



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Geotecnologias Aplicadas à Identificação de Nascentes: *Um Estudo de Caso no Município de Juazeiro do Norte*

Adrianne Keyser de Sousa Maia¹, Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral², Marcelo Oliveira Teles de Menezes³

¹ Mestranda em Tecnologia e Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Campus Fortaleza, CEP 60040-531, Fortaleza, CE, adrianne-1@hotmail.com (autor correspondente). ² Dra. em Ciências da Engenharia Ambiental, Professora Titular, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Fortaleza, Departamento de Construção Civil, CEP 60040-531, Fortaleza, CE, najila@ifce.edu.br. ³ Dr. em Ecologia e Recursos Naturais, Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Fortaleza, Departamento de Educação, CEP 60040-531, Fortaleza, CE, teles@ifce.edu.br

Artigo recebido em 04/11/2024 e aceito em 22/02/2025

RESUMO

Em regiões onde a disponibilidade de água é um recurso crítico, como é o caso do município Juazeiro do Norte, a aplicação de geotecnologias desempenha um papel fundamental na identificação e na gestão sustentável de nascentes. No sentido de colaborar com o monitoramento das Áreas de Preservação Permanente, esse trabalho teve como objetivo identificar nascentes em Juazeiro do Norte, no estado do Ceará, a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) e outras geotecnologias, em análise à prestação de serviços de saneamento. A identificação das nascentes tem relevância dentro do Geopark Araripe, no sentido de ser uma das estratégias de produção de água, dentro do contexto e finalidade da referida área protegida. A metodologia foi dividida em fases que incluem: a delimitação da rede de drenagem, de microbacias hidrográficas e de nascentes, utilizando o MDE no software livre QGIS, além de pesquisa bibliográfica e documental. Foi possível identificar 92 nascentes no município, 27 delas na área de maior densidade ocupacional, de modo a levantar questões sobre a sustentabilidade dos recursos hídricos devido as condições físico-químicas dos corpos hídricos próximos à locais mais urbanizados na região do Cariri. A implementação de um programa de pagamento por serviços ambientais no município pode incentivar a adoção de práticas sustentáveis e promover proteção dos recursos naturais. As informações obtidas a partir do MDE podem ser utilizadas para verificar a presença e estado atual das nascentes nos pontos indicados, além de orientar políticas e práticas que garantam a proteção e a qualidade dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Área de Preservação Permanente; Urbanização; Pagamento por Serviços Ambientais.

Geotechnologies Applied to the Identification of Springs: *A Case Study in the Municipality of Juazeiro do Norte*

ABSTRACT

In regions where water availability is a critical resource, as is the case of the municipality of Juazeiro do Norte, the application of geotechnologies plays a fundamental role in the identification and sustainable management of springs. In order to collaborate with the monitoring of Permanent Preservation Areas, this work aimed to identify springs in Juazeiro do Norte, in the state of Ceará, from the Digital Elevation Model (MDE) and other geotechnologies, in analysis of the provision of sanitation services. The identification of springs is relevant within the Araripe Geopark, in the sense of being one of the water production strategies, within the context and purpose of the protected area. The methodology was divided into phases that include: the delimitation of the drainage network, watersheds and springs, using the MDE in the free software QGIS, in addition to bibliographic and documentary research. It was possible to identify 92 springs in the municipality, 27 of them in the area of highest occupational density, in order to raise questions about the sustainability of water resources due to the physicochemical conditions of water bodies near more urbanized places in

the Cariri region. The implementation of a payment for environmental services program in the municipality can encourage the adoption of sustainable practices and promote the protection of natural resources. The implementation of a payment for environmental services program in the municipality can encourage the adoption of sustainable practices and promote the protection of natural resources. The information obtained from the MDE can be used to verify the presence and current state of the springs at the indicated points, in addition to guiding policies and practices that ensure the protection and quality of water resources.

Keywords: Geoprocessing; Permanent Preservation Area; Urbanization; Payment for Environmental Services.

Introdução

Os recursos hídricos são essenciais para a vida, porém o aumento de produção e consumo da sociedade, bem como as mudanças de uso e ocupação do solo acarretam problemas como poluição, desmatamento e perda de biodiversidade. Essas alterações ambientais causadas por atividades humanas comprometem o equilíbrio ecológico das paisagens e dentre os principais recursos afetados estão os sistemas hídricos, como áreas de nascentes (Silva et al. 2020). De acordo com Silva et al. (2021) os problemas ambientais somado a escassez de água compromete a quantidade e qualidade disponível desse recurso para as diversas atividades humanas na região Nordeste do Brasil.

No Brasil, a legislação federal reconhece e protege diferentes tipos de Áreas de Preservação Permanente (APP), por exemplo, nascentes e matas ciliares, que estão diretamente relacionadas a proteção e manutenção da qualidade dos recursos hídricos e promovem serviços ecossistêmicos de provisão e regulação (Brasil, 2012; Martins et al., 2020). No caso das nascentes, devem ser preservadas a área no entorno com um raio mínimo de 50 metros em áreas urbanas ou rurais. Em relação à vegetação ciliar de rios, localizada em zona rural ou urbana, a faixa de proteção varia de acordo com a largura do corpo hídrico (Brasil, 2012).

A expansão do agronegócio, monoculturas para exportação e agropecuária sem medidas conservacionistas é responsável pela rápida alteração na cobertura do solo resultando na degradação ambiental dos espaços rurais e bacias hidrográficas, o que ressalta a importância de estudos sobre a dinâmica de uso e ocupação do solo para o monitoramento, controle e planejamento racional da utilização do uso da terra (Alves et al., 2023; Barão et al., 2021; Leandro & Rocha, 2019).

A urbanização também traz consequências para os recursos hídricos e para a sociedade devido, por exemplo, às ocupações irregulares no entorno de nascentes e mananciais,

aos ocasionais desperdícios, poluição e aos usos inadequados do solo que causam impermeabilização, o que acarreta enchentes e inundações (Bezerra; Carvalho, 2022; Lima et al., 2021).

Nesse cenário de degradação ambiental, o uso de ferramentas de geoprocessamento fornece dados fundamentais para o planejamento territorial, pois facilita a avaliação e monitoramento das áreas afetadas (Pereira & Guntzel, 2022). Assim, as geotecnologias têm se destacado nos últimos anos como um importante instrumento a ser empregado na educação (Giarola & Souza, 2024; Souza et al., 2021b) e na gestão ambiental (Barros et al., 2023; Lopes et al., 2024).

Além disso, essas tecnologias também podem ser utilizadas para identificar e avaliar drenagens de um terreno, estimar taxas de evapotranspiração, analisar uso e cobertura do solo, mapear níveis de fragilidade ambiental, realizar perícias ambientais e monitorar áreas destinadas a preservação (Gomes et al., 2020; Lira et al., 2022; Medeiro et al., 2021; Queiroga et al., 2023; Ramos et al., 2020; Ramos & Nóbrega, 2020; Santos et al., 2021; Souza et al., 2021a;).

A utilização de Sistemas de Informação Geográficas (SIG), geoprocessamento e sensoriamento remoto de forma integrada fornece dados precisos e atualizados, que são essenciais para o monitoramento, por exemplo, de áreas com potencial de degradação ou áreas prioritárias para conservação, auxiliando na tomada de decisões e contribuindo para a gestão eficiente dos recursos naturais (Marinho et al., 2022; Moreto et al., 2021; Santos Junior et al. 2022).

O mapeamento de APP é um recurso importante para a sua conservação (Tasca et al., 2022) e uso de geotecnologias permite obter informações que podem ser utilizadas como subsídio para o planejamento e monitoramento (Santos et al., 2021; Teixeira & Rizzatti, 2022). Como exemplo de ferramentas para monitoramento, o Cadastro Ambiental Rural (CAR) integra informações ambientais atualizadas

de propriedades e posses rurais que podem ser utilizadas para planejamento e ordenamento territorial, além de análises ambientais como controle de desmatamento (Silva et al., 2021).

