



**Dinâmica das áreas de preservação permanente no rio Pericumã, Pinheiro,
Maranhão**

**Dynamics of permanent preservation areas in the Pericumã River, Pinheiro,
Maranhão**

**Dinámica de las áreas de preservación permanente en el río Pericumã,
Pinheiro, Maranhão**

DOI: 10.55905/revconv.17n.5-185

Originals received: 04/15/2024

Acceptance for publication: 05/07/2024

Amerson Lima Oliveira

Graduado em Engenharia de Pesca

Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Endereço: Pinheiro - Maranhão, Brasil

E-mail: amerson.lima@discente.ufma.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-0236-5471>

Denise Rodrigues Santiago

Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo

Instituição: Universidade Federal do Piauí

Endereço: Teresina - Piauí, Brasil

E-mail: denisesantiago.arq@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1952-7913>

Joel Artur Rodrigues Dias

Doutor em Ciência Animal

Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Endereço: Pinheiro - Maranhão, Brasil

E-mail: joelarturds@hotmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9751-0207>

Yuri Vinicius de Andrade Lopes

Doutor em Ciência Animal

Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Endereço: Pinheiro - Maranhão, Brasil

E-mail: yuri.vinicius@ufma.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5314-6984>



Louize Nascimento

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)
Endereço: Fortaleza - Ceará, Brasil
E-mail: louizenscmt@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6083-8417>

Adilson Matheus Borges Machado

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Endereço: Pinheiro - Maranhão, Brasil
E-mail: adilson.borges@ufma.br
Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-4838-6913>

Milena Monteiro Feitosa

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)
Endereço: Fortaleza - Ceará, Brasil
E-mail: milenamonteirofeitosa@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3748-2395>

Yllana Ferreira Marinho

Doutora em Recursos Pesqueiros e Aquicultura
Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Endereço: Pinheiro - Maranhão, Brasil
E-mail: yllana.marinho@ufma.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1790-1337>

RESUMO

A pesquisa objetivou diagnosticar as condições de uso e cobertura do solo e as condições das APPs na extensão do Rio Pericumã, município de Pinheiro–MA, visando compreender sua relevância no contexto da conservação dos recursos hídricos e biota aquática. Para a geração dos mapas de uso e cobertura do solo, utilizou-se a plataforma MapBiomas e Google Earth Engine para obtenção das imagens dos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 (30 m de resolução). Para as análises das APPs foram necessárias às imagens, de 2016 e 2022 (10 m de resolução), processadas no QGIS. Os resultados apontaram a fragmentação nas áreas ao longo do período analisado. Nos anos de 2016 e 2022, os pontos 2 e 4 destacam-se negativamente devido ao avanço das atividades antrópicas, especialmente em áreas urbanas e de pastagem. Conclui-se que esses achados são cruciais para orientar políticas de conservação e gestão ambiental.

Palavras-chave: áreas de preservação permanente, uso e cobertura do solo, sensoriamento remoto, sustentabilidade.

ABSTRACT

The research aimed to diagnose the conditions of land use and land cover and the conditions of Riparian Protection Areas (APPs) along the extent of the Pericumã River, municipality of Pinheiro–MA, aiming to understand their relevance in the context of water resources and aquatic



biota conservation. For the generation of land use and land cover maps, the MapBiomas platform and Google Earth Engine were used to obtain images from the years 1985, 1995, 2005, 2015, and 2022 (30 m resolution). For the analysis of Riparian Protection Areas (APPs), images from 2016 and 2022 (10 m resolution) processed in QGIS were necessary. The results indicated fragmentation in the areas over the analyzed period. In the years 2016 and 2022, points 2 and 4 stand out negatively due to the advance of anthropogenic activities, especially in urban and pasture areas. It is concluded that these findings are crucial for guiding conservation policies and environmental management.

