

MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DAS LAGOAS DA PLANÍCIE DO RIACHO DAS PORTEIRAS NAS PROXIMIDADES DO LOTEAMENTO VALE DOURADO E O CONDOMÍNIO MORADA NOVA MAIS VIVER, PETROLINA – PE

Mapping and socio-environmental assessment of the lagoons in the plain of the creek of the doors near the vale dourado subdivision and the morada nova mais viver condominium, Petrolina/PE

Breno dos Santos Costa

Graduado em Licenciatura em Geografia, Universidade de Pernambuco, UPE – Campus Petrolina

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-7318-3672>

breno.santos@upe.br

Luiz Henrique de Barros Lyra

Professor Adjunto do Colegiado de Geografia, Universidade de Pernambuco, UPE – Campus Petrolina

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3729-7023>

luizhenrique.lyra@upe.br

Felipe Gonçalves Campos

Graduado em Licenciatura em Geografia, Universidade de Pernambuco, UPE – Campus Petrolina

Orcid: <https://orcid.org/0000-0006-4816-6714>

felipe.campos@upe.br

Artigo recebido em jan/2023 e aceito em abr/2024

RESUMO

A dinâmica evolutiva das lagoas da planície de inundação do Riacho das Porteira está associada ao regime hidrológico que condiciona sua vazão, bem como, a drenagem do rio São Francisco e os demais subafluentes temporários. Este regime típico de clima semiárido com chuvas irregulares e concentradas ocasiona cheias e secas, proporcionando o extravasamento do leito até as áreas de inundação. A avaliação dos condicionantes sociais, inclusive dos dados demográficos, demonstra um avanço dos loteamentos urbanos nesses ambientes, com o aumento de domicílios e da população. A ocupação e o uso desordenado das terras próximas e nas próprias lagoas da planície vêm ocasionando forte degradação e impactos socioambientais, como o aterro para construções, o despejo de resíduos e efluentes e a pesca predatória, poluindo suas águas e interrompendo momentaneamente ou de forma permanente a drenagem vazante e o seu elo com o rio. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo mapear e avaliar os condicionantes socioambientais relacionados às intervenções antrópicas das lagoas da planície do Riacho das Porteiras, nas proximidades do Loteamento Vale Dourado e Condomínio Morada Nova Mais Viver, Petrolina-PE, baseando-se na abordagem sistêmica e integrada da paisagem para avaliar o estado ambiental e contribuir no planejamento do ordenamento territorial urbano e desenvolvimento da cidade.

Palavras-chave: Planície; Rios intermitentes; Lagoas; Mapeamento; Avaliação socioambiental.

ABSTRACT

The evolutionary dynamics of the lagoons on the Creek of the Doors floodplain are associated with the hydrological regime that conditions their flow, as well as the drainage of the San Francisco River and the other temporary sub-tributaries. This regime, typical of a semi-arid climate with irregular and concentrated rainfall, causes floods and droughts, causing the riverbed to overflow into the flood areas. An assessment of the social conditioning factors, including demographic data, shows an increase in urban subdivisions in these environments, with an increase in households and population. The disorderly occupation and use of land in the vicinity and in the lowland lagoons themselves has caused severe degradation and socio-environmental impacts, such as landfill for construction, the dumping of waste and effluents and predatory fishing, polluting their waters and momentarily or permanently interrupting their drainage and link to the river. With this in mind, the aim of this study was to map and assess the socio-environmental constraints related to anthropogenic interventions in the lagoons of the Creek of the Doors plain, in the vicinity of the Vale Dourado Allotment and Morada Nova Mais Viver Condominium, Petrolina-PE, based on a systemic and integrated approach to the landscape in order to assess the environmental state and contribute to urban land-use planning and city development.

Keywords: Plain; Intermittent rivers; Lagoons; Mapping; Socio-environmental assessment.

1. INTRODUÇÃO

No semiárido brasileiro a ocorrência de rios intermitentes é extremamente importante para as economias locais e a subsistência das populações ribeirinhas. “Seu caráter intermitente está diretamente relacionado com a precipitação anual das regiões semiáridas, caracterizado por apresentar irregularidades de chuvas durante todo o ano e longos períodos de seca, o que torna seus rios, riachos e lagoas irregulares quanto ao período de cheias, a qual o fluxo de água superficial desaparece durante seu período de estiagem” (MALTCHIK, p. 78, 1999).

No Alto Submédio São Francisco a ocorrência de rios intermitentes e superfícies alagadas estão associadas ao seu regime hidrológico da bacia de drenagem, assim como, seu regime climático típico da semiaridez. Tal característica segundo Lira (2014) e Ferreira; Dantas e Shingoto (2014) está relacionada à sua morfoestrutura, a qual trata-se de uma planície de origem poligenética com processos agradacionais fluvial, lacustre e eólica, disposta em superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos areno-argilosos, com terrenos deficientemente drenados e sujeitos a inundações periódicas.

Essa morfologia se caracteriza topograficamente como uma superfície plana resultante dos processos de sedimentação predominantemente fluviais, onde os sedimentos são temporariamente estocados e erodidos, e sob condição de equilíbrio ideal, a taxa de entrada de sedimentos é igual à de saída (ROCHA, p. 99, 2011). Em sua composição as formações sedimentares são constituídas de sedimentos granulometricamente finos que, juntamente com a presença da água, formam solos aluviais, ricos em matéria orgânica (Borges; Ferreira, 2019, p. 115), típica de planície de inundação.

As planícies de inundação num contexto mais amplo, segundo Stevaux e Latrubesse (2017), são áreas adjacentes inundadas parcialmente ao canal de um rio pelas cheias periódicas que mantêm relações hidrológicas, sedimentológicas e ecológicas com a dinâmica fluvial e a ocupação antrópica. Nesse sentido, há de se pontuar, as tênues diferenças entre a planície aluvial e de inundação propriamente dita, pois a primeira é uma unidade de relevo formada pelo canal do rio e a segunda, de forma mais abrangente, assim como os eventuais terraços aluviais e lagoas, se inserem no denominado vale aluvial com feição deposicional ao longo do vale, associada à um regime hidro-climático particular da bacia de drenagem.

Neste, sobretudo em áreas mais rebaixadas surgem às lagoas de inundação que apresentam vários habitats aquáticos e transicionais entre os meios terrestres, ocorrendo alternância entre os períodos de inundação e recessão das águas, gerando variações no nível do espelho d'água, a qual que se diferenciam pela morfologia e o grau de comunicação constante ou intermitente com os rios e seus tributários, exercendo a função de drenagem natural durante a vazante das cheias e escoamentos nos períodos de chuvas promovendo grandes transformações nos habitats, como também, ecológica pela preservação da biodiversidade ao servirem de berçário, proteção e abrigo da ictiofauna e de aves ripárias migratórias (LUZ *et al.*, 2007; CARVALHO, 2013).

Portanto, esses sistemas fluviais de inundação apresentam um alto dinamismo geomorfológico determinado pelos processos de erosão e sedimentação, onde os eventos de cheias são responsáveis pela esculturação das formas no canal, assim como, pelos processos que conduzem aos estágios de sucessão hídrica e evolução geomórfica. Como uma consequência desses processos a paisagem é constantemente modificada, e diretamente interfere nos processos de sucessão ecológica. Outra característica é a dinâmica de vazão hídrica entre os períodos de inundação e recessão das águas proporcionando transformações nos habitats, passando de lântico para lótico, ou seja, de terrestre para aquático, e vice-versa.

Esse alto grau de heterogeneidade espaço-temporal, ocasionada pelas variadas formas que se comportam de maneira diferente entre as estações de inundação e estiagem faz dos ecossistemas de planícies de inundação e das lagoas um dos ambientes de maior riqueza de espécies (ROCHA, 2011), que diante dessas características podem ser profundamente alterados, permanecendo diferenciados durante a fase de águas baixas e mais similares durante a fase de inundações, funcionando como ecossistemas ou como berço natural, tanto para a fauna, como para a flora, que vivem nesses ambientes, servindo de habitat e de reprodução dessas espécies (MEDEIROS *et al.*, 2023).

A ocorrência de áreas inundáveis nas lagoas da planície do Riacho das Porteiras é decorrente das cheias nos períodos chuvosos, pois, sua topografia possui um gradiente baixo em relação ao leito

e a encosta marginal, inclusive em terras secas sem depósitos aluviais. Este fato, segundo Borges e Ferreira (2019, p. 122):

Quanto às áreas inundáveis, não há bibliografia que conceitue o termo, porém entende-se que as mesmas, diferente das planícies de inundação, não correspondem a uma feição geomorfológica desenvolvida por ações de deposição que modelam as margens de um curso d'água. Pelo contrário, são áreas vulneráveis à ocorrência de enchentes devido à topografia (baixas declividades) e outros fatores que contribuem para o evento, como precipitação e atividades humanas, sem necessariamente haver deposição de sedimentos nos eventos de transbordamento.

Nesse contexto, na localidade de estudo há uma duplicidade desses fenômenos, pois tanto ocorrem cheias nas planícies de inundação nos períodos de chuvas acentuadas, como também as denominadas inundações urbanas, ou seja, associadas à drenagem pluvial e até mesmo de efluentes (esgotamento sanitário) desordenada de loteamentos e ocupações habitacionais que ocasiona o aterramento da planície marginal e das lagoas, ocasionando uma série de impactos socioambientais resultando na perda de qualidade das águas (BARRETO, 2010). Segundo Ramos (2013, p. 11), as inundações são fenômenos hidrológicos extremos e periódicos, sejam elas naturais ou induzidas pela ação humana, com a submersão de uma área habitualmente emersa. Portanto, essas inundações afetam com maior frequência as áreas urbanas.