Outros exemplos são a Plataforma Estadual de Dados Espaciais Ambientais (PEDEA), elaborada pela Secretaria de Meio Ambiente e Mudança do Clima do Ceará, e a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Estruturado pelo Instituto Brasileiros de Geografia e Estatística (IBGE). Citadas plataformas SIG disponibilizadas pelo governo oferecem acesso a diferentes dados geoespaciais e podem contribuir com análises ambientais e monitoramento de recursos naturais, permitindo que pesquisadores, gestores e formuladores de políticas realizem análises elaboradas e tomem decisões (Silva & Julião, 2022).

O município Juazeiro do Norte, situado do sul do Estado do Ceará, integra o Geopark Araripe, está inserido na Bacia Hidrográfica Salgado e é abastecido por águas subterrâneas que de acordo com Lemos et al. (2024) sofrem impactos em sua recarga e reserva devido à estiagem e atividades antrópicas como desmatamento, compactação do solo e poluição de águas superficiais.

Em regiões onde a disponibilidade de água é um recurso crítico, como é o caso do município Juazeiro do Norte (Ferreira et al., 2020), a aplicação de geotecnologias desempenha um papel fundamental na identificação e na gestão sustentável de nascentes. Assim, justifica-se estudar a delimitação das nascentes no sentido de colaborar com o monitoramento das APP, de acordo com o estabelecido pela Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.

Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa é identificar nascentes em Juazeiro do Norte, no estado do Ceará, a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) e outras geotecnologias, em análise à presença de esgotamento sanitário. Este estudo de caso não apenas ilustra a aplicação prática das geotecnologias na gestão de recursos hídricos, mas também destaca seu potencial para promover uma abordagem integrada e sustentável na conservação ambiental.

Metodologia

A área de estudo da pesquisa é o município Juazeiro do Norte, cidade com a segunda maior densidade populacional da região

do Cariri cearense e terceira no Estado do Ceará, Brasil, com área de 248,8 km² (Almeida et al., 2024), e com 95% do território de área urbana (IBGE, 2010). O município integra o Geopark Araripe, primeiro Geopark das Américas a ser aprovado pela Rede Mundial de Geoparques (Global Geopark Network) (Duarte et al., 2021) e que foi reconhecido pelo Programa Mundial de Geoparques UNESCO em 2016.

O Geopark Araripe está localizado no sul do Estado do Ceará, abrangendo também outros cinco municípios da região, a saber: Crato, Barbalha, Nova Olinda, Missão Velha e Santana do Cariri. Registra-se que referida área protegida possui 59 distintos sítios, que são objetos de conservação, educação e turismo dentro do contexto da referida área. Dentre os sítios de interesse onze são reconhecidos como geossítios, um deles, o geossítio Colina do Horto, está localizado no município Juazeiro do Norte.

De acordo com o Palácio et al. (2021, p.3) a área de estudo “possui clima tropical seco com chuvas irregulares ao longo do ano, está sobre a bacia sedimentar do Araripe, de relevo de topo plano e inserida na bacia hidrográfica do rio Salgado”. Segundo o Perfil Municipal de Juazeiro do Norte a pluviometria do município é de 925 mm, a vegetação é caracterizada como Floresta Caducifólia Espinhosa e os solos como Aluviais e Podzólico Vermelho-Amarelo (IPECE, 2018). Esses solos foram classificados como Neossolos e Argissolos, respectivamente, após a nova classificação de solos brasileiros (Santos et al., 2018).

Juazeiro do Norte tem sua área urbana drenada por afluentes do Rio Batateiras e apresenta diversos pontos de inundação devido a ocupações ribeirinhas e impermeabilização do solo (Gonçalves & Fernandes, 2022). Em relação ao acesso à rede de esgoto no município Juazeiro do Norte, considerando rede geral e fossas sépticas ligadas a rede, de acordo com o Censo Demográfico do ano de 2022, apenas 23,41% da população é atendida (IBGE, 2022). Esse valor é inferior ao alcançado no ano de 2011, o que de acordo com Leite et al. (2024) demonstra que o esgotamento sanitário não acompanhou o crescimento populacional.

Conforme Araújo et al. (2021) o turismo religioso e o comércio são as principais atividades econômicas do município, o que pode ter contribuído para que o processo de urbanização ocorresse de forma mais acelerada que em outros

municípios da região. No entanto, esse processo acarretou diferentes impactos ambientais, principalmente ligados ao saneamento básico, como contaminação de corpos d'água, impermeabilização, assoreamento e proliferação

de vetores de doenças. A área de estudo é apresentada na Figura 1.

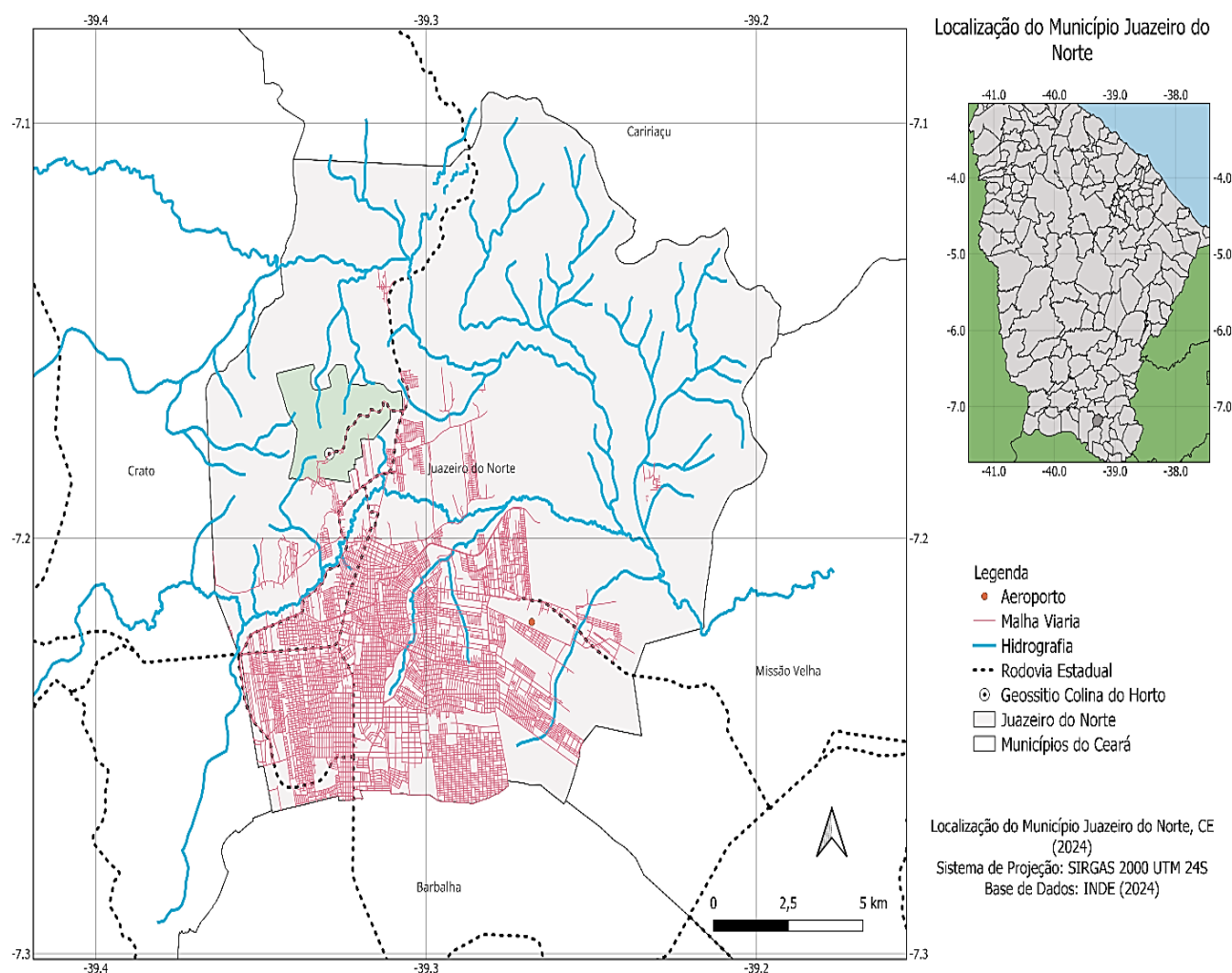


Figura 1. Localização do município Juazeiro do Norte, Ceará.

