

Geoprocessamento aplicado à avaliação de Áreas de Preservação Permanente de nascentes inseridas na área de influência do Complexo Portuário de Suape

Geoprocessing applied to the evaluation of Permanent Preservation Areas of springs located in the area of influence of the Suape Port Complex

Fabrynnne Mendes de Oliveira¹; Rosângela Gomes Tavares²; Valmir Cristiano Marques de Arruda³; Júlio da Silva Corrêa de Oliveira Andrade⁴; Daniel Pereira de Moraes⁵; Alex Souza Moraes⁶

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental (PPEAMB), Caruaru - PE, Brasil. Email: fabrynnnemendes@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9944-5189>

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural (DTR), Recife - PE, Brasil. Email: rosangela.gomestavares@ufrpe.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8400-3759>

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural (DTR), Recife - PE, Brasil. Email: valmir.arruda@ufrpe.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8054-2576>

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural (DTR), Recife - PE, Brasil. Email: julio.andrade@ufrpe.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5549-2480>

⁵ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural (DTR), Recife - PE, Brasil. Email: daniel2018moraes@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7615-6920>

⁶ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Recife - PE, Brasil. Email: alex.moraes@ufrpe.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4324-8271>

Resumo: As nascentes são corpos hídricos fundamentais para o equilíbrio ecológico das bacias hidrográficas, que são unidades ideais para utilização em estudos ambientais. Em virtude disto, buscou-se avaliar as nascentes e suas Áreas de Preservação Permanente, inclusas na microbacia do riacho Algodão, da área de influência do Porto de Suape, por meio de geotecnologias, como o programa Mappiomas. A metodologia consistiu em elaborar mapas temáticos e levantar dados quantitativos, analisando de 2002 a 2022 variações de uso e ocupação do solo e dinâmicas de curvas de nível que podem influenciar no fluxo da água no solo, com o transporte de materiais e uma possível disseminação de contaminação na área. No período selecionado, observou-se aumento da classe Área Urbanizada (+ 77,17%), como também de Formação Florestal (+ 53,51%). Contudo, houve redução de Rio, Lago e Oceano (-59,55%), que contempla os corpos hídricos na área da pesquisa. O estudo apresentou similaridade com publicações relacionadas, mostrando que as geotecnologias são eficientes ferramentas de monitoramento ambiental, com abordagem precisa da cobertura vegetal e contribuindo para implementação de medidas apropriadas. Além disso, são fundamentais na prevenção e mitigação de problemas decorrentes dos impactos ambientais adversos da interação entre atividades humanas e meio ambiente.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Código florestal; Monitoramento ambiental.

Abstract: Springs are water bodies that are essential for the ecological balance of river basins, which are ideal units for use in environmental studies. Therefore, sought to evaluate the springs and their Permanent Preservation Areas, including the microbacia of Riacho Algodão, in the area of influence of the Port of Suape, using geotechnologies, such as the Mappiomas program. The methodology consists of creating thematic maps and collecting quantitative data, analyzing from 2002 to 2022 variations in land use and occupation and contour dynamics that can influence the flow of water in the soil, such as the transport of materials and a possible distribution of contamination in the area. In the selected period, an increase was observed in the Urbanized Area class (+ 77.17%), as well as in Forest Formation (+ 53.51%). However, there was a reduction in the River, Lake and Ocean (-59.55%), which includes the water bodies in the research area. The study showed similarity with related publications, demonstrating that geotechnologies are effective tools for environmental monitoring, with an accurate approach to vegetation cover and contributing to the implementation of appropriate measures. Furthermore, they are essential in preventing and mitigating problems resulting from adverse environmental impacts caused by the interaction between human activities and the environment.

Keywords: Remote sensing; Forest Code; Environmental monitoring.

Recebido: 04/09/2024; Aceito: 17/01/2025; Publicado: 04/03/2025.

1. Introdução

As bacias hidrográficas são passíveis de utilização como área de estudo, pois, além de unidades hidrológicas, trata-se também de unidades biofísicas e sociopolíticas, com contribuições primordiais para definição de serviços alimentares, sociais, de habitat e econômicos, ou seja, atributos de suporte à vida (Taye e Moges, 2020).

As nascentes são fundamentais para a formação e manutenção dos cursos d'água das bacias (Martins *et al.*, 2020). A mata ciliar, nas proximidades das nascentes, funciona como meio de preservação da diversidade do meio ambiente e como uma “esponja”, para absorção de água da chuva e recarga do lençol freático (Freire *et al.*, 2022).

Desta forma, esses sistemas florestais estabelecidos são fundamentais para redução do assoreamento e degradação do meio ambiente, além de consistir em meio natural de processamento e transformação da diversidade ambiental. O monitoramento das faixas às margens dos corpos hídricos é imprescindível, por tratar-se de suporte de segurança para o equilíbrio do ecossistema e suas relações intrínsecas, estando associada ao manejo e conservação dos recursos naturais (Castro; Castro; Souza, 2013)

O Código Florestal Brasileiro estabelece a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP), dentre outros critérios, quanto às áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros. Corroborando a isso, a supracitada legislação define nascente como “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água” e olho d'água como “afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente” (Brasil, 2012).

O trabalho de Alvarenga *et al.* (2012) evidenciou a importância da condução de estudos que caracterizem as áreas de contribuição de nascentes, devido estas constituírem-se áreas de extrema influência e importância ambiental, pois são os berços dos cursos d'água e, primordialmente, de toda oferta de água disponível.

Em 2014 foi publicado o Programa Nascentes de Suape do Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros – Suape (CIPS), que teve como objetivo conhecer a localização e as condições ambientais das áreas de nascentes localizadas na Zona de Preservação Ecológica (ZPEc). O projeto Nascentes de Suape (2018) identificou cerca de 70 nascentes distribuídas em toda a área de influência da Microbacia do Riacho Algoduais, no município supracitado e no município vizinho Cabo de Santo Agostinho.

O avanço tecnológico relacionado à análise de documentos cartográficos e imagens obtidas por sensoriamento remoto tem sido uma ferramenta fundamental para o estudo do uso e cobertura do solo (Francisco *et al.*, 2020). No caso das bacias hidrográficas, o uso e a cobertura podem ser modificados por atividades antrópicas, resultando em alterações nos atributos fisiográficos do ambiente natural (Vale; Costa; Pimentel, 2021).

A classificação automática das imagens obtidas permite a criação de diversos tipos de índices conforme as diferentes necessidades. Destes, a exemplo o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index), com a finalidade de estudar áreas antropizadas para verificar a biomassa da cobertura vegetal (Moreira, 2012).

A utilização de técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas associadas ao Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil - MapBiomias, realiza o processamento em nuvem e classificação automatizada para desenvolvimento e operação na plataforma Google Earth Engine, gerando uma série histórica de mapas anuais de uso e cobertura da terra do Brasil (Mapbiomas, 2021).

Conforme a publicação científica de referência, Souza *et al.* (2020), o esquema de classificação do MapBiomias é um sistema hierárquico com uma combinação de classes de uso e ocupação do solo compatíveis com os sistemas de classificação da Organização para Agricultura e Alimentação (FAO) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O presente estudo tem como objetivo avaliar, por meio de técnicas de geoprocessamento e processamento digital de imagens, a evolução espaço-temporal do uso e ocupação do solo no território adjacente às APPs de nascentes localizadas nesta área de influência do Porto de Suape, Pernambuco. Nas discussões, a partir dos dados numéricos e mapas interativos, propõe-se verificar possíveis causas para alterações na qualidade ambiental destes corpos hídricos sensíveis da região.