A ocupação e o uso desordenado das terras próximas e nas próprias lagoas das áreas ribeirinhas urbanas de Petrolina, especificamente as próximas do Loteamento Vale Dourado e do Condomínio Morada Nova Mais Viver, vêm ocasionando forte degradação e impactos socioambientais, como o aterro para construções, o despejo de resíduos e efluentes, retirada da mata ciliar e a pesca predatória, poluindo suas águas, interrompendo momentaneamente ou de forma permanente a drenagem vazante e o seu elo com o rio, assim como, a reprodução de peixes e de aves migratórias. Esses impactos são os principais mecanismos de degradação e perda desses ambientes aquáticos, a qual podem ocasionar mudanças nos processos hidrogeomorfológicos, acarretando em impactos negativos na estrutura e função desses ambientes e as atividades humanas associadas (CUNHA; PIEDADE; JUNK, 2015; TOOTH *et al.*, 2015).

Outro fator relevante é o desconforto ambiental associado à perda de espelhos d'água que umidificam o rigor térmico da semiaridez e a beleza cênica da paisagem. Portanto, o presente estudo ao mapear e avaliar as condições socioambientais das lagoas marginais situadas na planície do Riacho das Porteiras, nas proximidades do Loteamento Vale Dourado e do Condomínio Morada Nova Mais Viver, poderá contribuir para o planejamento do ordenamento territorial urbano e desenvolvimento da cidade.

O Riacho das Porteiras é afluente intermitente do rio São Francisco perenizado por canais de drenagem das chuvas e de irrigação, aterrada para expansão habitacional, sendo de relevante interesse

ao uso e a sustentabilidade dos recursos naturais, sobretudo hídricos, para toda bacia e seu grande contingente populacional.

2. MATERIAL E MÉTODO

A área de estudo está localizada na zona urbana da cidade de Petrolina – PE, nas coordenadas 09°21'44.8" S e 40°31'18.4" W, próxima ao Loteamento Vale Dourado e Condomínio Morada Nova Mais Viver (Figura 1).

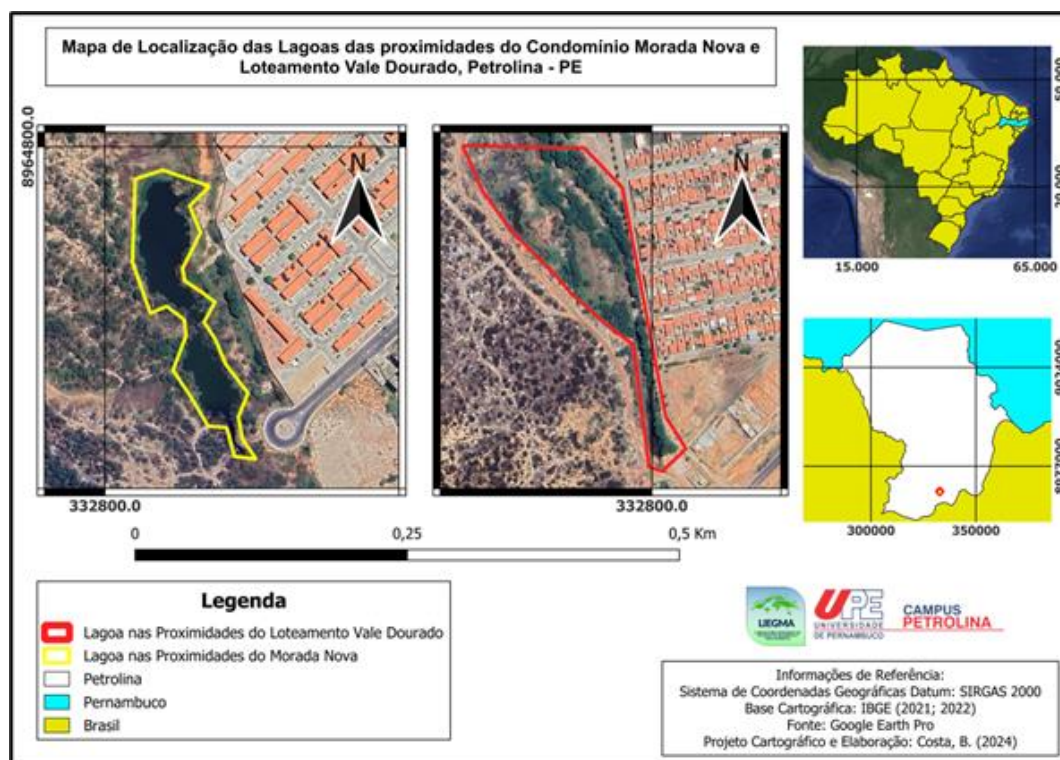


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: Autores, 2024.

Baseada na abordagem sistêmica (CHRISTOFOLETTI, 1999; CUNHA, 2008; RODRIGUES, 2010) que consiste numa análise integrada dos condicionantes físico-ambientais e sociais do espaço configurada na síntese de sua paisagem, as lagoas da planície do Riacho das Porteiras foi caracterizada como um sistema físico aberto, de entrada e saída de matéria e energia, ou seja, uma bacia onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume da água escoado pelos seus canais que carregam materiais provenientes da mesma (ANTONELI; THOMAZ, 2007, P. 47), sendo adotados procedimentos para mapear e delimitar estes corpos hídricos, como também, avaliar suas condições socioambientais.

Nesse sentido, foram realizados: levantamento documental, cartográfico e averiguação em campo para caracterização integrada dos aspectos naturais (clima, litologia, topografia, drenagem,

solos e cobertura vegetal) e socioeconômicos (uso e ocupação das terras) do recorte espacial em que as lagoas fazem parte, a planície do Riacho das Porteiras; Mapeamento das lagoas por meio do geoprocessamento de imagens de satélites e levantamento fotográfico de VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados), mas precisamente por drones com plano de voo prévio e aleatórios, assim como, o processamento de imagens no programa Agisoft Metashape para a elaboração da Orthophoto, Modelo Digital de Elevação (MDE) e do índice de vegetação das localidades, utilizando-se do cálculo baseado no Índice Resistente à Atmosfera na Região Visível (VARI) que consiste em projetar e enfatizar a vegetação na parte visível do espectro, utilizando em sua formulação as faixas espectrais do azul, verde e vermelho, atenuando as diferenças de iluminação e os efeitos atmosféricos, estimando a porcentagem de cobertura verde no solo a partir do cálculo $VARI = (G - R) / (G + R - B)$ (GITELSON *et al.*, 2002).

Para processamento dos dados e elaboração dos mapas utilizou-se as bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2019) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018) para a sobreposição de imagens e dados das cartas, do modelo digital de elevação (MDE) do projeto Topodata integralizado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2008) na escala de 1:250.000 na resolução de 30 metros que compreendiam toda a extensão territorial da cidade sendo utilizadas as cartas: 08S42_ZN, 08S405ZN, 09S2_ZN, 08S405ZN, 09S42_ZN e 09S405ZN para a extração da hipsometria, drenagem e declividade do relevo.

Foram utilizados programas cartográficos como ArcMap 10.6.1, QGIS 3.16 para o processamento das bases cartográficas e a elaboração dos mapas e programas gráficos para configuração do produto final (Coreldraw, Powerpoint, Paint, etc). As imagens de satélite retiradas do Google Earth Pro e do DoveCubesats das localidades de estudo foram selecionadas de acordo com sua disponibilização em comparação com os índices pluviométricos do período estabelecido entre 2005 a 2023, onde foram selecionadas imagens de 2005, 2009, 2014, 2017, 2020, 2021, 2022 e 2023 no maior intervalo espaço-temporal disponíveis, contemplando os meses secos e chuvosos.

Foi realizado, também, o levantamento de campo com auxílio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e máquina fotográfica, para o georreferenciamento, registro e avaliação das lagoas cartografadas e das condições ambientais em que se encontram, enfatizando os aspectos da morfologia e dos demais condicionantes naturais (topografia, regime hidro-climático, vazão e armazenamento, escoamento superficial, sedimentação, solos e cobertura vegetal) e antrópicos (uso e ocupação das terras e urbanização) determinantes para a dinâmica hidro-geomorfológica, bem como, os indicadores de degradação das lagoas, como a interferência na drenagem durante os períodos de inundações, na qualidade da água, na função ecológica e no conforto socioambiental,

inclusive por sua beleza cênica e potencial paisagístico. Os dados e os resultados obtidos foram organizados por meio da compilação de mapas, relatórios e publicações, contemplando a síntese das informações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Condicionantes físico-ambientais

3.1.1. Geologia

A planície do Riacho das Porteiras está inserida geologicamente na porção setentrional do Cráton São Francisco (CSF) classificadas em dez unidades litoestratigráficas e distribuídas regionalmente (Figura 2), sendo elas o Complexo Sobradinho – Remanso, Complexo Serrote da Batateira – Unidade Caxangá, Complexo Rio Salitre – Unidade Sobradinho, Diques de diabásio, Depósitos detritos-laterítico 2, Coberturas detríticas indiferenciadas, Depósitos aluvionares, Depósitos aluvionares antigos, com destaques às unidades Suíte Juazeiro – Lagoa do Alegre e Granitoides da Região de Petrolina, a qual tem ocorrência na área de estudo (Tabela 1):

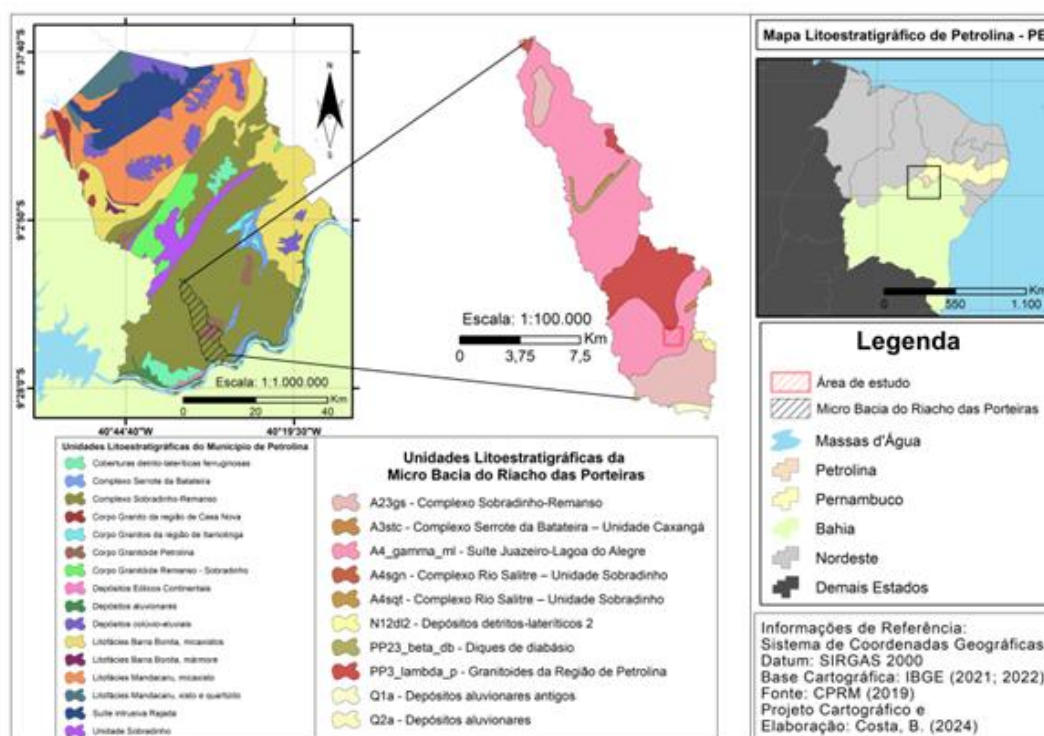


Figura 2 - Mapa Litoestratigráfico de Petrolina, PE.

