitoramento meteorológico e hidrológico: há cerca de 128 estações pluviométricas e 36 estações fluviométricas operando na bacia (ANA, 2020). Essa rede de monitoramento é representada no mapa para evidenciar pontos críticos de captação de dados. A localização espacial das estações é fundamental para calibrar modelos hidrológicos e estabelecer gatilhos de alarme de seca: municípios mais secos ao oeste e sub-bacias accidentadas têm menor cobertura de monitoramento, indicando a necessidade de expansão da rede. Em síntese, os mapas de localização e estações facilitam a gestão integrada da bacia, permitindo cruzar informações de chuva, vazão e uso da terra em escalas espaciais compatíveis para decisões.

Figura 04 - Mapa de Localização da Região Hidrográfica do Banabuiú

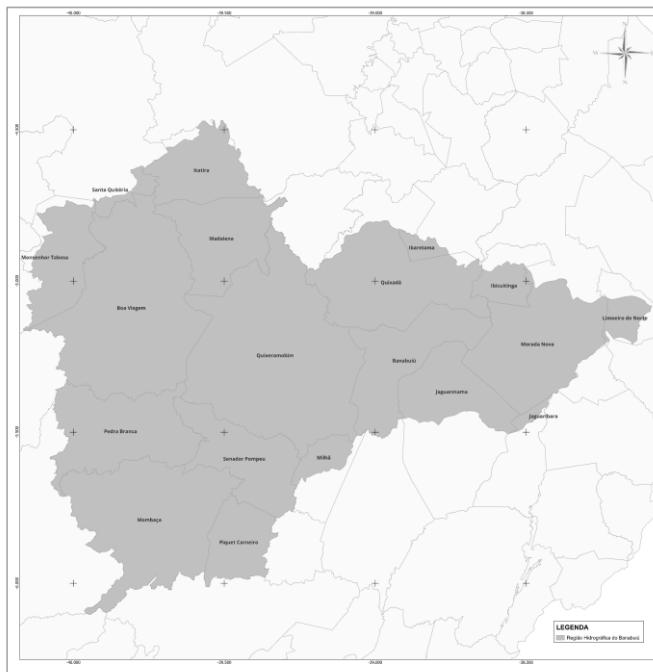
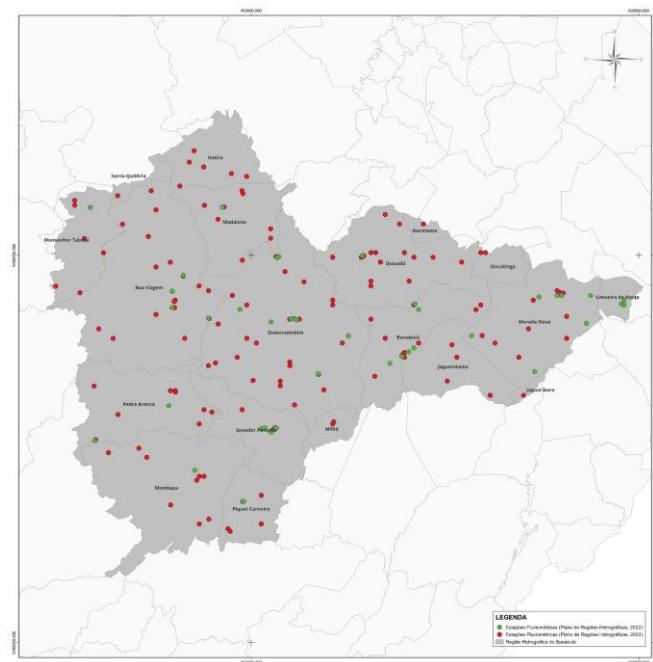


Figura 05 - Mapa das Estações Pluviométricas e Fluviométricas da Região Hidrográfica do Banabuiú



Os produtos cartográficos resultantes da caracterização das bacias hidrográficas cearenses mostraram-se instrumentos essenciais para o diagnóstico territorial e para a formulação de Planos de Gestão Proativa da Seca. Cada mapa temático fornece insumos específicos que, quando integrados, embasam decisões estratégicas dos Comitês de Bacia e demais gestores (BIELENKI JUNIOR et al.,

2015). Por exemplo, identificar os polos urbanos próximos a açudes auxilia a priorizar investimentos em infraestrutura de abastecimento, delinear áreas degradadas pela agropecuária permite focar em ações de restauração ambiental e conhecer a malha de açudes apoia a alocação participativa da água nos períodos de escassez. Em suma, os mapas elaborados oferecem visão sistêmica da bacia, subsidiando a tomada de decisão descentralizada e colaborativa, conforme preconizam os Planos de Gestão Proativa da Seca. A adoção desses produtos cartográficos pelos Comitês de Bacia fortalece a governança hídrica, permitindo antecipar-se às estiagens e mitigar seus impactos, contribuindo para a convivência sustentável com o semiárido cearense.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP e da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará - COGERH.

## REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2020). *Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH*. Brasília: ANA. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br>. Acesso em: 5 jun. 2025.
- ARAÚJO JÚNIOR, J. A. (2018). *Gestão de secas no semiárido brasileiro: proposta de abordagem integrada para bacias hidrográficas*. FUNCEME, Fortaleza – CE.
- BIELENKI JÚNIOR, C. A.; SILVA, M. M.; FREIRE, L. M. (2015). “Instrumentos de apoio à gestão proativa de secas: cartografia temática e sistemas de alerta”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20(2), pp. 321–336. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n2.p321-336>.
- COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. (2022). *Plano de Ação da Região Hidrográfica do Banabuiú*. Fortaleza – CE. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2022/08/Plano-de-a%C3%A7%C3%A3o-BANABUI%C3%9A-FINAL-APROVADO.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2025.
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. (2020). *Mapeamento da Cobertura Vegetal do Ceará*. Fortaleza – CE.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). *Manual técnico de uso e cobertura da terra*. 3. ed. IBGE, Rio de Janeiro – RJ. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7).
- IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. (2022). *Perfil dos Municípios Cearenses*. Fortaleza – CE.
- JENKS, G. F. (1967). “The data model concept in statistical mapping”. *International Yearbook of Cartography*, 7, pp. 186–190.
- MEDEIROS, S. F.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (2011). “SIG aplicado ao ordenamento territorial”. *Revista Brasileira de Geografia*, 68(1), pp. 35–48.

SILVA, F. A.; ARAÚJO JÚNIOR, J. A.; SOUZA FILHO, F. A. (2014). “Metodologia participativa para construção de planos de convivência com a seca no semiárido brasileiro”, in Anais do XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió – AL, Nov. 2014, 1.

SOUZA FILHO, F. A.; ARAÚJO JÚNIOR, J. A.; SILVA, F. A. (2023). “Gestão proativa de secas no Ceará: experiências e lições aprendidas”, in Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Porto Alegre – RS, Nov. 2023.