2. Metodologia

2.1 Descrição da área de estudo

O Complexo Industrial Portuário de SUAPE (CIPS) está localizado no município pernambucano de Ipojuca, a uma distância de cerca de 40 km da capital Recife. Nesta área, são desenvolvidas atividades econômicas intensas, atividades

portuárias de exportação e importação de produtos em nível nacional e internacional, além disso, existem comunidades vivendo no local, por ser uma região estratégica.

Quanto a sua caracterização física, o CIPS está na Zona Fisiográfica do Litoral Pernambucano, apresentando clima quente úmido, segundo o sistema Köppen de classificação climática. O complexo está localizado no setor sul da Bacia Pernambuco, que faz parte da classificação das Bacias Marginas Brasileiras, que são bacias sedimentares ao longo da margem continental, com embasamento de rochas ígneas de idade pré-cambriana e sequência vulcano-sedimentar cretácea (Formação Cabo e vulcânicas da Suíte Ipojuca) e sedimentos quaternários (CIPS, 2011).

Além destes aspectos físicos, esta área situa-se em uma zona úmida, com bom desenvolvimento do solo, o que favorece a ocorrência de água subterrânea, em razão da infiltração direta da chuva. A recarga hídrica se dá nos afloramentos dos aquíferos e os exutórios nos rios e no mar (CIPS, 2011).

O Porto de Suape trata-se de um conjunto de infraestruturas e indústrias de desenvolvimento, produção e escoamento comercial, referência no estado de Pernambuco pelo seu potencial econômico. Este porto encontra-se localizado na bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Nesta bacia, dentre as demais microbacias constituintes, está a do riacho Algoduais, inserida na área de influência de Suape e responsável pelo abastecimento hídrico para consumo, agricultura e indústria. Esta microbacia destaca-se pela abundância de nascentes.

Conforme o Plano diretor do CIPS, a área territorial do CIPS divide-se em duas Macrozonas: Macrozona de Desenvolvimento Econômico – MADE e Macrozona de Proteção Ambiental e Sociocultural – MAAS, esta segunda contendo a Zona de Preservação Ecológica - ZPEC, que “compreende as áreas com características ambientais diversas que circundam as zonas produtivas do CIPS, destinadas à proteção para fins de preservação ecológica, bem como para a promoção de compensação ambiental futura no âmbito do CIPS” (Pernambuco, 2022).

Foram selecionados 4 pontos de interesse para a amostragem (figura 1), que representam cursos d’água contribuídos por estas nascentes, que estão inclusos na malha da microbacia do riacho Algoduais, dentro do território de influência de Suape.

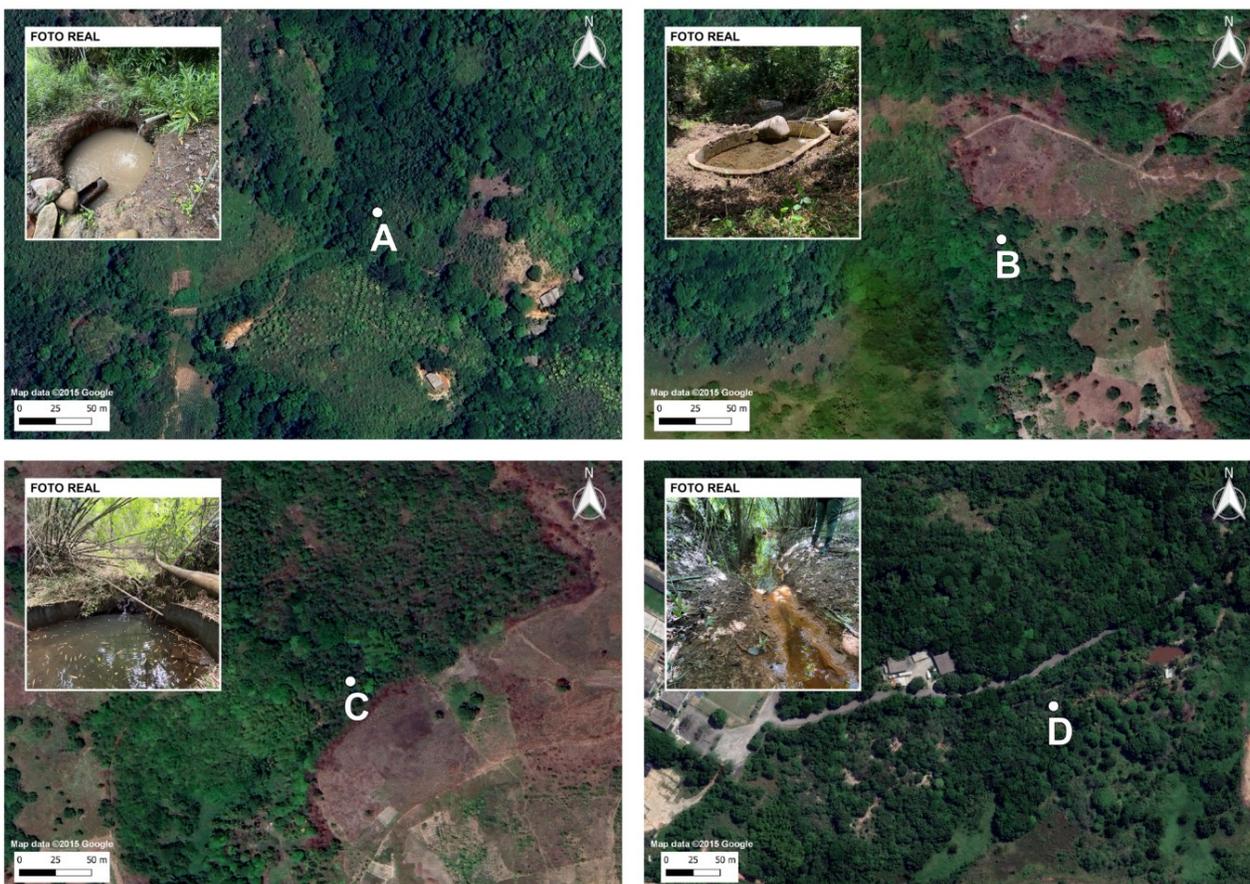


Figura 1 – Localização e fotos reais dos pontos de estudo.
 Fonte: Autores (2024) e Google Satélite (2015), com software QGIS 3.10.14.

2.2 Levantamento e processamento de dados

Os 4 pontos escolhidos (tabela 1), foram georreferenciados in loco, com auxílio do GPS Garmin Etrex Vista HCx, fixados ao Google Earth Pro e extraídos os arquivos compatíveis com o software livre QGIS (.kml). Nestes dados vetoriais, as coordenadas foram reprojatadas para o Sistema de Referências de Coordenadas (SRC) EPSG:31985 - SIRGAS 2000 / UTM fuso 25 S. Com os pontos ajustados, utilizando a ferramenta Buffer, foram demarcadas as APPs, no raio de 50 metros de cada corpo hídrico, conforme determinação do Código Florestal (Brasil, 2012).

Tabela 1 – Localização da amostragem.

Ponto de Estudo	Longitude	Latitude
A	35° 2' 22.569" O	8° 19' 47.038" S
B	35° 1' 21.036" O	8° 19' 52.300" S
C	35° 1' 11.882" O	8° 19' 51.272" S
D	35° 0' 43.727" O	8° 22' 7.612" S

Fonte: Autores (2024).

Para análise do uso e ocupação do solo, foi utilizada a Coleção 8 do MapBiomas, que contempla os mapas e dados anuais do Brasil do período de 1985 a 2022. Foram extraídos os arquivos dos anos de 2022, 2018, 2014, 2010, 2006 e 2002, de modo a verificar a variação do solo no espaço-temporal numa frequência quadrienal. Os arquivos foram baixados no SRC original EPSG:4326 - WGS 84 e, posteriormente, também reprojetaados para o SRC EPSG:31985 - SIRGAS 2000 / UTM fuso 25 S.