Fonte: Autores, 2024.

Tabela 1: Unidades Litoestratigráficas da área de estudo.

Unidades Litoestratigráficas	Descrição
Suíte Juazeiro – Lagoa do Alegre	Datado entre 2800 – 2500 Ma, correspondente a era Geológica Neoarqueano, estruturado por ortognaisse com feições migmatíticas, fino a grosso, distribuídas pelos minerais de quartzo, feldspato e biotita na estrutura, apresentando feições como domos e bacias, bumerangues e laços, superpostos por uma foliação e crenulação podendo evoluir para uma foliação milonítica;
Granitoides da Região de Petrolina	Datado entre 2050 – 1800 Ma, correspondente a era Geológica Paleoproterozoico do período Orosiriano, estruturado por metagranito médio a grosso, composto por minerais de K-feldspato, plagioclásio, hornblenda e Fe-hastingsita, apresentando feições de foliação e lineação marcado por cristais de quartzo;

Fonte: CPRM, 2018.

O Cráton São Francisco foi definido por Almeida (1977) como um segmento crustal consolidado no paleoproterozóico, bordejado por orógenos desenvolvidos durante o ciclo Brasileiro (Macedo, 2020, p.19) as quais são definidas como Paleoplacas.

3.1.2. Clima

O clima local é quente e seco, típico de clima semiárido, com altas temperaturas e elevado poder de evaporação (SEMAS, 2014), escassez e precipitações irregulares ao longo do ano, caracterizado como BSh segundo Koppen (1901) e Geiger (1936) com temperatura média nos últimos 30 anos de 27,3 C° (Figura 3) e pluviosidade concentrada nos três primeiros meses e nos dois últimos meses do ano.

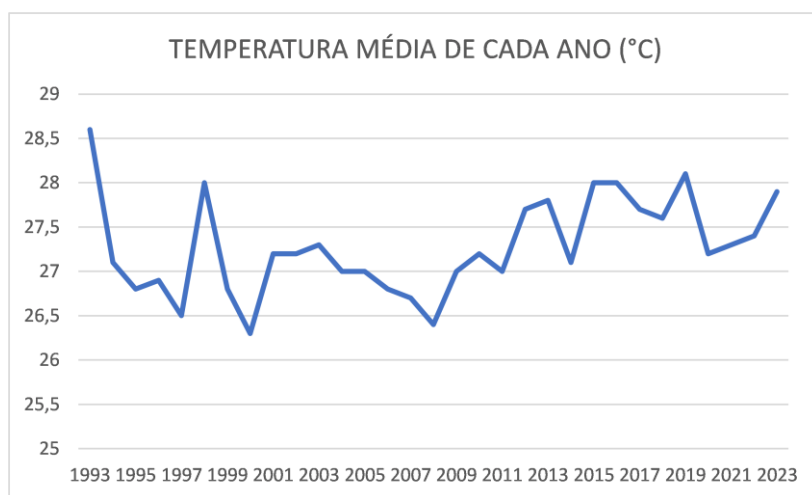


Figura 3 - Temperatura Média dos últimos 30 anos do Município de Petrolina, PE.

Fonte: INMET, 2023.

Contudo, no município de Petrolina localizado a margem esquerda do rio, no Submédio São Francisco, com taxas de insolação de 2.800 horas e alta taxa de evapotranspiração (Sousa; Cavalcanti; França, 2018), mas especificamente nas lagoas da planície do Riacho das Porteiras, a dinâmica hidrológica de inundação, vazão e escoamento da água está intrinsecamente relacionada à precipitação pluviométrica da cidade que durante 18 anos apresenta uma média de aproximadamente 433,2 mm por ano. Este panorama se reflete em solos pouco desenvolvidos, superfícies planas dissecadas sobre rochas cristalinas proterozóica, arqueanas e vegetação arbórea/arbustiva e hiperxerófila.

3.1.3. Relevo

As unidades geomorfológicas existentes, conforme os processos morfogenéticos atuantes na área e as feições resultantes foram mapeados e registrados in loco (Figura 4). Nesse sentido, a área de estudo em questão faz parte da unidade geoambiental da Depressão Sertaneja (SOUSA; CAVALCANTI; FRANÇA, 2018). Nelas predominam as superfícies aplainadas com baixa declividade, configurando níveis de pedimentos com entalhe pluvial moderado e recobrimento generalizado por pavimento detrítico, atravessado por vales estreitos com vertentes dissecadas, maciços e cristas residuais como os inselbergues e morros testemunhos, bem como, a planície poligenética do Alto Submédio São Francisco com superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos areno-argilosos deficientemente drenados e sujeitos a inundações periódicas, além de terraços, ilhas, mantos arenosos e campos de dunas, onde estão situadas as próprias lagoas da área de estudo e o Riacho das Porteiras (LYRA *et al.*, 2018).

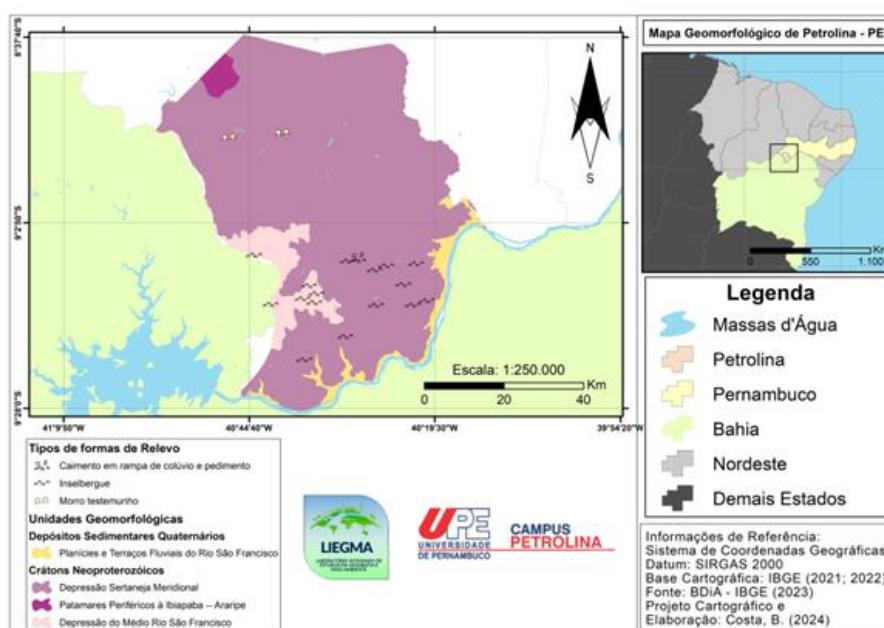


Figura 4 - Mapa Geomorfológico de Petrolina, PE.

Fonte: Autores, 2024.

Portanto, trata-se de um relevo que possui pequena variação de altitude conforme a sua hipsometria (Figura 5) com declividade predominantemente plano e suave-ondulado, e nos pontos mais altos do município de Petrolina, montanhoso e escarpado (Figura 6), a qual se apresentam os morros e inselbergues, que por ter embasamento cristalino em sua composição são estruturas residuais que resistiram aos processos morfogenéticos e de esculturação.

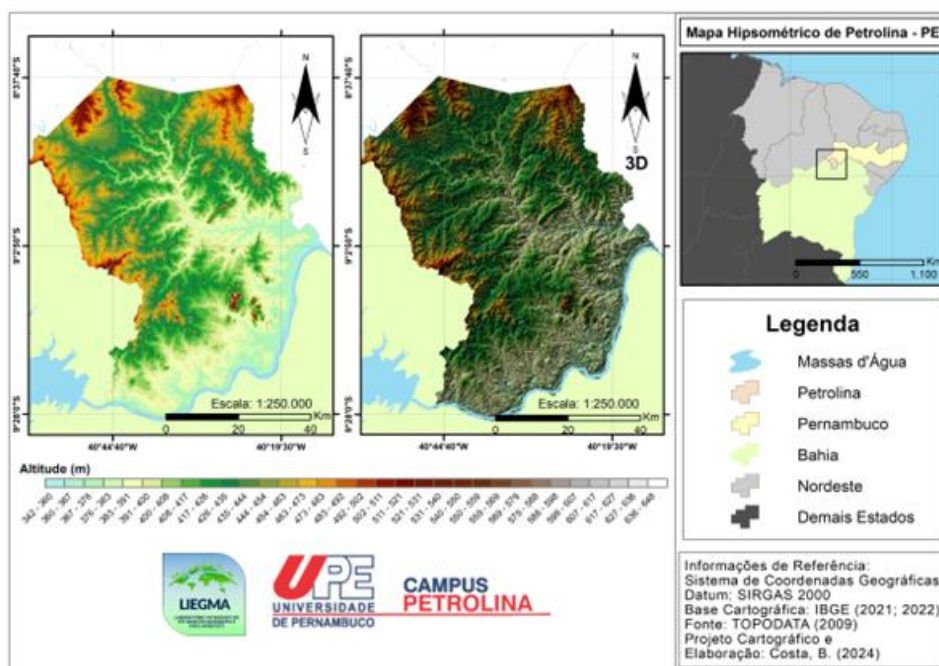


Figura 5 - Mapa Hipsométrico de Petrolina, PE.