Keywords: permanent preservation areas, land use and land cover, remote sensing, sustainability.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo diagnosticar las condiciones de uso y cobertura del suelo y las condiciones de las Áreas de Protección Permanente (APPs) a lo largo de la extensión del río Pericumã, municipio de Pinheiro–MA, con el fin de comprender su relevancia en el contexto de la conservación de los recursos hídricos y la biota acuática. Para la generación de mapas de uso y cobertura del suelo, se utilizaron la plataforma MapBiomas y Google Earth Engine para obtener imágenes de los años 1985, 1995, 2005, 2015 y 2022 (30 m de resolución). Para el análisis de las APPs, fueron necesarias las imágenes de 2016 y 2022 (10 m de resolución), procesadas en QGIS. Los resultados señalaron la fragmentación en las áreas a lo largo del período analizado. En los años 2016 y 2022, los puntos 2 y 4 se destacaron negativamente debido al avance de las actividades antropogénicas, especialmente en áreas urbanas y de pastoreo. Se concluye que estos hallazgos son cruciales para orientar políticas de conservación y gestión ambiental.

Palabras clave: áreas de preservación permanente, uso y cobertura del suelo, detección remota, sostenibilidad.

1 INTRODUÇÃO

Durante a evolução humana, os ambientes naturais vêm sofrendo constantes alterações em decorrência das ações antrópicas. O aumento da população resultou em vários problemas ambientais, exacerbados pela exploração excessiva e desordenada dos recursos naturais (Maciel *et al.*, 2023). Essa temática vem sendo discutida por autoridades governamentais no mundo todo, com o intuito de manter o ambiente o mais preservado possível para o equilíbrio da biodiversidade das espécies animais e vegetais, bem como a redução dos efeitos das mudanças climáticas (Silvia; Conceição, 2011).

Ao analisar as zonas costeiras, torna-se crucial examinar o papel da legislação ambiental vigente, com destaque para o Código Florestal (CF). Este marco legal estabelece diretrizes



essenciais para a preservação ambiental, influenciando diretamente as práticas de uso do solo e a manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APPs). O Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, foi o primeiro Código Florestal Brasileiro, e instituiu, entre diversas disposições, a ideia de florestas protetoras, uma concepção que, embora semelhante às atuais APPs, não incluía especificações sobre distâncias mínimas para resguardar tais regiões (Brasil, 1934).

Com a necessidade da criação de regras mais eficientes que culminaram na redução de ações antrópicas nas matas, o CF foi alterado, criando uma previsão para as APPs e Reserva Legal, essas modificações foram atribuídas na Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Brasil, 1965). Por fim, a Lei de n.º 7.754, de 14 de abril de 1989, que estabelecia medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e qualificando as APPs e reserva legal, trouxeram mudanças que acarretaram modelagem e criação do atual CF, Lei n.º 12.651, de maio de 2012 (Brasil, 1989; Brasil, 2012).

A Lei n.º 12.651, de maio de 2012, em seu Art. 3º Inciso II define APPs como “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (Brasil, 2012). Essas áreas possuem um papel fundamental em relação à preservação do meio ambiente, tornando-se essencial para a proteção e conservação da vegetação das margens ao longo dos rios (Morandi *et al.*, 2018).

As APPs são locais onde é crucial manter a vegetação para assegurar a preservação dos recursos hídricos, a estabilidade geológica, a biodiversidade e, por conseguinte, o bem-estar humano (Garcia; Longo, 2020). Essa vegetação, nas áreas de APPs, atuam como uma barreira natural contra a erosão, impedindo o assoreamento dos rios e a degradação dos habitats aquáticos, que mantém a abundância de peixes e a sustentabilidade das atividades de pesca (Rezende *et al.*, 2016). Dessa forma, as APPs são essenciais na manutenção da quantidade e qualidade da água nas bacias hidrográficas, que são reservatórios vitais para o abastecimento e sustentação das atividades humanas (Moreira *et al.*, 2022). O equilíbrio no ecossistema das APPs, proporcionam de forma direta a conservação dos recursos hídricos, conforme Coelho *et al.* (2011).

No entanto, com a intervenção antrópica essas características se alteram de forma excessiva, resultando em uma série de problemas referentes a toda dinâmica existente no meio. Ações como aterramento sobre as margens, canalização de pequenos trechos, dispersão de



resíduos líquidos e sólidos, construções desordenadas sobre as APPs (Vieira, *et al.*, 2023), desmatamento e exploração inadequada dos recursos naturais e uso inadequado dos solos resultam em degradação ambiental (Kohler, 2021). Nesse cenário, a aplicação de técnicas de geoprocessamento emerge como uma ferramenta crucial na identificação de áreas críticas.