Foi criado um polígono contendo os 4 pontos de interesse, que estão inseridos na área de influência do Porto Organizado de Suape, conforme poligonal que compreende as instalações portuárias e a infraestrutura de proteção e acesso ao porto (Brasil, 2022), ilustrados na figura 2.

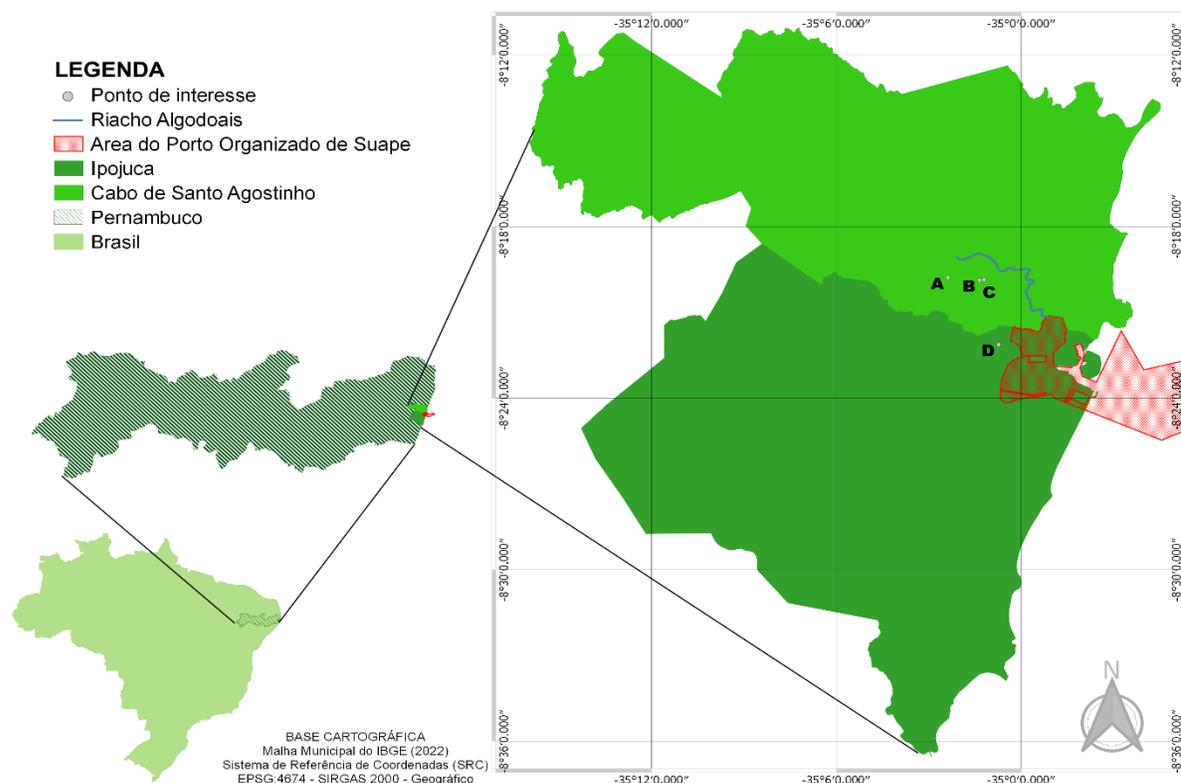


Figura 2 – Mapa de localização da área de interesse.
Fonte: Autores (2024), com software QGIS 3.10.14.

Todas as imagens reprojetaadas foram recortadas conforme a camada de máscara do polígono criado. O processamento das imagens foi realizado conforme o sistema de classificação de cobertura e uso do solo para o MapBiomas no Brasil, obtendo as classes elencadas na tabela 2.

Tabela 2 – Classes de uso e ocupação do solo do Projeto Mapbiomas.

CLASSES MAPBIOMAS – COLEÇÃO 8		
Afloramento Rochoso	Algodão	Apicum
Aquicultura	Área Urbanizada	Arroz
Café	Campo Alagado e Área Pantanosa	Cana
Citrus	Dendê	Floresta Alagável
Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica

Mangue	Mineração	Mosaico de Usos
Outras Áreas não Vegetadas	Outras Formações não Florestais	Outras Lavouras Perenes
Outras Lavouras Temporárias	Pastagem	Praia, Duna e Areal
Restinga Arbórea	Restinga Herbácea	Rio, Lago e Oceano
Silvicultura	Soja	-

Fonte: Souza et al. (2020).

A camada shapefile dos cursos d'água foi obtida na plataforma Metadados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), por meio de áreas de contribuição hidrográfica da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) utilizada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) na gestão de recursos hídricos a partir do Mapeamento Sistemático Brasileiro.

A camada das curvas de nível foi desenvolvida com o auxílio do complemento do QGIS denominado *Open Topography*, que consegue fornecer o Modelo Digital de Elevação (MDE) para determinação dos perfis topográficos de diferenciação. Foi utilizado o MDE Copernicus Global DSM 30m para download da imagem espacial do polígono anteriormente já definido. No próprio QGIS, foi realizada a conversão para o formato shapefile com a equidistância de 10 metros entre curvas, visando realizar a análise das variações do relevo na área de estudo.

As imagens do Mapbiomas foram obtidas no formato matricial e para sua leitura de atributos foram convertidos os pixels para shapefile. No QGIS, foram utilizadas as ferramentas “pixel para polígono”, “geoprocessamento para vetor” e por último a criação da tabela de atributos, criando uma coluna para cálculo de área em quilômetros quadrados (km²) de cada classe de solo incluída na área de interesse. Estas informações foram calculadas para todos os anos de estudos e, posteriormente, processadas com o uso do software Microsoft Excel.

Ao final da elaboração de todos os elementos gráficos e mapas, os resultados obtidos foram discutidos à luz de publicações científicas relevantes e atuais, bem como legislações e documentos técnicos, que foram levantados por meio de busca em plataforma digital (Scholar Google) e periódicos científicos (Periódicos Capes - acesso remoto via CaFe institucional).

3. Resultados e discussão

O levantamento dos aspectos ambientais aliado com os dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento permitiram obter uma série de discussões a respeito da área de interesse desse estudo. O primeiro aspecto discutido trata-se do padrão de drenagem e o regime de escoamento. O escoamento superficial se relaciona ao deslocamento da água sobre a superfície do solo, quando a intensidade da precipitação excede a taxa da capacidade de infiltração do solo (Pinto *et al.*, 2011).

Silva *et al.* (2019) avaliam que as áreas de recarga conseguem desempenhar um papel hidrológico satisfatório, quando consideradas a presença de áreas de infiltração. Com as ferramentas geográficas, analisando-se as curvas de nível, busca-se encontrar estas áreas de infiltração ou contribuição dos pontos de interesse para a bacia hidrográfica que está inserida. Já o estudo mais avançado, com o uso de modelagem hidrológica, pode avaliar o efeito na geração de escoamento superficial (Silva, 2023). Para análise dessa variável ambiental, foram criados os mapas das figuras 3, 4 e 5, delineando o possível escoamento superficial das águas pluviais de acordo com as diferenças de nível do relevo no entorno dos pontos de interesse.



Figura 3 – Curvas de nível do ponto de interesse A.
Fonte: Autores pelo QGIS v. 3.10.14 e dados do MDE Copernicus Global DSM 30m.