Fonte: Autores, 2024.

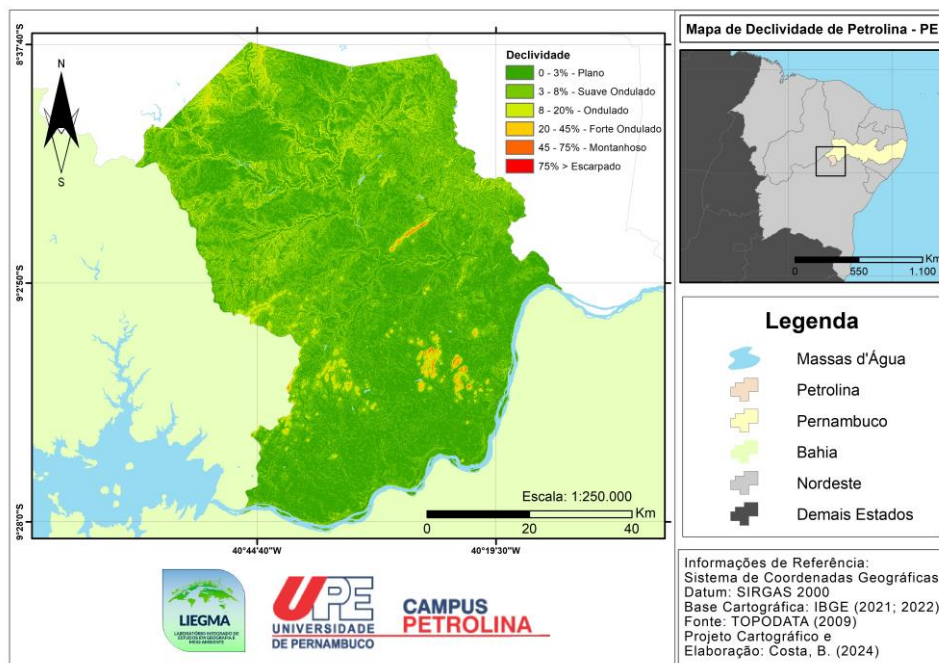


Figura 6 - Mapa de Declividade de Petrolina, PE.

Fonte: Autores, 2024.

Tais condições são perceptíveis na planície do Riacho das Porteiras que se configura como uma típica planície de inundação resultante da vazão dos escoamentos pluviais e de canais de drenagem da rede hídrica urbana, inclusive de efluentes, bem como, seus processos geomórficos de erosão/sedimentação no leito e ao longo de suas margens, visualizando-se feições peculiares como lagoas, barras arenosas e detríticas com seixos rolados, diques, terraços, além de indícios de assoreamentos. Esta morfologia, segundo Rocha (2011), ocorre pelo regime climático ou hidrológico particular da bacia de drenagem, como uma forma proveniente do ajuste entre as variáveis da geometria hidráulica do canal e a sua carga, na busca do perfil gradacional do rio ao longo do tempo.

3.1.4. Hidrografia

Quanto à hidrografia, o local situa-se na Macro Bacia do Rio São Francisco, no submédio, formada pela Sub Bacia do rio afluente Riacho do Pontal e pelo Grupo de Bacias Interiores Tributárias (GI8) (Figura 7). O GI8 limita-se ao norte com a macro bacia do rio Pontal, ao sul e a leste com o rio São Francisco, e a oeste com o Estado da Bahia e é formado por pequenos riachos que deságuam na margem esquerda do rio São Francisco. Destacam-se, dentre eles, os riachos Vitória, das Porteiras, Barreto, Salina, Bebedouro, da Cruz e Imburana, que drenam a porção sul do município de Petrolina. Apresenta uma área de 1.298,22 km², e está totalmente inserida no Estado de Pernambuco, representando um percentual de 1,32% da área total do Estado, abrangendo apenas parte do município de Petrolina, incluindo a sua sede (LIRA, 2014).

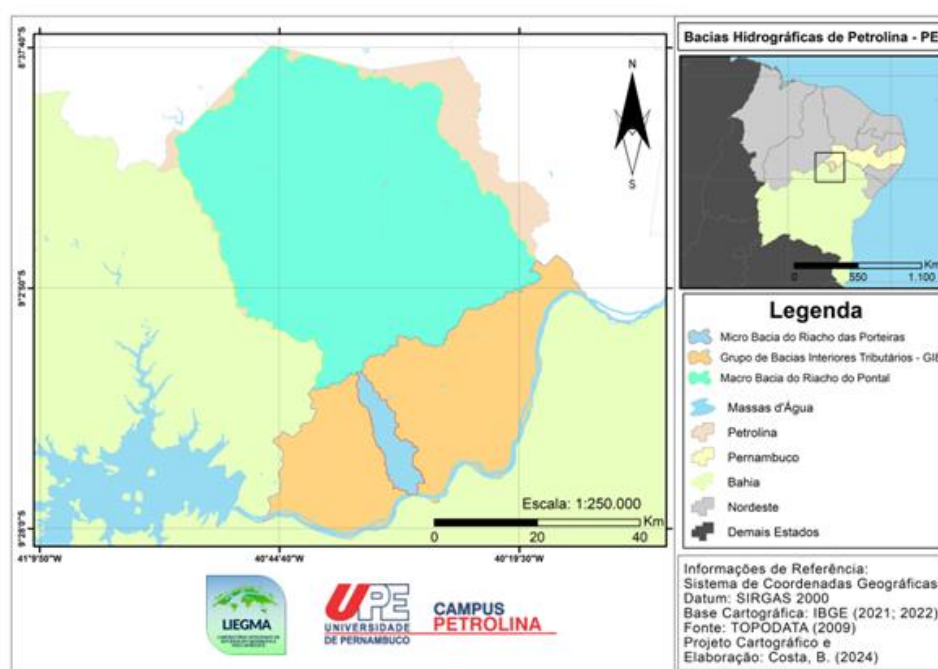


Figura 7 - Bacias Hidrográficas de Petrolina, PE.

Fonte: Autores, 2024.

O Riacho das Porteiras, afluente intermitente com rios de primeira, segunda e terceira ordem, tem sua origem no interior do município próximo às localidades Água-banca e Projeto Maria Tereza, onde encalha seu curso d'água na zona urbana da cidade as margens do rio São Francisco. Alguns de seus trechos são perenizados pela drenagem da irrigação dos perímetros irrigados, assim como, pelos canais de drenagem urbana em que percorre recebendo muitos efluentes. O riacho possui aproximadamente 28 km de comprimento onde entalha seu curso numa área de baixo gradiente topográfico com uma morfologia de canal meandrante (Figura 8).

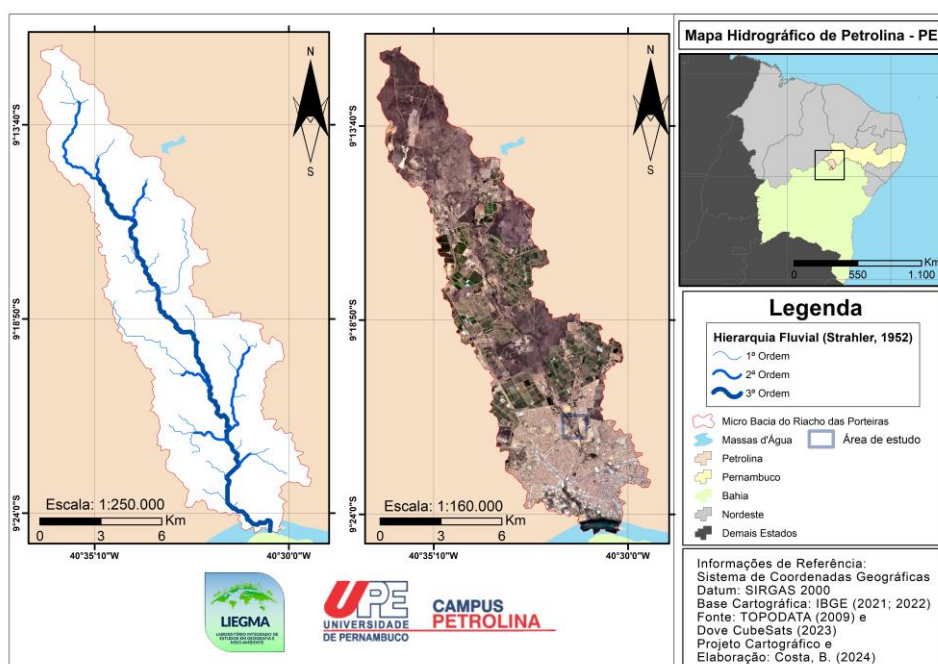


Figura 8 - Mapa Hidrográfico da Micro Bacia do Riacho das Porteiras.
Fonte: Autores, 2024.

A montante nas proximidades da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus de Ciências Agrária (CCA), foi constatado por Barreto (2015) que suas margens foram desmatadas, tornando-o predisposto ao carreamento de sedimentos, assim como, constatado in loco, que nos trechos a jusante nas proximidades do Loteamento Vale Dourado e do Condomínio Morada Nova Mais Viver, o seu leito e suas lagoas tornaram-se receptores dos esgotos domésticos nas porções norte e oeste da zona urbana da cidade. A área é bem drenada devido à altitude e declividade, onde ocorre o escoamento gravitacional das águas das chuvas.

3.1.5. Solos

Na Planície do Riacho das Porteiras, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018) e Cunha *et al.* (2010), são identificados seis tipos de solos, dentre os quais sua

distribuição e características correspondem aos Neossolos Quartzarênicos (RQ), Neossolos Flúvicos (RY), Argissolo Amarelo (PA), Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA), Latossolo Amarelo (LA) e os Neossolos Litólicos (RL) (Figura 9), destacando nas lagoas a ocorrência dos dois primeiros em alguns trechos das suas margens; (Figura 10) e do terceiro, quarto e quinto em áreas mais afastadas (Tabela 2). Esses solos correspondem aos condicionantes integrados da paisagem regional e local em que se inserem.