Para a identificação das nascentes, presentes no município, por meio de geotecnologias optou-se pelo uso do software livre QGIS versão 3.28.6. Os dados cartográficos utilizados foram obtidos em consulta ao banco de dados da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (BRASIL, 2008).

A metodologia desta pesquisa foi dividida em seis fases. Foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), procedimento empregado nos estudos de Barão et al. (2021) e Queiroga et al. (2023), de acordo com as fases descritas a seguir:

I) *Download* do MDE: No primeiro momento foi realizado o *download* do Modelo Digital de Elevação (MDE) do município Juazeiro do Norte, utilizando a imagem s08_w040_1arc_V3 do sensor *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizada de forma gratuita no portal *United States Geological Survey* (USGS), referente a 14 de julho de 2014 e com data de aquisição 17 de junho de 2024. Ressalta-se que essa imagem datada de 2014 é a última disponível para acesso. O MDE foi submetido a diferentes tratamentos (descritos adiante) para obter a rede de drenagem, aspecto e localização das nascentes.

II) Reprojeção da área de estudo: Ao utilizar o MDE é fundamental assegurar que os dados geoespaciais estejam adequadamente alinhados ao sistema de referência da área de estudo. Para tanto, conforme Martins et al. (2022) foi necessária a reprojeção da imagem, realizada no software livre QGIS, para o sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000/UTM 24S.

Este procedimento é necessário para garantir a precisão espacial e a coerência dos dados, uma vez que discrepâncias no sistema de referência podem resultar em erros significativos na localização das nascentes. Assim, a reprojeção permite a correta superposição dos dados geográficos com outras camadas temáticas, assegurando a integridade e a precisão das análises subsequentes. Em seguida, no QGIS, foi necessário realizar a correção das depressões na imagem.

III) A fim de remover as distorções provocadas por fatores como erros de medição ou irregularidades do terreno e assegurar que o Modelo Digital de Elevação represente com precisão a topografia da área de estudo o processo de correção do MDE foi realizado por meio das ferramentas *Terra Analysis Hydrology* e *Fill skins*.

IV) Com o MDE corrigido, a quarta etapa consistiu em extrair o atributo drenagens, obter a ordem de fluxo e as nascentes. Para isso foi utilizada a ferramenta "*Channel network and drainage basins*" do SAGA GIS versão 9.1 (Conrad, 2015),

presente como complemento no software QGIS.

V) Para identificar apenas as nascentes, visto que a ferramenta disponibiliza também as junções dos rios, foi realizada uma seleção por meio de expressão na tabela de atributos do shapefile vetorial "*Junctions*". Nas opções Campos e Valores foi selecionada a camada "*Type*" adicionado o sinal de igualdade e em seguida selecionado o valor "*Spring*", que corresponde às nascentes.

VI) Por fim, no sentido de obter dados sobre saneamento ambiental, com ênfase na cobertura de esgoto, e outros aspectos relevantes para o município, foi realizada pesquisa bibliográfica abrangendo artigos acadêmicos e documentos oficiais. Além disso, foram consultados dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SINISA) e do mapeamento e caracterização dos núcleos urbanos informais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Os dados obtidos foram inseridos no software QGIS para melhor visualização.

Resultados e Discussão

Foram identificadas 230 junções no município de Juazeiro do Norte, dessas 92 foram apontadas como nascentes (Figura 2). A área de maior densidade urbana conta com 27 nascentes. Como pode ser observado na Figura 2.

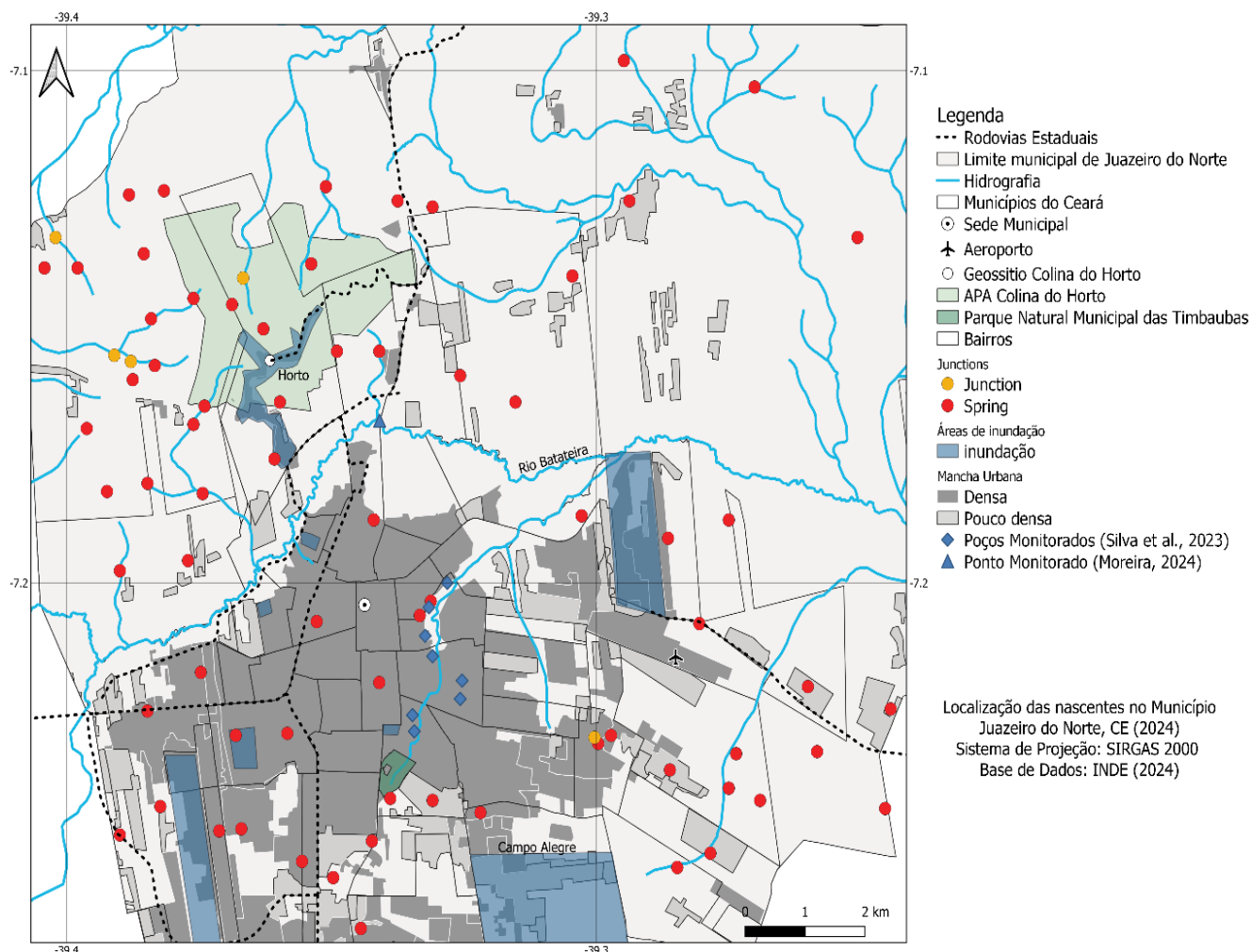


Figura 2. Localização de nascentes no município Juazeiro do Norte, Ceará, 2024

O mapa mostra poços monitorados por Silva et al. (2023) e ponto monitorado de qualidade de água realizados por Moreira et al. (2024), que foram utilizados como parâmetros para análise de proximidade com as nascentes, em interface à prestação de serviços de saneamento. Também é possível visualizar o Rio Batateira que atravessa o município de Juazeiro do Norte e faz parte da Sub-bacia hidrográfica do rio Salgado.