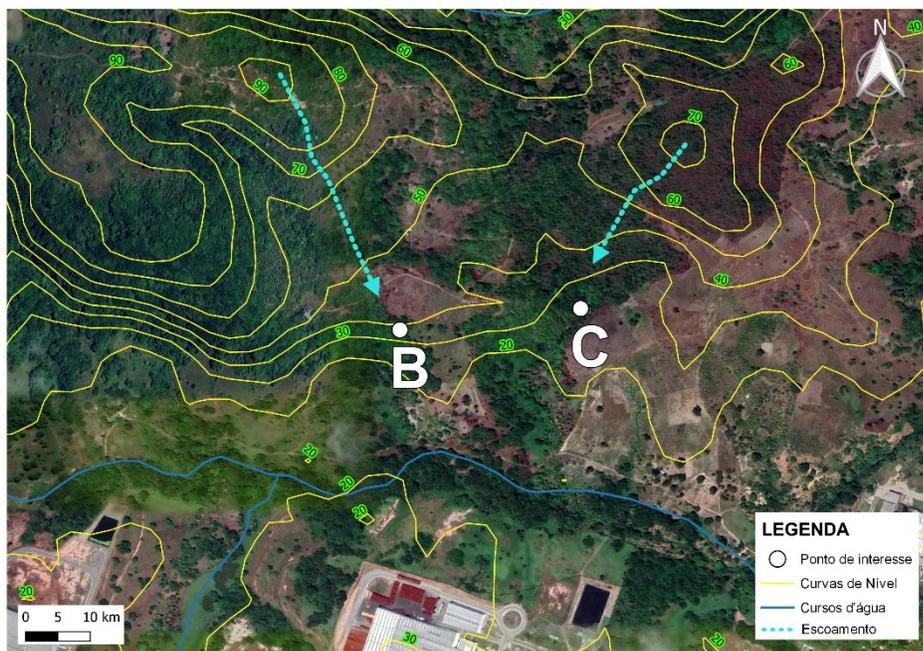


Figura 4 – Curvas de nível dos pontos de interesse B e C.
Fonte: Autores pelo QGIS v. 3.10.14 e dados do MDE Copernicus Global DSM 30m.

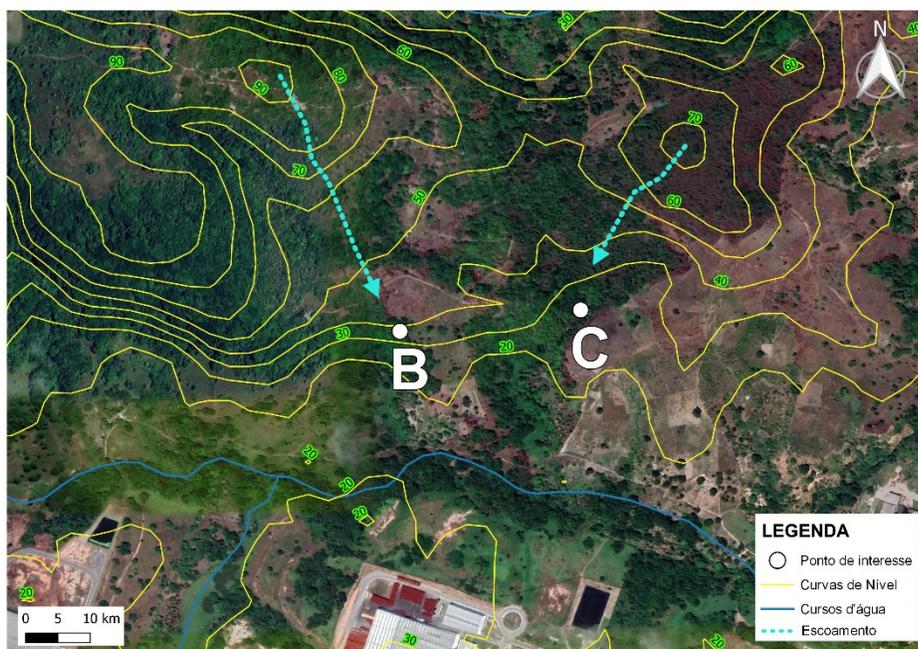


Figura 5 – Curvas de nível do ponto de interesse D.

Fonte: Autores pelo QGIS v. 3.10.14 e dados do MDE Copernicus Global DSM 30m.

O fluxo da água no solo pode favorecer o transporte de materiais, podendo, pelas próprias diferenças de nível e características pedológicas, carrear e disseminar poluentes. Desta forma, o solo pode ser contaminado em um determinado ponto e essa poluição se estender por todo o aquífero subterrâneo, alcançando corpos hídricos, resultando em efeitos – nocivos à saúde humana (Silva, Borges e Vasconcelos, 2020).

Dadas as condições de localização das nascentes em estudo, a dinâmica das declividades das adjacências deve ser considerada visando entender se o escoamento superficial direto é maior que os processos de infiltração e recarga do lençol freático, o que poderia reduzir a vazão ao longo do tempo (Oliveira *et al.*, 2014; Menezes, 2007). Como observado nas figuras 3, 4 e 5; os pontos de interesse não se referem especificamente ao local onde ocorre o afloramento da água, no entanto, trata-se de uma área que recebe contribuições do curso hídrico dessas nascentes e apresenta uma suscetibilidade a exploração hídrica, devido ao desenvolvimento, natural ou não, de uma área de acúmulo de água.

Neste contexto, é importante diferenciar as zonas hidrogenéticas que compõem as áreas das nascentes, sejam estas: zonas de captação, transmissão e afloramento (Cortines, 2008). Tais zonas se dão pela divisão de uma microbacia estável segundo as funções primordiais do ciclo da água, possuindo solos homogêneos e bem estruturados, a infiltração e armazenagem de água serão conforme as particularidades tais como captação/recarga, transmissão/erosão e afloramento/reforço de umidade (Valcarcel, 2003).

Assim, começa-se a avaliar os elementos que podem ocasionar tais instabilidades que dificultam o equilíbrio dos processos naturais destes corpos hídricos. Em bacias hidrográficas de vegetação preservada ocorre o fornecimento de água com boa distribuição no decorrer do ano e de melhor qualidade, devido ao ciclo hidrológico acontecer de forma natural e sem interferências antrópicas (Tucci, 2001). Já as diferenças de uso e cobertura do solo influenciam diretamente na resposta hidrológica de uma região aos eventos chuvosos (Silva, 2023). Sendo assim, o estudo destes avanços auxilia na prospecção de alterações nas recargas hídricas dos corpos hídricos, sejam subterrâneos ou superficiais.

Para análise do uso e ocupação do solo, a observação temporal da distribuição das classes permitiu a identificação de diferentes atividades presentes na área de estudo. As figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11 ilustram as variações quadrienais da caracterização da terra, evidenciando as classes mapeadas pela Coleção 8 do projeto Mapbiomas.