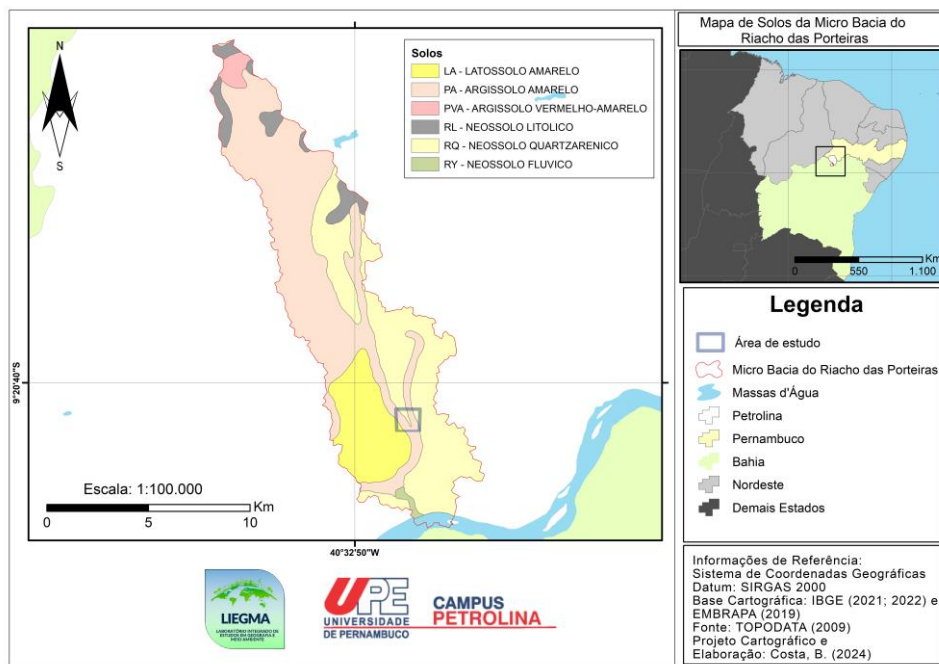


Figura 9 - Mapa de Solos da Micro Bacia do Riacho das Porteiras, Petrolina, PE.

Fonte: Autores, 2024.



Figura 10 - Neossolos Quartzarênicos (RQ), Neossolos Flúvicos (RY) nas proximidades do leito das lagoas.

Fonte: Autores, 2024.

Tabela 2: Características dos solos da área de estudo.

Perfis Pedológicos (Sub-ordens)	Descrição
Neossolos Quartzarênicos	Pouco evoluídos, rasos, com textura franco-arenosa e cascalhos de consistência seca e ligeiramente dura. Na cidade de Petrolina, PE, os Neossolos Quartzarênicos são solos profundos, bem drenados, desenvolvidos da alteração de cobertura pedimentar. São solos com baixa fertilidade natural e apresentam baixos teores de matéria orgânica condicionando uma baixa retenção de nutrientes para as plantas, sendo muito utilizados como fonte de areia na construção civil;
Neossolos Flúvicos	Ocorrência em áreas de influência fluviométricas, como em várzeas, planícies aluviais ou de inundação e terraços aluvionares. São solos ricos em matéria orgânica, o que possibilita o desenvolvimento de diversas culturas agrícolas. A drenagem destes solos varia de excessivamente drenados, nos mais arenosos, a imperfeitamente drenada, nos mais argilosos. O uso indiscriminado destas terras por parte da população ribeirinha está diretamente relacionado à sua morfologia que possibilita o plantio de monoculturas e a construção civil pelo seu baixo gradiente topográfico;
Argissolo Amarelo	Solos com acúmulo de argila em subsuperfície de atividade baixa ou raramente alta, apresentando profundidade variável. A textura varia de arenosa a argilosa, com consistência plástica e pegajosa e com coloração amarelada, localizadas em relevo que varia de plano a suave ondulado, sob vegetação de Caatinga Hiperxerófila. São solos bem drenados a moderadamente drenados, com baixa capacidade de retenção de umidade. Os solos dessa classe são bastante susceptíveis à erosão com presença de cascalhos e relevo com fortes declividades, não sendo recomendável para agricultura, mais sim para pastagem e reflorestamento ou preservação da flora e fauna.
Argissolo Vermelho- Amarelo	Solos que apresentam características gerais dos argissolos, com acúmulo de argila e cores na faixa do vermelho-amarelado, drenagem interna moderada a imperfeita. São presentes em superfícies planas em terrenos com declividade entre 0% e 2%, ou em superfícies suavemente-onduladas com declive entre 2% e 5%, predominando nesta última Argissolos Líticos e pedregosos. A utilização agrícola desse solo é limitada pelas condições climáticas semiáridas, quando secos apresentam consistência muito dura, dificultando a penetração e o crescimento das raízes, além da presença de pedregosidade na superfície, dificultando o processo de mecanização agrícola;
Latossolo Amarelo	São solos muito profundos e altamente ácidos (FERRACINI <i>et al.</i> , 2001, p. 4), com boa drenagem, com ocorrência em áreas de pouca declividade em relevo entre plano a suave-ondulado. Quando eutróficos possuem elevado potencial agrícola, tendo em vista a sua elevada profundidade efetiva e a baixa declividade da paisagem em que se encontram, favorecendo a mecanização, permeabilidade e o armazenamento de água e minimizando a atuação dos processos erosivos (JUNIOR <i>et al.</i> , 2020, p. 191).

Fonte: EMBRAPA (2018); CUNHA (2010).

Nos solos na localidade das lagoas há uma forte susceptibilidade a erosão devido ao seu uso inadequado e a ocupação urbana desordenada, o que gera um desequilíbrio no balanço morfogenético, e consequentemente o predomínio maior da morfogênese em detrimento da pedogênese, resultando em consequências ambientais adversas, afetando a estabilidade dos ecossistemas, a capacidade produtiva das terras e a sustentabilidade dos recursos naturais.

Nesse sentido, sobretudo nos solos Argissolos Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo, Neossolos Flúvicos e Neossolo Quartzarênico, foi constatado por Lyra, Oliveira e Souza (2010) processos de ravinamento e incisões da drenagem ao longo das margens das lagoas, o que fica evidente que desde 2010 o desequilíbrio ambiental foi intensificado pela retirada da mata ciliar, expansão dos empreendimentos urbanos e pelo aumento de solos expostos.

3.1.6. Vegetação

A área da planície do Riacho das Porteiras está inserida no domínio da caatinga correspondendo a um sistema atrelado aos condicionantes físicos-ambientais anteriormente delimitados, ou seja, uma vegetação adaptada à aridez do solo e à escassez de água na região, com características hiperxerófila e rasteira bastante degradada, como o Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* L.), Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul), Jurema preta (*Mimosa hostilis* Benth), entre outros (PACHECO; SANTOS, p. 181, 2019). É comum especificamente nas áreas de influência fluvial, de solos hidromórficos, a ocorrência de vegetação rasteira do tipo gramíneas e ciperáceas (ervas que crescem em terrenos alagadiços), arbustiva ou outras espécies adaptadas à inundação (Borges; Ferreira, 2019). A diversificação de cobertura vegetal compreende a Caatinga Hiperxerófila (nas partes altas) e ripária típica de várzea e floresta caducifólia (nas partes baixas).

3.2. Condicionantes Socioambientais

A dinâmica evolutiva das lagoas da planície de inundação do Riacho da Porteira está associada ao regime hidrológico que condiciona sua vazão, bem como, sua drenagem tributária maior e menor, ou seja, o Rio São Francisco e os demais subafluentes temporários. Este regime típico de clima semiárido com chuvas irregulares e concentradas nos últimos meses do ano ocasiona cheias ou secas, proporcionando a extrapolação da vazão de seu leito até as áreas naturais de inundação, tanto nas cabeceiras de drenagem a montante como nas de deflúvio a jusante, com destaques pluviométricos de grande volume e quantidade nos anos de 2009 e 2022, e pequeno com escassez nos anos de 2012 e 2017 (Tabela 3). A depender do volume precipitacional, ocorrem à inundação de toda planície marginal principalmente as suas margens extremas e mais estreitas (LYRA; LIRA; FONSÊCA, 2018).

Outro fator determinante da dinâmica evolutiva das lagoas está relacionado ao uso e ocupação das terras e a urbanização acelerada na localidade, influenciadas pela expansão dos loteamentos e construções de grandes condomínios gerando impactos sobre os corpos d'água, destacando-se a contaminação por meio de efluentes e do depósito de resíduos sólidos no leito do riacho (Figura 11), as canalizações, as retificações, a retirada da mata ciliar, assoreamento e entre outras formas de alteração. Esses indicadores de degradação ambiental mostram que tanto as dinâmicas naturais quanto às ações antrópicas são responsáveis pelas alterações desses sistemas ambientais, sendo a urbanização, nesse caso, responsável pelas alterações e supressão de alguns desses elementos que acabam gerando grandes transformações na paisagem.

Tabela 3: Índices Pluviométricos de Petrolina, PE, mensal e anual de 2005 a fevereiro de 2023.