Atualmente, as técnicas de geoprocessamento desempenham um papel crucial nos estudos ambientais. Seus avanços tecnológicos em conjunto com a diversidade de informações geográficas, oriundas de diferentes fontes de dados abertos e difundidos globalmente, proporcionam análises de dados em áreas mais extensas e de difícil acesso, facilitando pesquisas no âmbito do planejamento e gestão ambiental em ecossistemas terrestres e aquáticos (Cavender-Bares *et al.*, 2022; Iskin; Wohl, 2023). Analisar de imagens de sensoriamento aplicada ao monitoramento ambiental ecológico, ao planejamento urbano, entre outras diversas atividades, oferece múltiplas verificações em intervalo de tempo curto, facilitando a tomada de decisões de forma rápida e eficaz (Feng *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023).

Sendo imprescindível aplicar as técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, à medida que as pressões ambientais aumentam, possibilitando o entendimento da importância da dinâmica de uso e cobertura do solo e APPs na interação com a pesca, assim, esse conhecimento torna-se essencial para desenvolver estratégias de gestão que garantam a sustentabilidade, tanto das atividades pesqueiras como também dos ecossistemas aquáticos na cidade de Pinheiro, localizada no Estado do Maranhão, pois o município possui áreas que asseguram a conservação dos recursos hídricos e que promovem a manutenção das populações de peixes, contribuindo para a segurança alimentar das comunidades locais e para a economia regional.

Assim, diante dos cenários de necessidade de caracterização da qualidade ambiental, o presente estudo tem o objetivo de diagnosticar as condições da dinâmica de uso e cobertura do solo e das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na extensão do Rio Pericumã, pertencente ao município de Pinheiro, Maranhão, visando compreender sua relevância no contexto da conservação dos recursos hídricos e biota aquática, e também contextualizar os eventos ou fenômenos em um contexto histórico mais amplo, esse fator é valioso para entender como as atividades antrópicas avançaram sobre os ecossistemas.

O trabalho foi estruturado da seguinte forma. Além desta seção introdutória, tem mais três seções. A segunda seção do artigo é composta pela metodologia utilizada na pesquisa. Na

2 METODOLOGIA

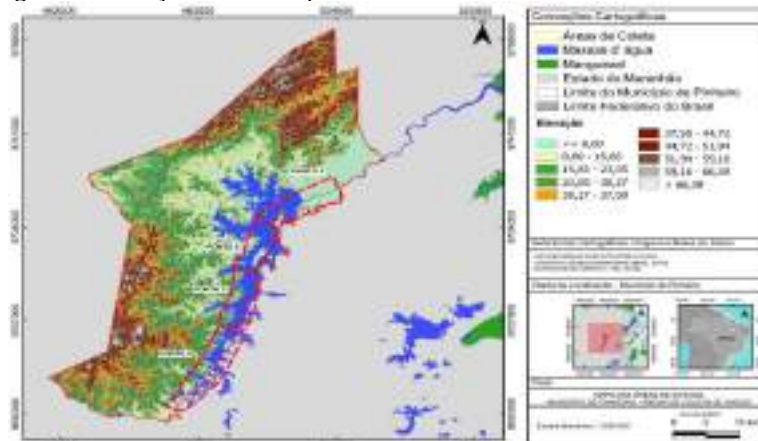
A área de estudo localiza-se no município de Pinheiro-MA, nas coordenadas de latitude 2° 31' S e longitude de 45° 5' W, na baixada ocidental maranhense (Menezes *et al.*, 2023). Segundo IBGE (2022), o município de Pinheiro (Figura 1), possui área territorial de 1.512,969 km² e população de 84.614 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de aproximadamente 53,93 habitantes/m².