De acordo com Paula Filho et al. (2020) o rio Salgado apresenta oxigênio dissolvido (OD) abaixo do mínimo recomendável em alguns municípios da Região Metropolitana do Cariri, do qual Juazeiro do Norte é integrante, devido ao despejo de efluentes domésticos e outras atividades antrópicas. Portanto, a preocupação com a área em que as nascentes se encontram deve-se às condições físico-químicas da água ao se aproximar de pontos mais urbanizados, como o município estudado (Lima et al., 2024).

Em análise da qualidade da água realizada na Sub-bacia hidrográfica do rio Salgado Moreira et al. (2024) verificou que “as categorias variaram de “ligeiramente poluído” a “fortemente poluído”, com os municípios de Crato e de Juazeiro do Norte apresentando maior comprometimento da qualidade da água”.

Assim, a presença significativa de nascentes nas áreas mais densamente ocupadas levanta questões sobre o impacto da urbanização na qualidade e sustentabilidade dos corpos hídricos, visto que eles são particularmente vulneráveis à contaminação por resíduos sólidos e alterações no fluxo de água devido à impermeabilização do solo.

Em estudo realizado no município, Ferreira et al. (2020) verificaram que Juazeiro do Norte possuía, na época, 339 poços, dos quais 189 estavam em uso. Em análise realizada em uma amostra desses poços, Silva et al. (2023) alertaram

para o risco de contaminação devido a teores elevados de nitrato.

Além disso, os autores identificaram esgotos lançados diretamente nos corpos hídricos e disposição inadequada dos resíduos sólidos. Esse dado corrobora com os dados do IBGE com relação ao percentual de esgotamento sanitário no município que é de 23,41% (IBGE, 2022) e com os estudos de Araújo et al (2021).

A alteração na qualidade e quantidade desses recursos destaca a necessidade urgente de estratégias de conservação e gestão eficazes, pois a proteção dos recursos hídricos é crucial para garantir a sustentabilidade no município. Nesse sentido, os Comitês de Bacias Hidrográficas, órgãos colegiados que tem como objetivo promover planejamento e tomada de decisões dos múltiplos usos d'água (Matos & Ckagnazarof, 2020) tem se mostrado um ambiente favorável para que ocorram discussões e um espaço de mediação de conflitos socioambientais (Sá, 2020). O Comitê da Sub-Bacia do Rio Salgado aprovou o Plano de ações para a região hidrográfica do Salgado que inclui ações voltadas para a gestão da proteção e qualidade dos mananciais, educação ambiental, gestão de conflitos, secas, demanda urbana e aquícolas (Ceará, 2022).

A qualidade da água nos reservatórios é significativamente influenciada pela forma como o solo na sua bacia de drenagem é utilizado e ocupado, de modo que a deterioração da qualidade da água em mananciais de fácil acesso a população é resultado da expansão urbana desordenada e da ocupação de áreas às margens desses corpos hídricos, agravada pela falta de saneamento básico nessas regiões (Ramos et al., 2020; Silva et al., 2023).

Dessa maneira, deve-se prezar pela manutenção das características originais das matas ciliares e das nascentes, não sendo consentido alterações antrópicas, salvo casos permitidos na legislação (Martins et al., 2020), pois a cobertura vegetal auxilia na infiltração da água e no controle de outros processos, além de quebrar padrões de altas temperaturas (Longo et al., 2024). Como pode ser exemplificado em Juazeiro do Norte que possui ilhas de calor em regiões densamente ocupadas e ilhas de frescor em áreas com cobertura vegetal e corpos hídricos (Freitas et al., 2022).

A expansão desordenada das cidades brasileiras tem gerado sérios impactos nos

recursos hídricos e na qualidade de vida urbana, com a diminuição das áreas verdes e o aumento da poluição atmosférica que intensificam o fenômeno das ilhas de calor, ademais a falta de planejamento e de conformidade com regulamentações urbanísticas contribui para o aumento das enchentes, pois a ocupação irregular de áreas e a impermeabilização excessiva do solo prejudicam a qualidade da água e aumentam a carga de sólidos no escoamento pluvial (Teixeira & Araújo, 2023).

Desse modo, o forte adensamento populacional nas margens do rio é outra preocupação que se faz presente, pois o município Juazeiro do Norte possui áreas demarcadas como suscetíveis a inundações, como demonstrado na Figura 2, o que pode acarretar possíveis prejuízos aos corpos hídricos além de problemas sociais e econômicos.

Como observado na Figura 2, uma das áreas suscetíveis a inundações no município é o Horto, onde se encontra a Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero e o geossítio Colina do Horto, importante ponto turístico do município. O bairro é afetado por esse problema há anos, apesar da acentuada declividade e consequente baixa susceptibilidade a alagamentos, o que pode ser explicado pelo tipo de solo da região, Neossolo Litólico (Palácio et al., 2021) aliado a grande volume de chuva em curto período de tempo e falta de infraestrutura (Luna et al., 2023).

Os demais bairros suscetíveis a inundações, entretanto, estão localizados em áreas bastante urbanizadas e próximas aos rios, são eles: Triângulo, Campo Alegre, Pirajá, Conjunto Santo Antônio, Parque Iracema e São João/Arco Verde. Esse último está sendo ocupado com uma série de invasões no bairro Frei Damião, e as residências ocupam a Área de Preservação Permanente do rio. Já em Campo Alegre as inundações ocorrem devido a ocupação na área alagável de um açude presente no bairro.

A literatura indica outros bairros como suscetíveis a inundações devido à baixa declividade, são eles: João Cabral, Romeirão, Santa Tereza, Pirajá, Franciscanos, Limoeiro e Pio XII (Gonçalves & Fernandes, 2022) além dos bairros Tiradentes, Betolândia, José Geraldo, Lagoa Seca e Novo Juazeiro (Palácio et al., 2021).

Alguns impactos ocasionados pelas inundações e alagamentos são prejuízos materiais,

interrupção de atividades econômicas e contaminação das águas (Farias & Mendonça, 2022). Ademais, atividades humanas como agricultura predatória e ocupação irregular, bem como déficit de saneamento intensificam o processo de eutrofização de rios (Santos & Medeiros, 2023). Por isso, para garantir a sustentabilidade ambiental e condições sanitárias adequadas para as comunidades é essencial conservar os recursos naturais de acordo com o definido na legislação.

Em interface com esse estudo, ao fazer uso de geotecnologias, Ramos et al. (2021) constataram que mesmo com as restrições impostas pelo Código Florestal há uso inadequado na mata ciliar do Rio Piranhas, município de Sousa - PB, em áreas antropizadas, o que salienta a necessidade de proteção para as APP.