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
2023	66,9	31,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2022	99,4	80,5	49,5	63,5	37,5	10,2	2,3	1,1	1,2	103,0	214,9	78,4	741,5
2021	38,1	49,1	28,4	41,1	2,7	7,2	1,8	0,6	0,3	28,8	67,1	208,7	473,9
2020	88,2	23,9	88,0	31,5	4,0	12,2	0,2	0,5	0,3	1,2	42,0	22,5	314,5
2019	6,6	94,1	63,1	61,8	30,3	6,2	1,4	1,3	0,0	9,1	0,0	19,4	293,3
2018	43,0	66,0	109,0	24,7	1,8	3,1	0,0	1,7	0,9	2,7	5,5	56,7	315,1
2017	10,0	24,0	6,0	3,0	26,0	9,0	5,0	1,0	12,0	0,0	7,0	20,0	123,0
2016	154,0	50,0	13,0	1,0	6,0	2,0	2,0	0,0	1,0	33,0	9,0	32,0	303,0
2015	9,0	44,5	44,0	92,0	42,0	1,0	12,0	1,0	0,0	2,0	0,0	19,0	266,5
2014	8,4	31,3	6,2	55,6	4,8	1,0	6,8	3,9	1,5	0,3	65,3	31,2	216,3
2013	70,8	,0,	4,2	37,8	7,3	4,4	9,5	1,9	1,1	0,8	25,5	184,5	347,8
2012	6,3	61,5	4,0	0,0	14,3	5,7	0,9	2,4	0,0	0,0	11,9	0,2	107,2
2011	12,2	19,9	73,3	89,8	68,2	2,0	5,7	21,1	0,0	0,6	14,8	27,9	335,5
2010	8,9	77,5	91,0	148,3	11,9	14,0	12,2	0,0	2,7	18,2	0,0	164,5	549,2
2009	45,7	127,0	152,9	223,6	85,4	14,5	3,6	1,0	0,0	105,7	0,0	49,0	808,4
2008	27,0	75,1	183,4	165,0	12,1	5,1	0,3	1,2	0,0	0,0	0,0	54,6	523,3
2007	35,6	145,9	4,0	12,2	9,2	0,5	9,2	1,6	1,6	0,0	10,5	38,1	266,6
2006	2,6	81,7	101,8	62,3	3,5	7,6	7,2	0,2	8,0	2,9	74,9	14,2	367,2
2005	78,4	80,1	165,9	31,9	55,8	40,0	2,6	6,2	0,0	0,0	35,4	28,8	525,1

Fonte: EMBRAPA Semiárido, 2018 e PCD – Campus Petrolina (GTMAGEO, 2023).



Figura 11 - Resíduos sólidos, entulho e lixo (1) e efluentes (2) no leito das lagoas nas proximidades do Condomínio Morada Nova e Loteamento Vale Dourado.

Fonte: Autores, 2023.

Diante dos fatos apresentados, foram processadas imagens de satélite do Google Earth Pro e de drone para avaliar a dinâmica evolutiva das lagoas em um intervalo espaço-temporal de 18 anos, de 2005 a 2023, considerando os índices pluviométricos dos meses mais secos e chuvosos do município de Petrolina, PE, assim como, os condicionantes sociais da localidade, inclusive dos dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2010) que demonstram ao compilar esses dados um avanço dos loteamentos urbanos com o aumento de domicílios e índices populacionais.

Considerando o crescimento demográfico e urbano da cidade de Petrolina no período de 2000-2010, onde a população residente e o número de domicílios passaram respectivamente de 218.538 mil habitantes e 50.596 domicílios para 293.962 mil habitantes e 80.351 domicílios, ou seja, um crescimento de aproximadamente 34,5% e 58,8%, e ainda que, segundo dados populacionais atuais do censo demográfico IBGE de 2022, a população de Petrolina é de 386.786 mil habitantes e 259.855 mil domicílios, um aumento aproximado de 31,5% e 223,5% a mais do que a estimativa do ano de 2010, demonstrando que durante os últimos 12 anos esse aumento populacional reverberou em políticas de incentivo por parte do poder público ao mercado imobiliário para suprir as demandas habitacionais, a qual corroborou com o avanço dos loteamentos e condomínios, como no caso dos Loteamentos do Vale Dourado e do Condomínio Morada Novos Mais Viver.

Conforme é visto nas imagens de satélite (Figura 12) a dinâmica evolutiva das lagoas está atrelada de forma intrínseca ao avanço dos loteamentos e condomínios que condicionam na alteração substancial desse ambiente, intensificando os processos de assoreamento, desgastes dos solos, alagamento das suas margens ocasionadas pela canalização de esgotos para seu leito e aumento da retirada da mata ciliar.

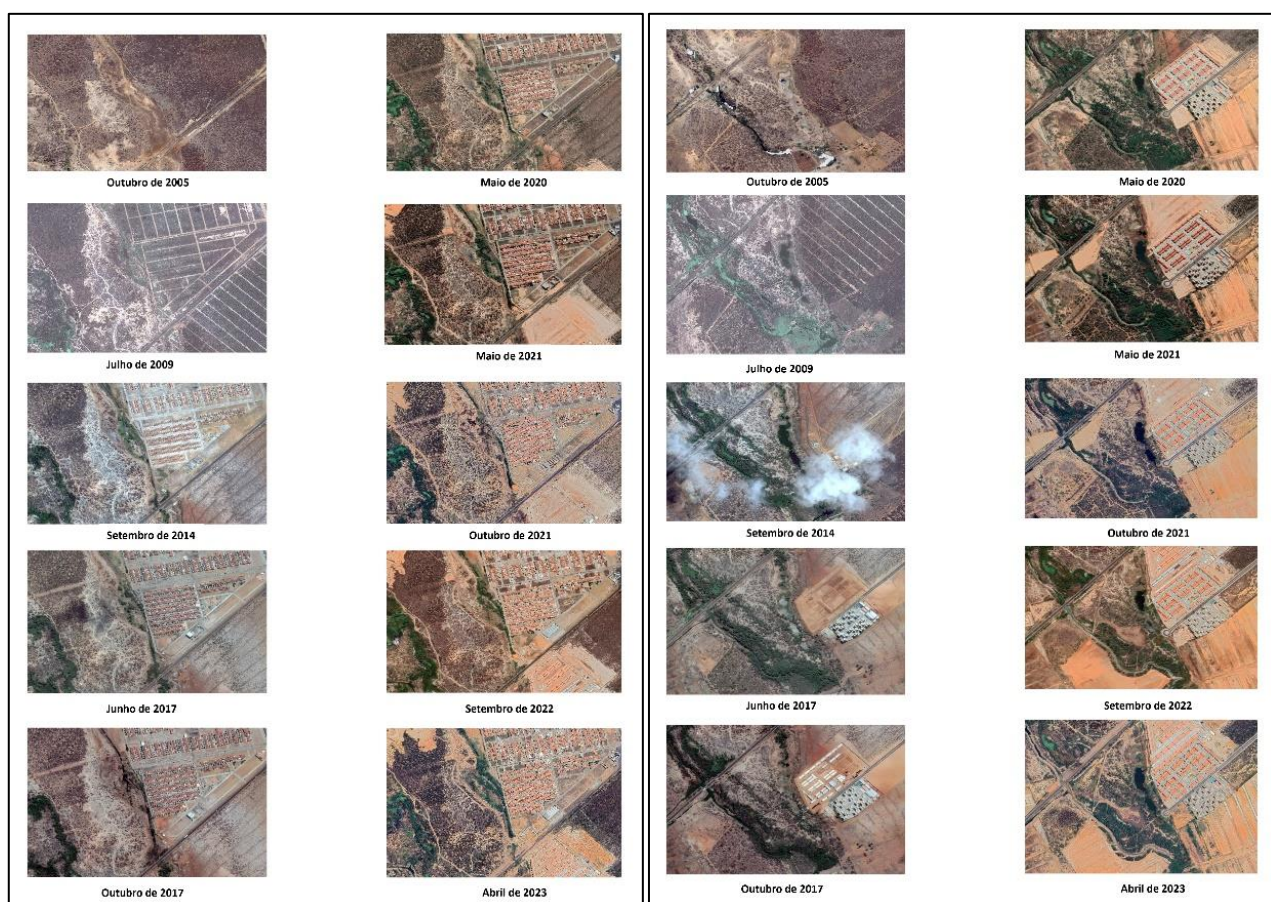


Figura 12 - Dinâmica evolutiva da lagoa e avanço dos loteamentos condomínios nas proximidades do Loteamento Vale Dourado (À Esquerda) e Condomínio Morada Nova (À Direita) no período de 2005 a 2023.

Fonte: Autores, 2024.

A construção desses condomínios e loteamentos em áreas de proteção ambiental como no caso do Riacho das Porteiras, conforme estabelece o Plano Diretor de Petrolina (2022), evidencia a falta de ordenamento territorial urbano da cidade, que em tese, são áreas inapropriadas para atender a demanda desses empreendimentos, tais esses que são autorizados pela própria prefeitura para lotear, construir e vender, o que demonstra a falta de comprometimento do poder público com as questões socioambientais da cidade. O mercado imobiliário nos últimos anos na cidade de Petrolina, PE, vem avançando constantemente, com incentivo público-privado para atender a demanda populacional da cidade que vem crescendo de forma exponencial entre os anos de 1990 a 2022, o que evidencia o processo de produção da cidade em prol do crescimento do setor e mercado imobiliário.

Correlacionando esses dois aspectos é perceptível à transformação das lagoas nas proximidades do Loteamento Vale Dourado e Condomínio Morada Nova Mais Viver, fato também constatado na análise das imagens de drone e satélite e averiguação de campo. Nesse aspecto a dinâmica hidrogeomorfológica das lagoas, interfere nas condições socioambientais desse espaço, principalmente pela sua vazão periódica nas cheias e secas que são irregulares devido a sua condição climática.

Portanto essas lagoas são importantes para a drenagem pluvial e do próprio riacho evitando impactos hidrológicos como as próprias inundações em suas áreas circunjacentes, como também os impactos ecológicos para a manutenção da ictiofauna como as aves ripárias. Segundo Caccia Gouveia (2010) essas áreas apresentam condições originais e representativas de diversos momentos do processo histórico da produção do espaço urbano e expansão urbana promovidas de forma articulada com os processos físico-naturais e por intervenções antrópicas nas lagoas de acumulação.

O ano de 2005 apesar de concentrar um grande volume de precipitação nos três primeiros meses do ano, foi um ano de baixa vazão hídrica nos demais meses e sem cheias nas lagoas. Foi possível identificar nas imagens de satélite, que tanto a Lagoa nas proximidades do Loteamento Vale Dourado, quanto a Lagoa nas proximidades do Condomínio Morada Nova Mais Viver, que por sua vez ainda não existiam, no mês de outubro, apresentava uma paisagem com bastante aridez e com seu leito parcialmente a totalmente secos. Pode-se perceber que as áreas possuíam pouca antropização, mas conforme Lyra *et al.* (2010) sua mata ciliar estava moderadamente transformada, deixando solos expostos e susceptíveis a processos de forte erosão e propensos a desertificação.