A Figura 2 apresenta o relevo do município de Pinheiro, Maranhão. A caracterização morfométrica do município está ligada diretamente com as relações quantitativas entre parâmetros físicos, hidrológicos e de relevo em uma determinada bacia hidrográfica, onde esses mesmos parâmetros estão ligados diretamente com a dinâmica de suas características hidrológicas, como, por exemplo: a infiltração, a evapotranspiração e os escoamentos superficiais e subsuperficial (Moura *et al.*, 2018). No contexto apresentado é de suma importância a realização de análises hidrológicas e ambientais, uma vez que ambas têm a finalidade de proporcionar conhecimentos necessários a respeito da área de estudo (Dias *et al.*, 2020). A compreensão morfométrica do relevo de Pinheiro, Maranhão, é essencial para análises



hidrológicas e ambientais, fornecendo informações cruciais para o manejo sustentável e conservação dos recursos naturais locais.

Figura 2. Elevação do município de Pinheiro e as áreas de coleta dos dados.



Fonte: Elaboração própria.

2.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS PARA USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

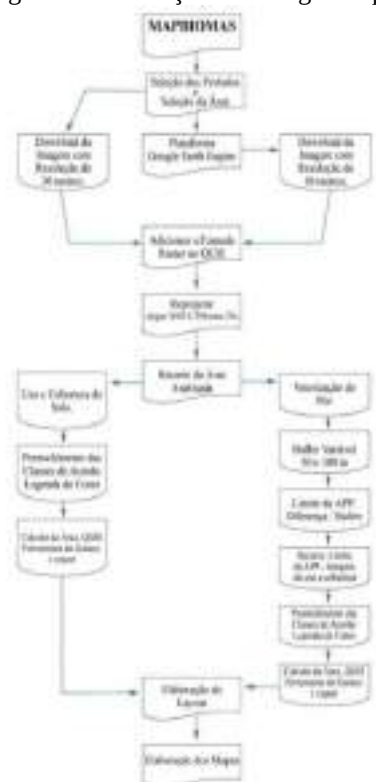
A plataforma para obtenção dos dados de uso e cobertura do solo utilizada para este estudo foi o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil, o MapBiomias, especificamente na Coleção BETA, que oferece mapas anuais de cobertura e uso do solo com uma resolução espacial de 10 metros, abrangendo o período de 2016 a 2022 (considerando a disponibilidade de imagens do satélite Sentinel-2). Além disso, a análise incorporou a Coleção 8 do MapBiomias, que fornece mapas anuais de uso e cobertura do solo no intervalo de 1985 a 2022, com uma resolução espacial de 30 metros. Essa nova coleção apresenta aprimoramentos na identificação dos biomas e inclui novas classes mapeadas, como Floresta Alagável e Cultivo de Dendê, totalizando 29 classes distintas.

Após o processamento, houve a necessidade de realizar a classificação segundo a simbologia. Então utilizou-se o código de legenda para os valores de pixel na Coleção 8 do MapBiomias, onde foi preenchido os códigos e sua respectiva classificação.

A Figura 3 a seguir apresenta o fluxograma hierárquico abordando a metodologia da pesquisa, mais especificamente a obtenção das imagens espaciais e o processamento realizado, desde a seleção dos períodos e área de estudo até chegar à elaboração dos mapas, que serviram de base para os resultados da pesquisa.



Figura 3. Fluxograma de obtenção das imagens e processamento.



Fonte: Elaboração própria.

Para obter as imagens de satélite (dados matriciais) do uso do solo, foi executado o script do Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com>) disponibilizado pela Plataforma do MAPBIOMAS. Logo após esta etapa foi selecionada a área de estudo, os dados de uso do solo para os anos de 1985, 1998, 2005, 2015 e 2022. Esse processamento consistiu em reprojetar os dados para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 na projeção UTM na Zona 23 s, e reclassificada. Em seguida foi recortada a área de estudo com a utilização do software livre QGIS 3.28.12 LTR (<http://qgis.org>).