Silva et al. (2024) observaram um crescente processo de ocupação irregular em APP no município Crato – CE, e impactos ambientais em algumas dessas áreas. Da mesma maneira, Carvalho et al. (2021) notaram predominância de impactos ambientais em APP em áreas habitadas e estradas no município de Barreiras-BA. A canalização do rio Gregório, no município de São Paulo, acarretou aumento de enchentes, identificado pelos autores Fornaziero et al. (2022).

Ademais, Pisani et al. (2023) ao analisarem as APP em áreas urbanas e periurbanas no município Nepomuceno - MG verificaram conflitos de uso e ocupação devido à falta de planejamento, ao avanço urbano e as atividades agrícolas, que geram impactos negativos como assoreamento, lançamento de esgotos e resíduos nos corpos hídricos. A consequente poluição dos rios devido a esses processos e a falta de saneamento básico está relacionada às doenças transmitidas por veiculação hídrica (Mourão & Silva, 2024).

Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Pimenta et al. (2022), que identificaram no município de Aquidauana-MS a degradação no solo próximo a nascentes e olhos d'água devido a topografia e atividades como desmatamento, ressaltando a importância de diagnóstico ambiental e projetos de recuperação para essas áreas.

Em relação às propriedades rurais, Aquotti et al. (2019) verificaram que medidas de incentivo aos pequenos proprietários em conjunto com práticas de educação ambiental poderiam

contribuir para a manutenção da qualidade da água e minimização de impactos.

Desse modo, uma vez que os recursos hídricos na bacia do Rio Salgado estão comprometidos em vários pontos, o município Crato, vizinho a área estudada, criou um programa de pagamento por serviços ambientais que busca de promover a melhoria da qualidade da água por meio da conservação de nascentes (Crato, 2017).

Pois, as políticas públicas ambientais têm auxiliado na conservação da biodiversidade, especialmente quando relacionadas a unidades de conservação e prestação de serviços ecossistêmicos (Farinha et al., 2024).

Nesse sentido, o município Juazeiro do Norte, que está inserido no Geopark Araripe, já possui diversas atividades voltadas para a conservação e criou, em 2022, a Área de Proteção Ambiental Colina do Horto do Padre Cícero dentro do seu território. A APA visa promover a ordenação dos processos de uso e ocupação, a proteção e a conservação dos ecossistemas e dos recursos hídricos, além de recuperação de áreas degradadas e turismo sustentável (Ceará, 2022).

Contudo, dado o regime de manejo desse tipo de UC, que permite inclusive urbanização e atividades econômicas utilizadoras de recursos ambientais, a contribuição efetiva para manutenção dos recursos hídricos é limitada. Nesse sentido, seria desejável a criação de uma política de PSA, de modo semelhante ao município do Crato.

Utilizar a valoração ambiental é uma forma de demonstrar os múltiplos benefícios dos serviços ecossistêmicos, por isso ela é considerada uma ferramenta de auxílio à tomada de decisões e apoio a gestão de espaços protegidos, inclusive para a criação de incentivos financeiros à conservação como o pagamento por serviços ambientais (Borger et al., 2020; Farinha et al., 2023; Grilli et al., 2021; Lessa et al, 2021).

Mesmo sem uma metodologia padrão já existem exemplos de pagamentos por serviços ambientais em vários estados do Brasil (Oliveira & Nogueira, 2022), por exemplo, o Estado do Ceará possuía até o ano de 2020 trinta municípios com programas de PSA implementados por iniciativas municipais, como é o caso do município Crato (IBGE, 2021).

Respeitando as peculiaridades regionais Juazeiro do Norte também apresenta potencial

para implementação de um programa semelhante, visto que a maior parte dos PSA implementados são voltados para restauração e conservação de áreas protegidas como Áreas de Preservação Permanente (Colman et al., 2022; Portella et al., 2024) de forma a proteger os recursos hídricos (Coelho et al., 2021).

Contudo, vale ressaltar a necessidade de aliar educação ambiental a esses incentivos, além de monitoramento durante esse processo, visto que muitas vezes os proprietários voltam a realizar práticas degradadoras, como observado nos estudos de Corrêa et al. (2020) e Corrêa et al. (2022) em que a área de desmatamento cresceu e a área de proteção das nascentes foi reduzida mesmo com o programa de desenvolvimento rural sustentável que protegia APP.

Conclusão

A identificação de 92 nascentes no município exige uma abordagem equilibrada entre desenvolvimento urbano e conservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), conforme estabelecido pela Lei Federal nº 12.651/2012, pois estas áreas desempenham um papel importante na proteção dos recursos hídricos e na saúde pública das comunidades.

As informações obtidas a partir do Modelo Digital de Elevação podem ser utilizadas para verificar a presença e estado atual das nascentes nos pontos indicados, além de subsidiar políticas e práticas que garantam a proteção e a qualidade dos recursos hídricos.

Contudo, embora não tenha sido o foco deste estudo, a elaboração de políticas públicas deve incluir a validação dos pontos indicados *in loco*, para garantir a precisão dos dados e consequentemente das ações a serem desenvolvidas.

A preservação das nascentes não apenas garante o abastecimento de água de qualidade, mas também contribui significativamente para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos essenciais para a sociedade. A implementação de um programa de pagamento por serviços ambientais no município pode incentivar a adoção de práticas sustentáveis e promover maior engajamento na proteção dos recursos naturais.

Monitorar e respeitar a legislação ambiental são passos essenciais para assegurar a

sustentabilidade das APPs e o cumprimento dos seus objetivos de conservação. A aplicação de geotecnologias tem se mostrado fundamental nesse processo, permitindo o mapeamento das nascentes e a identificação de áreas vulneráveis à degradação, de modo que a sua utilização contínua para monitorar e avaliar a condição das nascentes permitirá uma abordagem mais proativa para a conservação dos recursos hídricos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), do Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental (LERCA) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE).

Referências

- Almeida, R. R., Moura-Fé, M. M., Pinheiro, M. V. A. (2024). A cidade-oficina: o patrimônio cultural de Juazeiro do Norte e o desenvolvimento regional sustentável. *Revista de História Regional*, 29. <https://doi.org/10.5212/Rev.Hist.Reg.v.29.22546>
- Alves, S. M. J., Furtado, A. C., Souza, J. C. (2023). Dinâmica do agronegócio e a supressão da vegetação de cerrado no município de Quirinópolis/Goiás. *Élisée - Revista de Geografia da UEG [Online]*, 12(1), e121239. <https://doi.org/10.31668/elisee.v12i01.13677>
- Aquotti, N. C. F., Yamagushi, N. U., Gonçalves, J. E. (2019). Preservação e conservação de nascentes em propriedades rurais: Impactos, ações e contradições. *Enciclopédia Biosfera [Online]*, 16(29). https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A116
- Araújo, R. S., Oliveira, C. W., Soares, B. F., Oliveira, J. C. A. (2021). 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*, 1(43), 104-126. <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/artic/e/view/6948>
- Barão, W. N., Melloni, E. G. P., Pons, N. A. D., Teixeira, D. L. S., (2021). Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao estudo do conflito de uso do solo em microbacias do município de Senador Amaral – MG. *Revista*