Já no ano de 2009 se destaca por apresentar o maior índice de precipitação pluviométrica anual, ou seja, 808,4 mm, com chuvas concentradas nos cinco primeiros meses do ano e no mês de outubro. Isto se refletiu na condição da cobertura vegetal ciliar mais densa da lagoa como também na sua vazão, em comparação com o ano de 2005 que foi bem mais reduzida. Neste ano os loteamentos urbanos foram delimitados e se iniciou o processo de aterramento e construção, afetando terras nas proximidades das lagoas.

No ano de 2014 foi um período seco, mas em consequência dos suprimentos hídricos do ano de 2013, a vazão das lagoas, sobretudo nas proximidades do condomínio morada nova que estava em início de construção e são situadas no nível topográfico mais baixo a jusante do Riacho das Porteiras, foi maior e com acúmulo de água. Contudo o Loteamento do Vale Dourado já estava edificado com muitas residências, inclusive nas proximidades da planície de inundação e suas margens, apresentando solos expostos, pouca mata-ciliar e aterrando partes das lagoas.

Com relação ao ano de 2017 que teve baixíssimo índice pluviométrico, sobretudo no mês de outubro, as imagens também corroboram essa redução pela baixa vazão das lagoas e o avanço do processo de ocupação com desmatamento, solo exposto e aterramento. Nos anos seguintes, com destaque para o ano de 2020, esse quadro se alterou com uma maior vazão das lagoas, decorrente de uma concentração pluviométrica maior, sobretudo, nos meses de janeiro a março. Do ponto de vista da ocupação urbana o processo de expansão continuou com destaque para o crescimento do Condomínio Morada Novo Mais Viver, inclusive nas margens do riacho e das lagoas.

Seguindo essa tendência de aumento dos índices de precipitação dos anos de 2021, 2022 e 2023, considerando a irregularidade do período mais seco e do período chuvoso, a vazão das lagoas também aumentou, contudo, o deplecionamento do espelho e o assoreamento do leito das mesmas foram evidentes, o que pode estar estreitamente relacionado à expansão dos aterros dos loteamentos urbanos e seus desmatamentos e exposição dos solos aos processos erosivos, se destacando a construção de dois novos condomínios a montante do Condomínio Morada Nova, o Solaris Mais Viver, e a jusante, o Sunville Mais Viver.

Nesse sentido, foi possível observar o aumento do problema relacionado às práticas do uso e ocupação das terras em relação à exposição dos solos aos processos erosivos e até indícios de desertificação ao longo do leito do canal pela retirada da mata ciliar, sendo constatado no mapa do Índice Resistente à Atmosfera na Região do Visível (VARI). Após o cálculo do índice VARI, a cobertura vegetal, sobretudo nas margens das lagoas do Loteamento Vale Dourado e Condomínio Morada Nova Mais Viver, demonstra uma forte degradação associada à expansão desses empreendimentos (Figura 13).

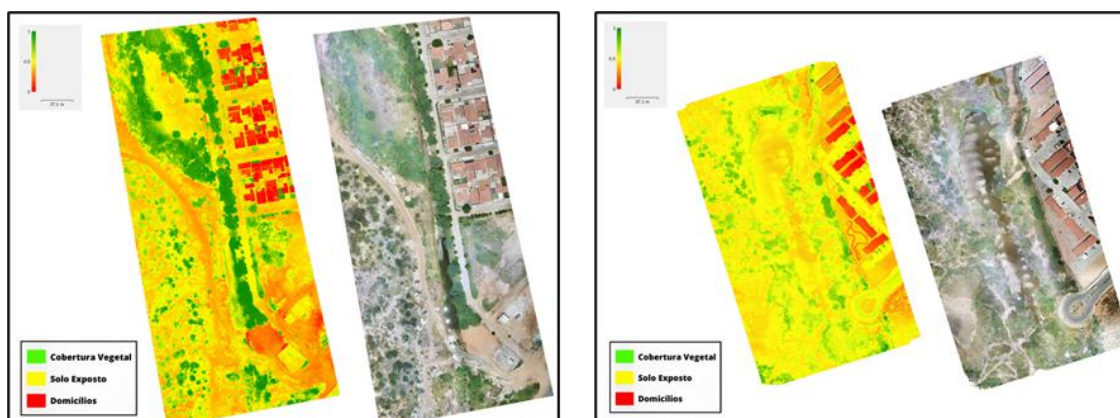


Figura 13 - Índice Resistente à Atmosfera na Região do Visível (VARI) das lagoas nas proximidades do Loteamento Vale Dourado (À Esquerda) e Condomínio Morada Nova (À Direita).
Fonte: Autores, 2023.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido por processamento das imagens de drone demonstram o deplecionamento do espelho d'água e o assoreamento do leito das lagoas e do próprio riacho das Porteiras, sendo estreitamente relacionados à expansão dos aterros dos loteamentos urbanos. No caso, a lagoa das proximidades do Loteamento Vale Dourado, não apresenta uma variação altimétrica entre as margens e seu leito, principalmente nas margens já edificadas, apresentando poucas variações altimétricas de 362 a 363 metros, ficando evidente que nas áreas já transformadas pelo avanço dos loteamentos já estão parcialmente ou totalmente aterradas, inclusive com canalizações instaladas (Figura 14¹).

Já na lagoa das proximidades do Condomínio Morada Nova Mais Viver, há variações na sua altimetria desde as suas margens ao seu leito, apresentando uma altitude mínima de 334 metros no leito e nas áreas mais rebaixadas, e máxima de 358 metros nas áreas mais altas e habitadas, onde se localiza o condomínio. Porém, parte da lagoa já está aterrada pela expansão desse condomínio e com canalização a montante em andamento, ficando evidente o assoreamento da mesma a partir de entulhos e sedimentação em seu leito retratado in loco (Figura 14²).

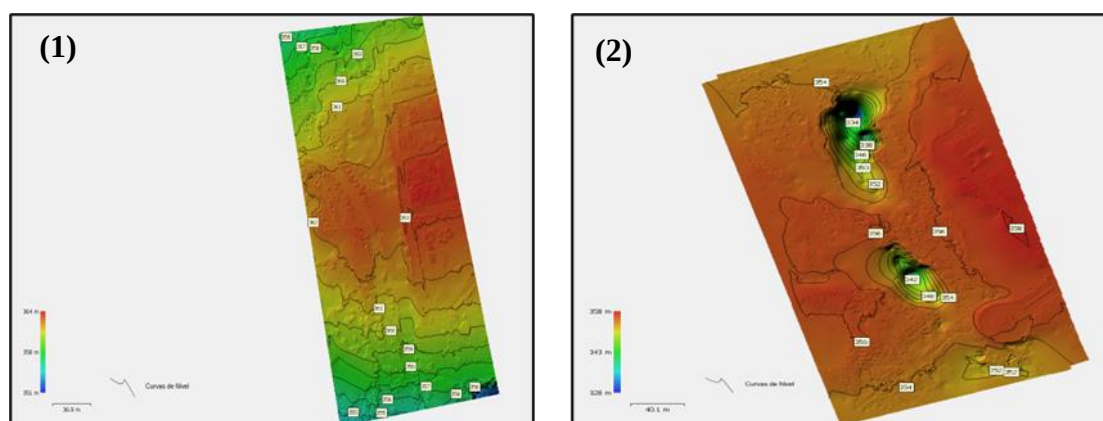


Figura 14 - Modelo Digital de Elevação (MDE) das lagoas nas proximidades do Vale Dourado (1) e Morada Nova (2).
Fonte: Autores, 2023.

A partir dessa problemática, ficam evidentes as contradições do Plano Diretor de Petrolina (2022), que de acordo com a Lei Complementar Nº 034/2022, Art. 28, define o Riacho das Porteiras como uma área de interesse ambiental, sendo caracterizada em duas unidades: Áreas de Proteção Permanente (APP) e Áreas verdes, praças e parques urbanos (Figura 15).

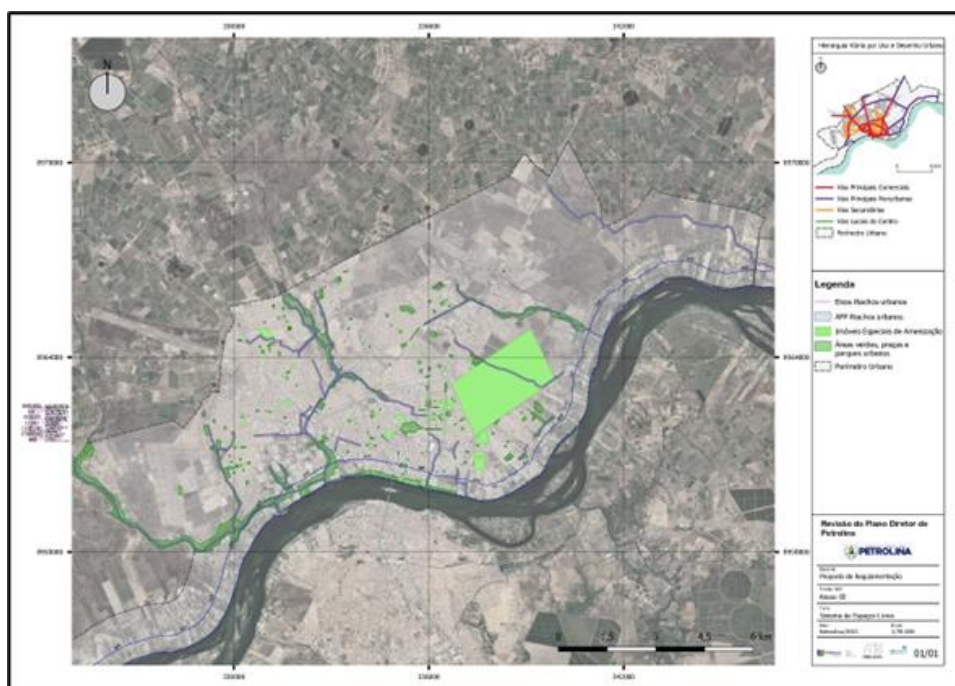


Figura 15 - Mapa dos Sistemas de Espaços Livres de Petrolina, PE.