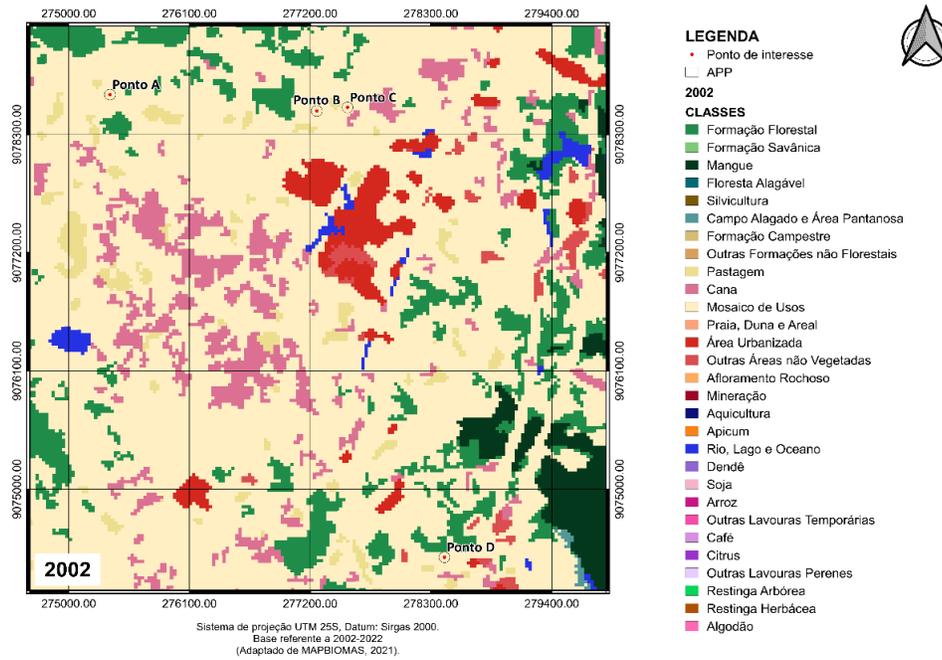


Figura 6 – Classificação da imagem da área no ano de 2002.
Fonte: Autores pelo QGIS v. 3.10.14 e dados do Mapbiomas Coleção 8.

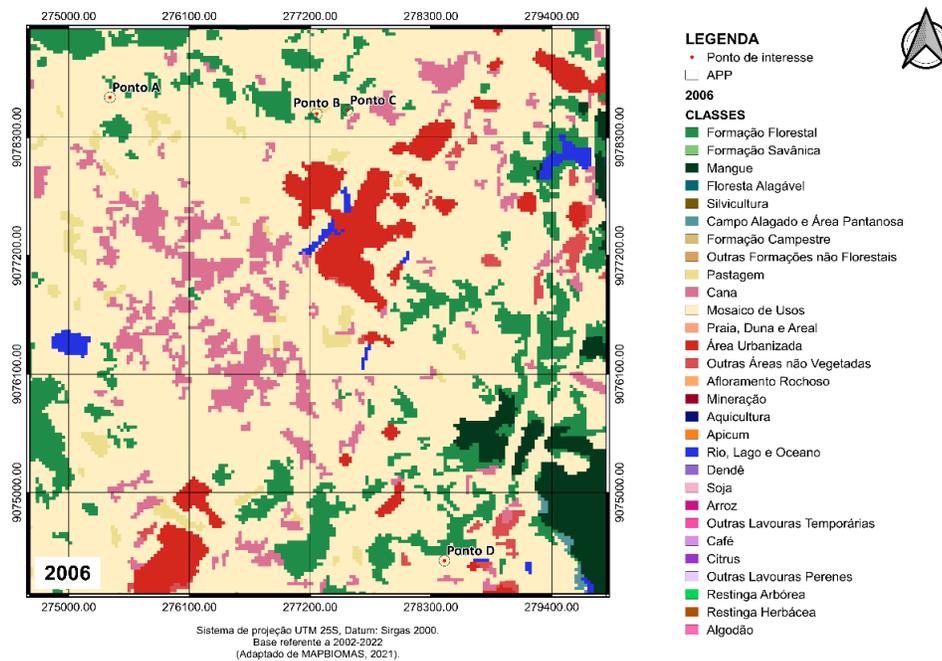


Figura 7 – Classificação da imagem da área no ano de 2006.
Fonte: Autores pelo QGIS v. 3.10.14 e dados do Mapbiomas Coleção 8.

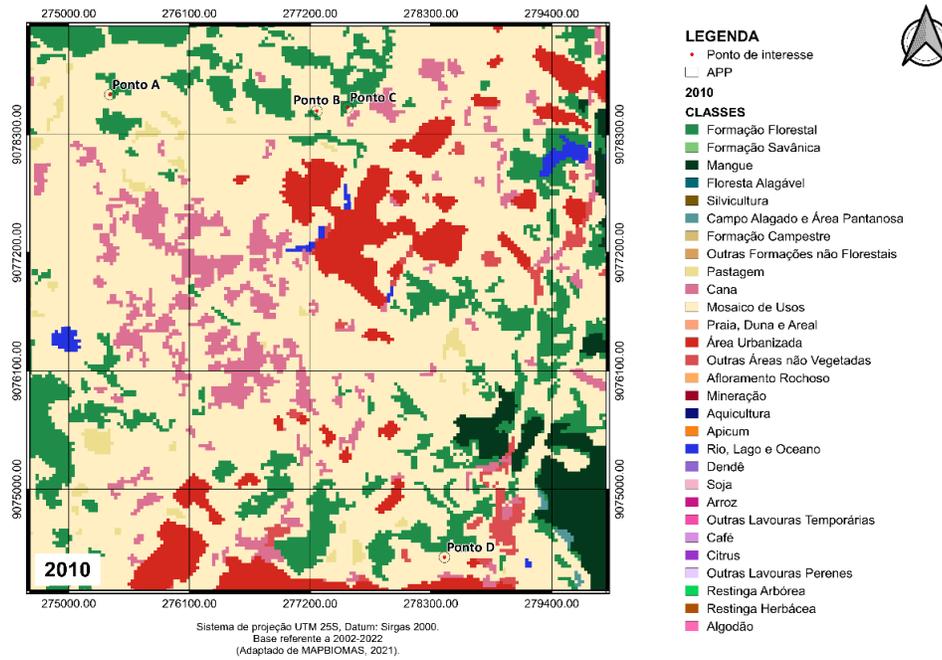


Figura 8 – Classificação da imagem da área no ano de 2010.
 Fonte: Autores pelo QGIS v. 3.10.14 e dados do Mapbiomas Coleção 8.

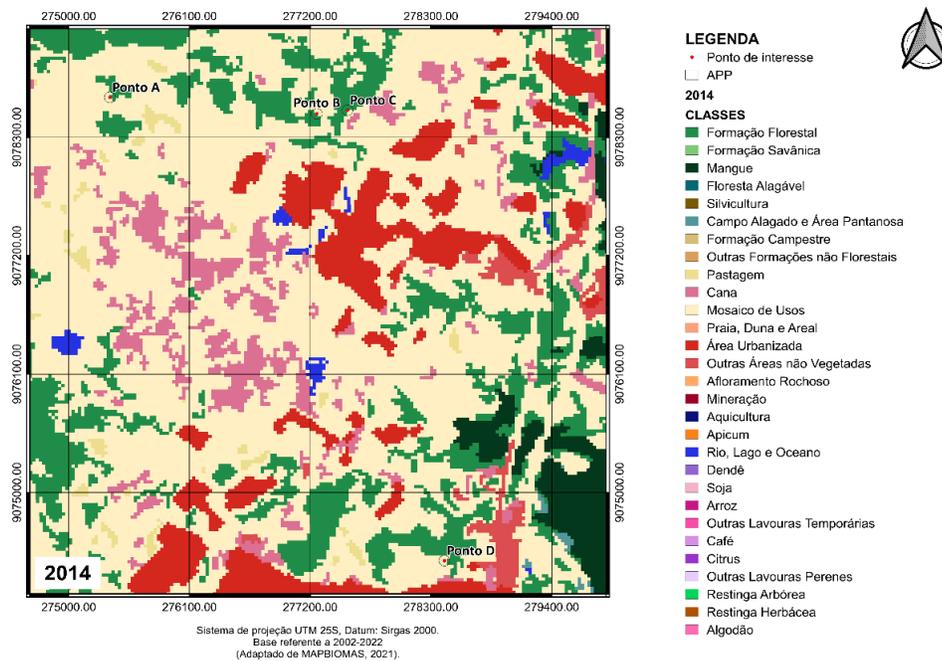


Figura 9 – Classificação da imagem da área no ano de 2014.
 Fonte: Autores pelo QGIS v. 3.10.14 e dados do Mapbiomas Coleção 8.