- Brasileira de Geografia Física [Online]*, 14(1), 439-454.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.1.p439-454>.
- Barros, A. H. R. O., Simão, B. A. N., Veríssimo, E. P. S., Frota, D. B., Souza, E. F. M., Rocha, K. J. Fulan, J. A., Carneiro, K. A. A., Cavalheiro, W. C. S., Rodrigues, J. B. B., Nascimento, J. M. S., Vendruscolo, J. (2023). Análise da cobertura do solo como ferramenta para o planejamento e a gestão ambiental na microbacia do Rio Professora Cleci, Amazônia Ocidental, Brasil. *Caderno Pedagógico*, 20 (10), 4388-4407.
<https://doi.org/10.54033/cadpedv20n10-005>
- Bezerra, E. T. & Carvalho, E. M. (2022). Áreas de Preservação Permanente nos perímetros urbanos de Aquidauana e Anastácio – MS. *Geofronter [Online]*, 8.
<https://doi.org/10.61389/geofronter.v8.7151>.
- Börger, T., Hooper, T. L., Austen, M. C., Marcone, O., Rendón, O. (2020). Using stated preference valuation in the offshore environment to support marine planning. *Journal of Environmental Management [Online]*, 265, e110520.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110520>
- BRASIL. Decreto Federal nº 6666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 28 nov. 2008. Acesso em: 12 fev 2025.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Acesso em: 19 jul 2024.
- Carvalho, C. G. S., Oliveira, U. R., Porto, R. A., Silva, N., Farias, R. C. G., (2021). Uso de geotecnologias na identificação e na avaliação dos impactos ambientais nas áreas de preservação permanente em nascentes. *Brazilian Journal of Development [Online]*, 7(4), 39362-39380.:
<https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-410>.
- CEARÁ (Estado). Decreto nº 34.608, de 29 de março de 2022. Dispõe sobre a criação da Unidade de Conservação Estadual de uso sustentável da categoria de Área de Proteção Ambiental (APA) denominada Horto do Padre Cícero no município de Juazeiro do Norte e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Ceará: Série 3, Ano XIV, nº069, Fortaleza/CE, 29 mar. 2022. Acesso em: 19 jul 2024.
- CEARÁ (Estado). Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Rio Salgado: Programas e Ações da Região Hidrográfica do Salgado [Livro Eletrônico]. 2022. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/PRODUTOS%20PLANOS%20FINALIZADOS/PROGRAMAS%20E%20A%C3%87%C3%95ES/PROGRAMAS%20E%20A%C3%87%C3%95ES%20SALGADO%20VERS%C3%83O%20FINAL.pdf>
- Coelho, N. R., Gomes, A. S., Cassano, C. R. (2021). Como se paga pelo serviço ambiental hídrico? Uma revisão das experiências brasileiras. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 56, 139-157.
<https://doi.org/10.5380/dma.v56i0.74390>
- Colman, C. B., Guerra, A., Roque, F. O., Rosa, I. M. D., Oliveira, P. T. S., (2022). Identifying priority regions and territorial planning strategies for conserving native vegetation in the Cerrado (Brazil) under different scenarios of land use changes. *Science of the Total Environment [Online]*, 807, e.150998.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150998>
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., E Böhner, J., 2015. Sistema para Análises Geocientíficas Automatizadas (SAGA) v. 2.1.4, *Geosci. Model Dev.*, 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015
- Corrêa, C. A., Deus, L. A. B., Costa, N. M. C., (2020). Cenários ambientais e o incentivo à proteção de áreas de preservação permanente na Microbacia do Rio Fagundes, Paraíba do Sul/RJ. *Geo UERJ [Online]*, 37, e30728.
<https://doi.org/10.12957/geouerj.2020.30728>.
- Corrêa, C. A., Costa, N. M. C., Felipe, M. F., (2022). Áreas de preservação permanente de nascentes protegidas pelo Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável – Rio Rural, microbacia do Rio Fagundes, Paraíba do Sul (RJ): Conflitos, lacunas e alternativas. *Ensaios de Geografia [Online]*, 9(18) 68-97.
<https://doi.org/10.22409/eg.v8i18.50227>
- CRATO, CE. Lei Municipal nº 3.296 de 25 de agosto de 2017. Cria o Programa Municipal Produtor de Água, com o objetivo de promover

- a melhoria da qualidade das águas e assegurar a disponibilidade dos recursos hídricos e dá outras providências. *Diário Oficial do Município, CE*, Ano 2017, Edição nº 3760E, 28 ago. 2017. Acesso em: 06 ago 2024.
- Duarte, A. K. G., Mendonça, F. J.S. de F., Cabral, N. R. A. J., Souza, B. S. C. (2021). Diagnóstico do nível de sustentabilidade em comunidade do Geopark Araripe da UNESCO. *Revista Produção Online*, 21(3), 973-999. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v21i3.4345>
- Farias, A. & Mendonça, F., (2022). Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. *Sociedade & Natureza [Online]*, 34, e.63717. <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63717>
- Farinha, M. J. U. S., Berezuk, A. G., Bernardo, L. V. M., Soares Filho, A., (2023). Assessment of Ecosystem Services Provided by a Green Urban Infrastructure in Brazilian Atlantic Forest Biome Areas – Dourados, Mato Grosso do Sul. *Sociedade & Natureza [Online]*, 35, e68219. <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-68219>
- Farinha, M. J. U. S., Berezuk, A. G., Bernardo, L. V. M., Soares Filho, A., (2024). Dinâmica Espaço-temporal do uso das terras em Mato Grosso do Sul entre 1988 a 2018 e Pagamento por Serviços Ecossistêmicos. *Sociedade & Natureza [Online]*, 36, e72040. <https://doi.org/10.14393/SN-v36-2024-72040>
- Ferreira, S. K., Carneiro, N. M. A., Saraiva, C., Muniz, R. L. (2020). Análise da disponibilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos Município de Juazeiro do Norte, Ceará. In: *Semiárido Brasileiro* (Vol. 4, 1 ed., pp.17-20), Editora Poisson. <https://doi.org/1.36229/978-85-7042-231-6>
- Fornaziero, D. O., Vendruscolo, J., Mattos, S. H. V. L., Fulan, J. A., (2022). Efeitos da urbanização e atividades agropecuárias sobre as enchentes no Córrego do Gregório em São Paulo, Brasil. *RECIMA21- Revista Científica Multidisciplinar [Online]*, 3(3). <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i3.1281>.
- Freitas, C. A. S., Moreira, L. C. J., Calou, V. B. C., Figueiredo, J. V., Sousa, R. R., Sampaio, G. G. C., Saraiva, K. R., Carvalho, C. M., Silva, M. R. (2022). Sensoriamento Remoto aplicado à análise do fenômeno de Ilhas de Calor na Cidade de Juazeiro do Norte – CE. *Research, Society and Development*, 11(12), e237111234265. <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34265>
- Giarola, L. L. & Souza, C. J. O., (2024). Geotecnologias para o ensino de geografia: O que dizem as pesquisas brasileiras recentes (2018-2022)? *Revista Territorium Terram [Online]*, v. 07(12), 289-303. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12674731>
- Gomes, D. S., Lira Filho, M. A., Holanda, T. F., Torres, M. S. S. (2020). Uso imagens de radar SRTM para delinear Áreas de Proteção Permanente no topo de morro para apoiar o mapeamento e análise no CAR. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, 1(3), 29-39. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4584297>
- Gonçalves, P. A. S. & Fernandes, R. O., (2022). Caracterização fisiográfica e do uso e ocupação de bacias urbanas em Juazeiro do Norte/CE. *Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica [Online]*, 15(2), 632–648. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.79088>
- Grilli, G., Tyllianakis, E., Luisetti, T., Ferrini, S., Turner, R.K., (2021). Prospective tourist preferences for sustainable tourism development in Small Island Developing States. *Tourism Management [Online]*, 82, e.104178. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2020.104178>
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2010). *Censo Demográfico 2010: População residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios – 2010*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=23&dados=0>. Acesso em: 21 out. 2024.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). *Perfil dos municípios brasileiros: 2020* / IBGE, Coordenação de População e indicadores Sociais. – Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101871>
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2024). *Censo Demográfico 2022 - tipos de domicílios coletivos, improvisados, de uso ocasional e vagos: resultados do universo*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102113.pdf> Acesso: 20 ago 2024.

- IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. (2018). *Perfil Municipal 2017 – Juazeiro do Norte*. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Juazeiro_do_Norte_2017.pdf Acesso em: 04 out 2024.
- Leandro, G. R. S. & Rocha, P. C., (2019). Expansão agropecuária e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Sepotuba – Alto Paraguai, Mato Grosso – Brasil. *Sociedade & Natureza [Online]*, 31, e45603. <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v31-2019-45603>
- Leite, M. D. M. S., Melo, F. S. S., Gouveia, A. M. L., Nascimento, D. C., Silva, F. R. M., (2024). Saneamento básico em Juazeiro do Norte e Sobral “capitais regionais” do interior do Ceará. *COLÓQUIO – Revista do Desenvolvimento Regional [Online]*, 21(2),68-93 <https://doi.org/10.26767/coloquio.v21i2,%20abr./jun>.
- Lemos, D. G., Brito, A. S., Lisboa, S. B., Fontenele, R. M. (2024). Impactos ambientais nos recursos hídricos subterrâneos em Juazeiro do Norte - CE: *Uma revisão integrativa*. In: Pesquisas interdisciplinares na área ambiental realizadas na região do Cariri cearense. Orgs. Fontele & Lisboa [recurso eletrônico] (Vol.1, 1 ed., pp.32-47).
- Lessa, T., Jepson, P., Bragagnolo, C., Campos-Silva, J. V., BarroS, E., Gomes, F., Pinheiro, B. R., FÉ, T. P. M., Malhado, A. C., Ladle, R. J., (2021). Revealing the hidden value of protected áreas, *Land Use Policy [Online]*, 111, e105733. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105733>
- Lima, C. A. M., Pereira, T. C. F. K., Magri, R. A. F., Carvalho, R. C. R., Oliveira, M. T., (2021). Nascentes urbanas em São Sebastião do Paraíso – MG: uma análise como plataforma de planejamento. *Brazilian Journal of Development [Online]*, 7(3), 21396-21411. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-042>.
- Lima, J. N. M., Faustino, F. W., Alencar, S. D., Teixeira, Y. N., Menezes, J. M. C., Teixeira, R. N. P., Giarrizzo, T.; Paula Filho, F. J., (2024). Poluição por microplásticos em microbacias urbanas da bacia do rio Salgado na região do Cariri-CE. *Cuadernos de Educación y Desarrollo [Online]*, 16(8),1-24. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n8-070>
- Lira, D. J. S.; Vieira, V. C. B.; Silva, A. J., (2022). Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na área do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba. *Research, Society and Development [Online]*, 11(11), e271111133368. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33368>.
- Longo, R. M., Silva, A. L., Carvalho, M. M., Ribeiro, A.I., (2024). Métricas da paisagem e qualidade ambiental nos remanescentes florestais do Ribeirão Quilombo em Campinas/SP. *Ciência Florestal*, 34(1), e71899, 1-22. <https://doi.org/10.5902/1980509871899>.
- Lopes, M. C., Rabelo, K. B., Luz, V. A. P., Costa, C. T. F., Bandeira, A. P. N., Tavares, P. R. L. (2024). Mapeamento do uso e ocupação da microbacia hidrográfica do Riacho Timbaúbas em Juazeiro do Norte-CE utilizando SIG. *Revista de Geociências do Nordeste*, 10 (1), 24-36. <https://doi.org/10.21680/24473359.2024v10n1ID33855>
- Luna, V. F., Duarte, C. C., Silva, J. M. O.; Anjos, L. S.; Nóbrega, R. S., (2023). Chuvas em Juazeiro do Norte, Ceará: Análise dos extremos e suas repercussões. *Revista de Geografia [Online]*, 40(1), 147-165. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2023.255255>
- Marinho, J. L. M., Cid, Y. P. M., Barros, W. V. R., Costa, M. S. S., Ribeiro, E. S., Carneiro, F. S., Repolho, S. M., Cordeiro, D. F. J., Jesus, R. C. S., Amaral, A. P. M. (2022). Application of geotechnology to identify egetation fragments in the municipality of Belém-Pará-Brasil in the year 2020. *Research, Society and Development*, 11(4), e46211426745. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.26745>
- Martins, R. A.; Costa, S. P.; Silva, H. M. M.; Santos, E. V.; Oliveira, R. S., 2020. Uso das geotecnologias no mapeamento da cobertura e uso da terra e na análise das condições ambientais das áreas de preservação permanentes na microbacia hidrográfica do Córrego Coqueiro, município de Pontalina – GO. *Revista Geoaraguaia [Online]*, 10(1),194-214. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/20010109>.
- Martins, W. R., Castro, J. D. B., Silva, A. A., (2022). Custo de restauração de uma nascente urbana do município de Uruaçu, Goiás, da bacia hidrográfica do Rio Passa-Três. *Research, Society and Development [Online]*, 11(11), e271111133368.

- 11(15), e228111537085.
<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37085>.
- Matos, F. & Ckagnazaroff, I. B., (2020). Os usos da água e o papel dos comitês de Bacia: um estudo de caso. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales* [Online], 5. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7757244>
- Medeiros, J. L. S., Jesus, I. S., Silva, T. J. R. D., Nascimento, M. B., Cezário, J. A., Paiva, W., SANTOS, L. L., Campos, G. M., Moitinho, E. B., Fonseca, L. L. S., (2021). Estimativa da evapotranspiração real utilizando geotecnologias na região do semiárido, Bahia, Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais* [Online], 12(6), 360-376. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.006.0030>
- Moreira, Y. W. N., Silva, F.J.A., Araújo, A.L., Lima, G.R.R. 2024. Qualidade da água em Bacia Hidrográfica do Nordeste brasileiro: aplicação do IQA CCME e do índice de poluição de Nemerow. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, 17(3), e3828. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.3-001>.
- Moreto, R. F., Mira, S. F., Soares, G. S., Santos Júnior, N. R. F., Vendruscolo, J., Cavaleiro, W. C. S., Stachiw, R., Rosa, D. M., (2021). Potencial das geotecnologias para monitoramento do impacto da colonização na floresta nativa na microbacia do Rio Enganado, Amazônia Ocidental, Brasil. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar* [Online], 2(7), e27588. <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i7.588>
- Mourão, A. C. A. & Silva, A. R., (2024). A relação entre o saneamento ambiental e a saúde da população na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins, no município de Imperatriz-MA. *Revista Geoaraguaia* [Online], 14(1) <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/16509>.
- Oliveira, M. M. & Nogueira, C. M., (2022). Pagamentos por Serviços Ambientais: uma abordagem conceitual, regulatória e os limites de sua expansão no Brasil. *Extensão Rural* [Online], 28(3), e.13. <https://doi.org/10.5902/2318179654579>
- Palácio, O. D., Oliveira, C. W., Meireles, A. C. M., Souza Júnior, T. G., (2021). Análise da susceptibilidade a alagamento em Juazeiro do Norte, Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física* [Online], 14(4), 2204-2219. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbge/article/view/246292/39135>
- Paula Filho, F. J., Brito, S. S., Bacurau, V. P., Gomes, B. T. S., Gonçalves, A. M. L., Almeida, F. D. P., Lopes, W. A., Souza, R. B. (2020). Análise das variáveis hidroquímicas do Rio Salgado/CE: *Contribuições para o enquadramento de rios no Semiárido Cearense*. In: Semiárido Brasileiro (Vol. 4, 1 ed., pp.34-39) Editora Poisson. <https://doi.org/10.36229/978-85-7042-231-6.CAP.06>.
- Pereira, E. F. & Guntzel, A. M., (2022). Análise do uso e cobertura da terra em dois períodos na bacia hidrográfica do Córrego Imbirussu em Campo Grande-MS. *Geofronter* [Online], 8. <https://doi.org/10.61389/geofronter.v8.7094>.
- Pimenta, J. M. A., Santos, A. L. R., Vera, D. E., Deknes, L. B., Woiciechowski, T., (2022). Diagnóstico ambiental e recomendações para recuperação de área degradada em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Principia* [Online], 59(2), 445-466. <http://dx.doi.org/10.18265/15170306a2021id4985>
- Pisani, R. J., Souza, L. P. B., Bando, D. H., (2023). Análise do conflito de uso e cobertura da terra em Áreas de Preservação Permanente – APP, nas regiões urbanas e periurbanas de Nepomuceno-MG. *Caderno de Geografia* [Online], 33(1). <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2023v33nesplp427>.
- Portella, S. P. S., Santos, D. P. S., Coelho, L. A., (2024). O pagamento por serviços ambientais: A Lei nº14.119/2021 como ferramenta de estímulo à conservação ambiental em áreas privadas no sul da Bahia. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(6), 2403-2421. <https://doi.org/10.51891/rease.v10i6.14539>
- QGIS Development Team, (2024). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Queiroga, A. A., Oliveira, R. G. L., Filgueira, H. J. A., Cunico, C. (2023). Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação aplicando diferentes modelos digitais de elevação no modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND). *Revista do Departamento de Geografia*, 43, e191008. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.191008>
- Ramos, G. G., Anjos, D. M., Lima, J. R., Vasconcelos, G. S., Ribeiro, I. R., (2021). Uso de geotecnologias para determinação de áreas de preservação permanente em trecho da Sub-