Fonte: Prefeitura de Petrolina, 2022.

A APP, conforme conceitua o plano diretor no Art. 32, consiste em áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, que tem como função preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitando o fluxo gênico da fauna e da flora, assegurando a proteção do solo e o bem-estar das populações urbanas, tendo como objetivo, de acordo com o Art. 33, recuperar áreas degradadas, livres ou ocupadas irregularmente, reconstituir a vegetação ciliar e características naturais e implantar parques lineares e equipamentos de lazer ao longo dessas áreas.

A proteção do riacho assegurada por Lei, não vem sendo aplicado na prática, tal fato fica evidente em vários de seus trechos. Porém, nas proximidades do Loteamento Vale Dourado e Condomínio Morada Nova Mais Viver ao norte da cidade, é perceptível o avanço desses loteamentos e condomínios no leito do riacho, que fica a menos de 30 metros de distância do mesmo, fato constatado a partir da averiguação de campo (Figura 16).



Figura 16 - Condomínio Morada Nova próximo ao leito da lagoa.
Fonte: Autores, 2023.

Nesse aspecto a dinâmica hidro-geomorfológica da planície, interfere nas condições socioambientais desse espaço, principalmente pela sua vazão periódica nas cheias e secas decorrentes das precipitações irregulares naturais a sua condição climática semiárida. Portanto, é importante para a drenagem pluvial e do próprio riacho evitando impactos hidrológicos como as inundações em suas áreas circunjacentes, como também os impactos ecológicos para a manutenção da ictiofauna como as aves ripárias.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos com a avaliação integrada dos dados documentais e cartográficos físicos-ambientais, pode-se compreender com mais detalhes as características das lagoas de inundação da micro bacia do Riacho das Porteiras nas proximidades do Condomínio Morada Nova Mais Viver e do Loteamento Vale Dourado, assim como, a sua paisagem como um todo, sendo importante para a vazão, drenagem e armazenamento das águas das chuvas e seu equilíbrio natural no sistema hidro-geomorfológico com a bacia do rio São Francisco, a qual é afluente, e também para a preservação dos ecossistemas que abrigam uma diversidade de aves e répteis.

Além disto, constatou-se que as lagoas vêm sendo constantemente degradadas pelo uso e ocupação desordenada de suas terras, influenciadas pela expansão urbana e uso para construções de condomínios e para loteamento, alterando substancialmente esse ambiente e sua paisagem, afetando o regime hidrológico, a topografia, os solos e cobertura vegetal. Portanto, o presente estudo ao mapear e avaliar as condições socioambientais das lagoas de forma sistêmica e integrada poderá contribuir tanto para o seu diagnóstico mais preciso, quanto para o planejamento do ordenamento territorial

urbano e o desenvolvimento socioeconômico e ambiental de Petrolina – PE que vem apresentando descumprimento das leis ambientais municipais e incentivando a ocupação urbana em áreas irregulares que apresentam riscos de alagamento em dias de chuvas acentuadas, assim como, em áreas de Preservação Permanente (APP).

AGRADECIMENTOS

A FACEPE pelo fomento de bolsa PIBIC (Edital 05/2022) e ao suporte do Laboratório de Estudos Integrados em Geografia e Meio Ambiente (LIEGMA) pertencente ao Colegiado de Geografia da Universidade de Pernambuco (UPE), Campus Petrolina.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do Meio Físico da Bacia do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 46–58, 2007.

BARRETO, G. Mapeamento ambiental da bacia hidrográfica da Lagoa Imboacica: subsídio para construção de planos de bacia. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, v. 3, n. 2, p. 125-144, 2009.

BARRETO, R. D. **Uso e ocupação do solo às margens do Rio São Francisco no Município de Petrolina-PE**: impactos ambientais no canal fluvial. 2015. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

BDIA. **Banco de Dados de Informações Ambientais – IBGE**. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

BDMEP-INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2023. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 28 de dez. de 2023.

BORGES, F. O.; FERREIRA, V. O. Planícies de inundação e áreas inundáveis: análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográficas do Ribeirão Bom Jardim e Rio das Pedras, Triângulo Mineiro. **Revista Cerrados (Unimontes)**, v. 17, n. 1, p. 114-130, 2019.

BRASIL. **Lei nº 034/2022, de 25 de fevereiro de 2022**. Institui o Plano Diretor do Município de Petrolina, Pernambuco. Câmara Municipal de Petrolina: seção 1, Petrolina, PE, ano 2022, n. 1, p. 1-67, 25 fev. 2022.

CACCIA GOUVEIA, I. C. M. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas**: aplicação da abordagem, da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo. 2010. 385 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CARVALHO, C. M. S. **Lagoas Marginais**: importância ecológica para a conservação de aves aquáticas no Alto São Francisco, Minas Gerais. 2013. 57 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

CHRISTOFOLETTI, A. **A Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1999. 236p.

CUNHA, C. N.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. **Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats**. Cuiabá: EDUFMT, 2015. 165p.

CUNHA, F. J. T. *et al.* **Solos da margem esquerda do Rio São Francisco**: Município de Petrolina, Estado de Pernambuco. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

CUNHA, S. B. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. In: CUNHA, S.B., GUERRA, A. J. T. (Org.) **A Questão Ambiental**: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 219-238.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Precipitação pluviométrica mensal (mm) da Estação Agrometeorológica de Bebedouro, Petrolina – PE**. Disponível em: <http://www.cpsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-chuva.html>. Acesso em: 10 nov. de 2023.

FERRACINI, V. L. *et al.* Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Pesticidas**: revista de ecotoxicologia e meio ambiente, v. 11, p. 1-16, 2001.

FERREIRA, R. V.; DANTAS, M. E.; SHINGOTO, E. Origem das Paisagens. In: TORRES, F. S.; PFALTZGRAFT, P. A. S. (Org.). **Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2014. p. 51- 70.

GITELSON, A. A. *et al.* Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. **Remote sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 76-87, 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2000**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/petrolina/pesquisa/43/30281?ano=2000>. Acesso em: 14 jul. de 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: 14 jul. de 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2022**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=resultados>. Acesso em: 14 jul. de 2023.

JUNIOR, C. R. P. *et al.* Solos do Brasil: gênese, classificação e limitações ao uso. In: RIBEIRO, J. C. (Org.). **Ciências exatas e da terra**: conhecimentos estratégicos para o desenvolvimento do país. Ponta Grossa: Atena, 2020. cap. 15. p. 183-199.

LIRA, D. R. **Evolução geomorfológica e paleoambiental das bacias do Riacho do Pontal e GI-8 no SubMédio São Francisco**. 2014. 234 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

LOBATO, R. *et al.* Índice de vegetação por diferença normalizada para análise da redução da mata atlântica na região costeira do distrito de Tamoios–Cabo Frio/RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais - CADEGEO**, v. 1, n. 1, p. 14-22, 2011.

LUZ, S. C. S. *et al.* Ictiofauna de uma Lagoa Marginal na Porção do Submédio Rio São Francisco, Remanso - BA. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu: USP, 2007. p. 1-2.

LYRA, L. H. B.; LIRA, D. R.; FONSÊCA, D. N. Análise Evolutiva do uso e Ocupação das Terras nas Ilhas do Massangano e Rodeadouro, Alto Submédio São Francisco, Petrolina-PE. **Revista de Geografia** (Recife), v. 35, n. 2, p. 94-112, 2018.

LYRA, L. H. B.; OLIVEIRA, C. B.; SOUZA, F. Aspectos Geomorfológicos e a Dinâmica da Erosão Pluvial no Riacho da Porteira – Petrolina-PE. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS. 16. 2010, Porto Alegre. ENG 2010. **Anais...** Porto Alegre: AGB, 2010. p. 01 09.

MACEDO, D. P. **Suíte Metagranítica Petrolina:** Magmatismo Alcalino de 2.16 Ga na Borda Norte do Cráton do São Francisco, Estado de Pernambuco, Brasil. 2020. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

MEDEIROS, D. *et al.* Caracterização morfométrica de lagoas naturais intermitentes na região do Seridó, Rio Grande do Norte: uma análise preliminar. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais*, v. 18, n. 3, p. 1-12, 2023.

PACHECO, C. S. G. R.; SANTOS, R. P. Mining and its Impacts on the “Caatingas” of the Brazilian Semiárido. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, n. 5, p. 178-189, 2019.

PEREIRA, A. D. C.; BRAZ, E. R. C. Reservatório de Sobradinho Deplecionamento e Consequências. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 1993. p. 211-217.

PLANET. **PlanetScope Monitoring.** Disponível em: https://www.planet.com/basemaps/#/mosaic/planet_medres_visual_2023_06_mosaic/zoom/2.15. Acesso em: 2 dez. 2023.

RAMOS, C. Perigos naturais devido a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações. **Porto: e-LP Engineering and Technology Journal**, v. 4, p. 11-16, 2013.

RIGEO. **Repositório Institucional de Geociências – CPRM.** Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/18791>. Acesso em: 5 jul. 2023.

ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 33, p. 50-67, 2011.

RODRIGUES, C. Avaliação do Impacto Humano da Urbanização em Sistema Hidro geomorfológicos. Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia na Grande São Paulo. **RDG Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 20, p. 111-126, 2010.

SCHEREN, R. S. **Urbanização na planície de inundação do rio Gravataí - RS.** 2014. 123 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SEMAS. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco. Disponível em: <https://www.acaatinga.org.br/sobre-a-caatinga>. Acesso em: 23 jul. de 2023.

SOUSA, M. E.; CAVALCANTI, L. C. S.; FRANÇA, L. F. O. Inventário do potencial pedagógico dos sítios e de geodiversidade do município de Petrolina-PE. **Geosul**, v. 33, n. 68, p. 395-415, 2018.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 336p.

TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – INPE**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

ZAPE. **Mapa de reconhecimento de baixa e média intensidade de solos do estado de Pernambuco** - EMBRAPA. Disponível em: http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Asolo_pernambuco_wgs84. Acesso em: 20 dez. 2023.