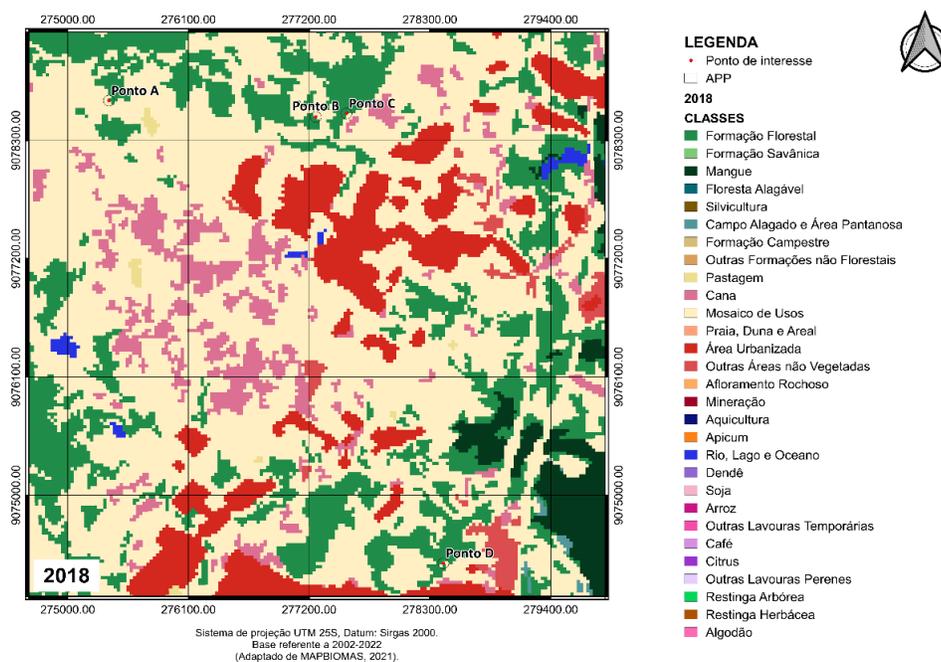


Figura 10 – Classificação da imagem da área no ano de 2018.
Fonte: Autores pelo QGIS v. 3.10.14 e dados do Mapbiomas Coleção 8.

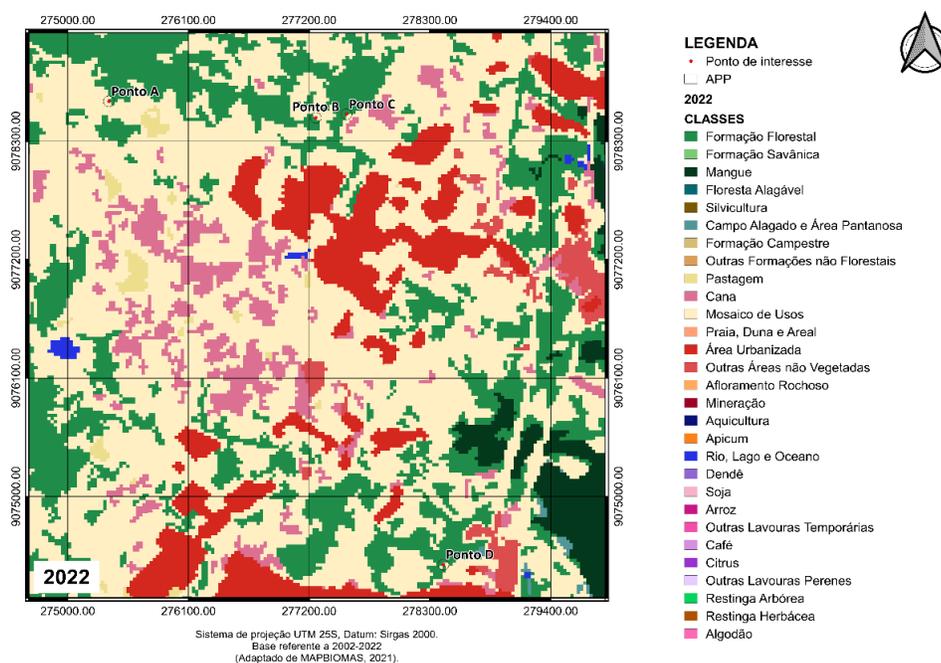


Figura 11 – Classificação da imagem da área no ano de 2022.
Fonte: Autores pelo QGIS v. 3.10.14 e dados do Mapbiomas Coleção 8.

Os quatro pontos de interesse encontravam-se inseridos em áreas que, à princípio, não se apresentavam preservadas. No decorrer do período de estudo, é notável o avanço da preservação nas APPs em estudo. Este fato pode ser evidenciado

devido a promulgação do Novo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal de nº 12.651/2012, que foi o primeiro instrumento jurídico a definir a extensão da região no entorno de nascentes e olhos d'água a ser preservada.

Apesar disso, os pontos de pressão antrópica podem se sobressair ao raio definido, ressaltando, portanto, a necessidade de monitorar não somente uma área pré-determinada, mas todo um território de influência direta e indireta. A resolução CONAMA Nº 303/2002 estabelece que a APP é, além do raio mínimo de cinquenta metros, a área situada de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte. Desta forma, ainda que sejam analisadas as regiões adjacentes das nascentes e olho d'água, é importante observar toda a área de contribuição que influencia diretamente no fluxo da bacia.

Como é possível constatar visualmente, a área de estudo apresenta-se parcialmente urbanizada em todos os anos analisados, fato que se intensifica especialmente nos anos mais recentes. De modo a compreender quantitativamente o comportamento da evolução temporal da classificação das ocupações, foram levantados os dados das principais 9 classes, identificando os valores em área (km²) por classe e a diferença entre o primeiro e último ano de análise, contidos na tabela 3.

Tabela 3 – Evolução espaço-temporal do uso e classificação do solo na área de estudo.

CLASSE	ÁREA (km ²)						DIFERENÇA 2022 - 2002 (%)
	2002	2006	2010	2014	2018	2022	
Mosaico de Usos	25,2900	24,3945	21,3498	19,8603	19,1394	17,7642	- 29,76%
Formação Florestal	3,8268	4,3605	5,2542	5,9895	7,2171	8,2314	+ 53,51%
Cana	2,8494	2,8719	2,5560	2,5227	2,4003	2,4039	- 15,63%
Área Urbanizada	1,2366	1,9305	4,5081	5,1210	5,3649	5,4162	+ 77,17%
Mangue	1,5021	1,5255	1,5111	1,5498	1,5219	1,5444	+ 2,74%
Pastagem	0,9540	0,6588	0,6165	0,4869	0,0837	0,2736	- 71,32%
Rio, Lago e Oceano	0,4383	0,3870	0,2826	0,3240	0,2322	0,1773	- 59,55%
Outras Áreas não Vegetadas	0,3456	0,3186	0,3915	0,5886	0,4689	0,6030	+ 42,69%
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,0792	0,0747	0,0522	0,0792	0,0936	0,1080	+ 26,67%

Fonte: Autores com dados da Coleção 8 do Mapbiomas e tabulados no Excel v. 2016.

Conforme os dados quantitativos, a classe predominante na área de interesse em todas os anos é denominada “Mosaico de usos” e, segundo a legenda do Projeto Mapbiomas (Souza *et al.*, 2020), é definida por “áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura”. Dentre essas, a pastagem é uma atividade que gera impactos nítidos pelo pisoteio e compactação do solo pelo fluxo dos animais, ocasionando desenvolvimento incompleto das plantas, exposição e erosões ao solo (Santo *et al.*, 2020).