- bacia do Rio Piranhas, Semiárido, Brasil. *Research, Society and Development [Online]*, 10(12), e121101220138. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20138>.
- Ramos, M. P. & Nóbriga, R. A. A., (2020). Geotecnologias em perícias ambientais: aplicabilidade para estudos em represas de abastecimento e áreas protegidas. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais [Online]*, 11(3), 469-484. <https://doi.org/10.6008/CBPC21796858.2020.03.0036>
- Ramos, M. P., Soares, A. L. C., Nobrega, R. A. A., Ramos, M. P., Naime, A. L. F., Siqueira, L. N., (2020). Geotecnologias e qualidade da água: estudos em reservatórios de abastecimento público. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais [Online]*, 11(7), 722-739. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0055>.
- Sá, M. F. C. (2020). Papel do comitê da bacia hidrográfica do rio Sergipe como espaço de negociação no tratamento de conflitos socioambientais. In: Caracterização ambiental e hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Jacarecica (Orgs. Garcia, C.A.B., Sousa, I.F., Monteiro, A.S.C., Santana, N.R.F.), (Vol. 2, 1 ed., pp.101-109). Editora Poisson. <https://doi.org/10.36229/978-65-86127-74-4>
- Santos, A. P., Santil, F. L. P., Oliveira, P. S., Roveda, J. A. F., (2021). Utilização da Lógica Fuzzy como suporte ao Zoneamento Ambiental: um estudo de caso em Paracatu – MG. *Revista Brasileira de Geografia Física [Online]*, 14(4), 2352-2368. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p2352-2368>.
- Santos, E. O. & Medeiros, P R. P., (2023). A ação antrópica e o processo de eutrofização no Rio Paraíba do Meio. *Sociedade & Natureza [Online]*, 35, e66441. <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66441>
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A.; Araujo Filho, J. C.; Oliveira, J. B., Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (5. Edição). Embrapa.
- Santos Júnior, N. R. F., Cavalheiro, W. C. S., Scoti, M. S. V., Tronco, K. M. Q., Souza, E. F. M., Rocha, K. J., Hara, F. A. S., Nagao, E. O., Rocha, J. D. S., Fulan, J. A., Nascimento, J. M. S., Vendruscolo, J. (2022). Aplicação das geotecnologias para análise da paisagem da microbacia do rio Boa Sorte, Rondônia, Brasil. *RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar*, 3(4), e341343. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i4.1343>.
- Silva, G. J. O., Neves, S. M. A. S., Ramos, A. W. P., Miranda, M. R. S., (2020). Estado de conservação das Áreas de Preservação Permanentes de nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Jauru/MT-Brasil. *Revista Cerrados [Online]*, 18(1), 03-22. <https://doi.org/10.22238/rc24482692202018010322>.
- Silva, J. V. M., Moura-Fé, M. M., Costa, C. T. F. (2024). Caracterização geoambiental das nascentes d'água na cidade de Crato – Ceará. *Caderno Prudentino de Geografia*, 46(3), 28-55. <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/artic/e/view/9679>
- Silva, L. B., Pacheco, C. S. G. R., Pifano, D. S., Moreira, M. B. (2023). Impactos socioambientais x ausência de esgotamento sanitário: *Estudo de caso sobre a qualidade da água em poços tubulares na cidade de Juazeiro do Norte - CE*. In: Mudanças Climáticas e seus Impactos Socioambientais concepções, fundamentos, teorias e práticas mitigadoras (Org. Pacheco, C.S.G.R), (Vol. 1, 1 ed., pp.222-235). Editora Científica Digital. <https://doi.org/10.37885/230713680>
- Silva, L. F., Maltez, M. A. P. F., Silva, E. P. F., Assis, K. C. C., Begueline, M. C. L. M., Rezende, B. N., (2021a). Mapeamento das classes do Cadastro Ambiental Rural (CAR) de imóveis rurais familiares e não familiares nas Chapadas e Grotas do Alto Jequitinhonha – MG. *Holos Environment [Online]*, 21(1), 160-172. <http://dx.doi.org/10.14295/holos.v21i1.12414>.
- Silva, L. K. T., Barbosa, J. V. C., Santos, A., Mesquita, A. S. N., Holanda, T. F., Costa, A. P. L., (2021b). Problemática ambiental em nascentes Potiguares: subsídios e projetos de Educação Ambiental para a recuperação de áreas degradadas. *Revista Brasileira de Geografia Física [Online]*, 14(2), 661-675. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p661-675>
- Silva, R. L. & Julião, R. P. (2022). A infraestrutura de Dados Espaciais Aberta (IDE Aberta) como Instrumento de Governança da Geoinformação. *Procedimentos ISLA*, 19. <https://aisel.aisnet.org/isla2022/19>.
- Souza, E. G. F., Nascimento, A. H. C., Cruz, E. A., Pereira, D. F., Silva, R. S., Silva, T. P., Freire, W. A., (2021a). Delimitação e

- caracterização morfológica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. *Revista Brasileira de Geografia Física [Online]*, 14(3), 1530-1540. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1530-1540>
- Souza, M. B., Nascimento, R. E.N, Freitas, L. S., Dias, G. F. M., Paiva, P. F. P. R., Miranda, S. B. A., Cardoso, P. M., (2021b). O uso das geotecnologias como ferramentas de ensino na educação básica da escola Prof.º Virgílio Libonati, Belém, Pará, Brasil. *Research, Society and Development [Online]*, 10(5). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14856>.
- Tasca, B. F. C., Araújo, L. N., Franco, F. M., (2022). Delimitação cartográfica de nascentes difusas com o uso de sensoriamento remoto em Várzea Grande – MT. *Revista Cerrados [Online]*, 20(1), 368-391. <https://doi.org/10.46551/rc24482692202215>.
- Teixeira, A. C. & Rizzatti, M., (2022). Geotecnologias para avaliação de conflitos ambientais da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim. *Ciência e Natura [Online]*, 44, e8. <https://doi.org/10.5902/2179460X66982>
- Teixeira, N. N. & Araújo, A. V. S., (2023). Gestão municipal de drenagem e manejo de águas pluviais: avaliação dos impactos decorrentes da urbanização na Cidade Nova, Ilhéus-BA. *Revista Gestão e Secretariado (GeSec) [Online]*, 14(6), 9968-9997. <http://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2351>.