Embora constituam a classe discutida anteriormente, as Pastagens possuem uma classe própria e esta foi a segunda que mais diminuiu na área de estudo. Mesmo com a redução, essa atividade não é revertida de qualquer maneira, devendo passar pelo processo de recuperação de área degradada, com objetivo de modificar o sítio degradado para uma forma de utilização do solo com estabilidade do meio ambiente (Brasil, 1989).

No diagnóstico das APPs estudadas, observa-se indícios de degradação ambiental no que diz respeito a retirada de vegetação nativa, proximidade de áreas habitadas e estradas, proximidade de áreas de pastagem e agricultura. As atividades de agricultura, principalmente monocultura (as quais também englobam outras classes, como a Cana), utilizam-se de adubos químicos no solo, ocasionando a contaminação hídrica e impossibilitando o consumo humano (Santos e Cavalcanti, 2022).

A classe que engloba áreas urbanizadas, “com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura”, foi a que mais cresceu em porcentagem durante o período estudado. Infere-se que este fato

é, dentre outras razões, devido à crescente expansão das atividades econômicas e industriais nesta região, sendo o Complexo Portuário de Suape um importante motor da economia pernambucana (Ribeiro *et al.*, 2013).

Atualmente são perceptíveis estradas e vias construídas nesta área, particularmente próximas ao ponto D, conforme imagens de satélite (figuras 1 e 5). Rezende e Coelho (2015) salientam impactos ambientais negativos advindo da construção e operação destas, como intensificação de processos erosivos, alteração de cursos d'água, deposição de materiais de descarte, supressão de vegetação nativa, alteração nos habitats, entre outros.

Com relação aos recursos hídricos superficiais, a classe “Rio, Lago e Oceano” engloba corpos hídricos como rios, lagos, represas, reservatórios e outros. É relevante citar uma significativa redução em sua área de maneira decrescente a cada ano estudado, resultando em menos 59,55% em área nos 20 anos de análise. Corroborando a isso, Amorim *et al.* (2023) estudando a erosão costeira no município de Ipojuca - PE, também encontraram uma expressiva diminuição na área ocupada pelos corpos hídricos entre os anos de 1985 e 2019, intervalo de tempo compreendido pela pesquisa. Contudo, mais do que observar as alterações quantitativas, é importante atentar-se quanto ao monitoramento da qualidade da água superficial, visto que esta é exposta à diversos aspectos naturais e antrópicos que podem comprometer sua disponibilidade e seus múltiplos usos.

Em contrapartida, a classe de “Formação Florestal” demonstrou crescimento de mais de 50% em área, evidenciando a eficiência das ações de preservação na área de estudo. A Lei Federal Nº 14.653/2023 regulamenta a intervenção e implantação de instalações necessárias à recuperação e proteção de nascentes. Já no estado do Pernambuco, onde está o local de estudo, foi promulgada a Lei Ordinária Nº 17.947 em 2022, com finalidade de incentivo a implantação de Programas de Preservação de Nascentes e Conservação de Matas Ciliares nas margens de riachos e rios pelos municípios pernambucanos.

Alves (2016) destacou que as atividades do CIPS foram responsáveis por acarretar diversos impactos socioambientais negativos no território, dentre os quais destacam-se os relacionados à supressão de vegetação que altera a fauna e flora, a degradação de ecossistemas, de recursos pesqueiros e alteração da qualidade do meio ambiente, com perda de biodiversidade.

Segundo o estudo conduzido por Jones *et al.* (2018), aproximadamente um terço (32,8% ou cerca de 6 milhões de km²) das áreas protegidas terrestres em todo o mundo enfrentam uma intensa pressão antrópica, sofrendo degradação por conta da presença de rodovias, pastagens ou urbanização. Os pesquisadores destacam a urgência em realizar esforços que permitam uma avaliação objetiva da pressão humana e das condições de habitações nessas áreas. Além disso, eles enfatizam a importância de implementar melhores práticas de gestão nas regiões circunvizinhas a essas áreas protegidas.

Vasconcelos, Lima e Paranhos Filho (2022) afirmaram que o uso do Mapbiomas expande as possibilidades de estudos ambientais no Brasil. Esta consideração pode ser atestada por meio das diversas discussões levantadas por meio deste estudo, que reforça a demanda por este monitoramento em diversas áreas, entretanto, em particular no território de influência do Porto de Suape, dados os conflitos socioambientais relacionados a degradação ambiental já intensificados nesta região (Alves *et al.*, 2021).

4. Considerações finais

A utilização do processamento digital de imagens, geoprocessamento e sensoriamento remoto se mostra uma eficiente ferramenta de monitoramento de APPs, principalmente referente ao entorno de nascentes, que são corpos hídricos sensíveis a significativas alterações ambientais e possuem um papel importante no equilíbrio ecológico.

A análise da evolução temporal do uso e ocupação do solo da área deste estudo indica que as atividades antrópicas tendem a não considerar as zonas hidrogenéticas que compõem as áreas das nascentes, tampouco os próprios olhos d'água e pontos de afloramento, onde geralmente ocorre a exploração desenfreada do recurso sem sequer conhecer aspectos ambientais que podem estar comprometendo a qualidade hídrica.

O diagnóstico destas áreas e zonas, por meio da aplicação de ferramentas de geotecnologias, permite uma abordagem precisa da cobertura vegetal e, desta forma, contribui para a implementação de medidas apropriadas para prevenção e mitigação de problemas atuais e futuros acarretados pelos impactos ambientais adversos relacionados a interação entre as atividades humanas e o meio ambiente.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. *Rev. Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science*, v. 7, n. 3, p. 228-240, 31 dez. 2012. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.987>.
- ALVES, M. J. C. F.; ALVES, S. G.; CAVALCANTI, A. M. C.; SANTOS, C. P. S.; OBANDO, G. N.; GURGEL, I. G. D.; SANTOS, M. O. S. Mapeamento de conflitos socioambientais no território de Suape, Pernambuco/Brasil. *Revista Mutirão. Folhetim de Geografias Agrárias do Sul*, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 176, 30 dez. 2021. Universidade Federal de Pernambuco. <http://dx.doi.org/10.51359/2675-3472.2021.252448>.
- ALVES, S. G. *Injustiças Socioambientais e Interferências na Saúde de Populações Localizadas na Área do Complexo Industrial Portuário de Suape*. 2016. 138 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17683>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- AMORIM, E. S.; SAMPAIO, G. M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, S. R. Aplicação do sistema Betonbloc, como alternativa de contenção da erosão costeira no município de Ipojuca/PE. *Revista de Geociências do Nordeste*, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 44-58, 19 maio 2023. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. <http://dx.doi.org/10.21680/2447-3359.2023v9n1id31283>.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil*. Brasília, DF: ANA, 2019. Disponível em: <http://snirh.gov.br/ usos-da-agua/>. Acesso em: 25 jul. 2024.
- BRASIL. *Decreto Federal Nº 97.632, de 10 de abril de 1989*. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 abril 1989.
- BRASIL. *Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Institui o novo código florestal brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1.
- BRASIL. *Lei Nº 14.653, de 23 de agosto de 2023*. Altera as Leis nºs 12.651, de 25 de maio de 2012, e 14.119, de 13 de janeiro de 2021, para disciplinar a intervenção e a implantação de instalações necessárias à recuperação e à proteção de nascentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CLXIII, n. 162, 24 ago 2023. Seção 1, p.7.
- BRASIL. *Portaria Nº 21, de 28 de abril de 2022*. Define a área do Porto Organizado de Suape – Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros, no Estado de Pernambuco. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 80, 29 abril 2022. Seção 1, p. 524.
- CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, P. C. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. *Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia*, [S.L.], v. 4, n. 4, p. 230-541, 01 ago. 2013. Disponível em: <https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/172/156>. Acesso em: 27 de junho de 2024.
- CIPS. Complexo Industrial Portuário de Suape. *Estudo Ambiental Complementar (EAC) ao Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA- RIMA) do Projeto de Ampliação e Modernização do Porto de Suape*. FADE. Recife, PE: CIPS, 2011.
- CIPS. Complexo Industrial Portuário de Suape. *Programa Nascentes de Suape: conhecimento, conservação e educação ambiental*. Ipojuca, 2014. 50 p.
- CIPS. Complexo Industrial Portuário de Suape. *Relatório do diagnóstico ambiental das nascentes da microbacia do riacho algodoads inseridas na Zona de Preservação Ecológica (ZPEc) de Suape identificadas em 2016, 2017 e 2018*, Parte III. Ipojuca, 2018. 50 p.

- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução N° 303 de 20 de março de 2002*. Dispõe sobre a proteção das áreas de preservação permanente. Brasília, DF: CONAMA, 2002.
- CORTINES, E. *Funcionamento hidrológico de nascentes em microbacias instáveis, Barra de Guaratiba* - RJ. 2008. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/11171>. Acesso em: 23 ago. 2024.
- FRANCISCO, C. N.; RUIZ, P. R. S.; ALMEIDA, C. M.; GRUBER, N. C.; ANJOS, C. S. Análise do impacto da correção atmosférica no cálculo do Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada a partir de Imagem Landsat 8/OLI. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 076-086, 29 fev. 2020. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p076-086>.
- FREIRE, G. S.; FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, E. V. S.; OLIVEIRA, M. I. U. Caracterização Florística de Áreas de Nascentes na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 123-139, 23 mar. 2022. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p125-141>.
- JONES, K. R., VENTER, O., FULLER, R. A., ALLAN, J. R., MAXWELL, S. L., NEGRET, P. J., & WATSON, J. E. (2018). One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science*, v. 360, n. 6390, p. 788-791, 2018.
- MAPBIOMAS. *Projeto MapBiomas*. Coleção 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 27 de junho de 2024.
- MARTINS, A. M.; FILGUEIRA, H. J. A.; AZEVEDO FILHO, A. C.; SILVA, T. C.; SILVA JÚNIOR, M. H. Análise de não homogeneidades de séries de vazão de captações de nascentes na bacia hidrográfica do rio Gramame, PB, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 2896-2907, 14 dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v13.6.p2896-2907>.
- MENEZES, M. D. *Levantamento de solos em bacias hidrográficas como apoio para avaliação do uso da terra e da potencialidade de recarga dos aquíferos*. 2007. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 4 ed. Viçosa/MG: UFV, 2012. 422 p.
- OLIVEIRA, A. S.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; ALVES, G. J. Stream flow regime of springs in the Mantiqueira Mountain Range region, Minas Gerais State. *Cerne*, [S.L.], v. 20, n. 3, p. 343-349, set. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420031268>.
- PERNAMBUCO. *Decreto N° 54.185, de 20 de dezembro de 2022*. Institui o Plano Diretor – SUAPE 2035 e dispõe sobre o ordenamento do uso e ocupação do solo do Complexo Industrial Portuário de Suape – CIPS. Diário Oficial do Estado, Recife, PE: 21 dez. 2022.
- PERNAMBUCO. *Lei Ordinária N° 17.947, de 9 de novembro de 2022*. Dispõe sobre a Política Florestal do Estado de Pernambuco e dá outras providências, a fim de incentivar a implantação de Programas de Preservação de Nascentes e Conservação de Matas Ciliares nas margens de riachos e rios pelos municípios pernambucanos. Diário Oficial do Estado, Recife, PE: 10 nov. 2022.
- PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. *Hidrologia Básica*. 13ª reimpressão da 1ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2011.
- REZENDE, E.N.; COELHO, H.A. Impactos Ambientais Decorrentes da Construção de Estradas e suas Consequências na Responsabilidade Civil. *Revista do Mestrado em Direito da Universidade Católica de Brasília*: Escola de Direito, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 155-180, 30 dez. 2015. Universidade Católica de Brasília. <http://dx.doi.org/10.18840/1980-8860/rvmd.v9n2p155-180>.

- SANTO, C. L.; SILVA, C. C. P.; ALMEIDA, J.; LIMA, M. J. A.; MOURÃO, F. V. Avaliação ambiental da área de preservação permanente das nascentes e corpo hídrico impactados pela atividade pecuária rotativa. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 25385-25390, 2020.
- SANTOS, G. R.; CAVALCANTI, L. C. S. O uso e cobertura da terra em áreas de nascentes e rios, município de Correntes, Pernambuco. *Geografia*, [S.L.], v. 47, n. 1, p. 1-19, 18 dez. 2022. UNESP - Universidade Estadual Paulista. <http://dx.doi.org/10.5016/geografia.v47i1.16736>.
- SILVA, E. P.; SANTOS, R. L.; AMARAL, A. K. N.; RAMOS, H. F.; SANTOS, L. P. S.; SOUZA, P. C. Uso do solo e caracterização morfométrica como subsídios para análise das áreas de alagamento e da qualidade da água nas microbacias do Macambira e Cascavel, Goiânia-GO. *Ciência E Natura*, 41, e59, 2019. <https://doi.org/10.5902/2179460X38425>.
- SILVA, N. B. D.; BORGES, I.; VASCONCELOS, V. V. Análise do impacto potencial de áreas com contaminação de solos sobre cursos d'água e poços no município de São Paulo. *Águas Subterrâneas*, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 250-263, 8 set. 2020. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v34i3.29753>.
- SILVA, P. V. S. *Avaliação do Avanço da Urbanização de Maceió-AL e os Efeitos na Hidrologia Urbana de Bairros que Margeiam a Laguna Mundaú*. 2023. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/13142>. Acesso em: 14 ago. 2024.
- SIMÕES, R. F.; RIBEIRO, L. C. S.; LOPES, T. H. C. R.; MOREIRA, T. M. Suape: novo polo de crescimento? *Novos Cadernos NAEA*, v. 16, n. 1, p. 1-12, 18 set. 2013. <http://dx.doi.org/10.5801/ncn.v16i1.1198>.
- SOUZA, C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*, [S.L.], v. 12, n. 17, p. 2735, 25 ago. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs12172735>.
- TAYE, T.; MOGES, A. Hydrological Responses of Watershed to Historical and Future Land Use Land Cover Change Dynamics of Nashe Watershed, Ethiopia. *Cogent food & Agriculture*, London, v. 7, n. 1, p. 1-23, Dec. 2020. <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1863596>.
- TUCCI, C.E.M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: Ed Universidade.
- VALCARCEL, R. "Meio ambiente". In: *Plano diretor de desenvolvimento sustentável, Armação dos Búzios – RJ*, Perfil do município – texto para discussão. Armação dos Búzios: Prefeitura Municipal de Armação dos Búzios, Secretaria de PI Urbanismo, 2003.
- VALE, J. R. B.; COSTA, L. S.; PIMENTEL, M. L. S. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográficoado rio Mocajuba, zona costeira Amazônica. *Geosul*, Florianópolis, v. 36, n. 78, p. 537-557, jan./abr. 2021. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e72705>.
- VASCONCELOS, B. R.; LIMA, M. T. V.; PARANHOS FILHO, A. C. Detecção de mudanças no uso e ocupação do solo no estado do Amazonas baseada nas classificações do Projeto Mapbiomas. *Geofronter*, v. 10, p.1-21, e7773, 23 jan. 2024. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. <http://dx.doi.org/10.61389/geofronter.v10.7773>.