Para as análises das zonas de APPs foram retirados dados de duas imagens de uso e cobertura do solo, correspondentes aos anos de 2016 e 2022, possuindo resolução espacial de 10 metros, esta base detêm maior capacidade de detalhamento espacial. Posteriormente foi extraído a drenagem do rio e criado o Buffer de largura variada, tanto para a largura do rio quanto para a área de proteção, conforme indicado no CF brasileiro. É importante ressaltar que a plataforma do MapBiomass disponibiliza imagens de 10 metros a partir de 2016, limitando-se às análises de anos anteriores com melhores resoluções.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 USO E COBERTURA DO SOLO

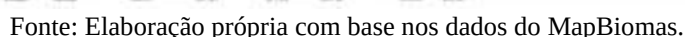
As classes de uso e cobertura do solo compreendem um valor médio nos pontos de estudo de 151,08 km², conforme o Quadro 1 e nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 (correspondentes aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022). Os gráficos 1, 2, 3 e 4 expõem uma comparação de percentual entre os quatro pontos de estudo fazendo uma relação direta entre si, além disso, apresentam informações sobre as mudanças que ocorreram entre o intervalo de tempo analisado.

Quadro 1. Amostragens espaciais em km² da área de estudo entre os anos de 1985 a 2022.

Classes	Área em (km ²)				
	1985	1995	2005	2015	2022
Formação Florestal	9,84	9,42	8,09	6,61	6,21
Formação Savânica	2,96	0,77	0,56	1,89	0,20
Mangue	0,60	0,09	0,95	0,98	0,91
Floresta Alagável	22,92	22,12	18,91	17,44	9,6
Campo Alagado	27,53	44,11	59,62	69,93	56,91
Formação Campestre	13,08	18,51	4,36	19,75	5,35
Pastagem	1,77	2,73	4,40	12,64	14,27
Área Urbanizada	2,14	2,45	2,66	2,96	3,03
Rio	70,76	50,56	51,94	16,69	55,11
Outras Lavouras Temporárias	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
TOTAL	151,6	151,57	151,49	149,02	151,59

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomias.

Conforme o Quadro 1, o ano de 2015 apresenta valor muito baixo em relação ao corpo hídrico, apresentando o menor volume de água entre os cinco anos, esse fator pode estar associado diretamente a eventos climáticos extremos como, El Niño que gera alterações nos padrões climáticos (Pezzi; Cavalcanti, 2001). A Figura 4 mostra um registro visual dos processos de interação dinâmica entre as atividades humanas e as paisagens naturais da região em 1985. Nela, os contrastes entre cada classe de ocupação desenvolvidas e vastas extensões de vegetação criam um mosaico visual de suma importância para o entendimento da diversidade e o nível de conservação elevado em 1985, demonstrando que durante este ano a expansão antrópica era baixa.



No Ponto 1, o Mangue obteve valor médio de 2% apresentando raras variações. No que se refere à Floresta alagável, observa-se que entre os anos de 1985 e 2015 os índices referidos variaram entre 6% e 7%, enquanto no ano de 2022 teve uma queda considerável, passando a obter valor de 3% de cobertura. A classe de Campos Alagados obteve um crescente percentual nos anos de 1985, 1995, 2005 e 2015, e uma queda em 2022 conforme os valores percentuais respectivamente: 25%, 40%, 48%, 54% e 50%. Com base nos dados pode-se observar que as



diferentes formações vegetais, como o Mangue, a Floresta alagável e os Campos Alagados, exibem padrões variados de cobertura ao longo do tempo. Essas variações indicam a complexidade e a dinâmica das interações entre os ecossistemas aquáticos e as mudanças ambientais ao longo das últimas décadas. Vale salientar que a Lei n.º 12.651/2012, considera como APP os manguezais em toda a sua extensão. Esse ecossistema desempenha um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas, atuando como barreira física contra a erosão costeira, agravada pela elevação do nível do mar (Dominicis *et al.*, 2023).

As Formações Campestres apresentaram valores diversos no primeiro ponto de estudo. Assim, no ano de 1985 obteve 14% enquanto no ano 1995 esse valor diminuiu para 10%, e em 2005 reduziu mais, resultando em 4%. No ano de 2015, voltou a apresentar 14% de cobertura, entretanto, em 2022 foi o ano que concentrou o menor valor desde o ano de 1985, apontando um índice de 3%.

Sobre a Pastagem, a mesma apresentou um crescimento de 0 a 6% entre os cinco anos analisados. Já os Rios, tiveram seu valor máximo de 48% no ano de 1985, enquanto nos demais anos obtiveram percentuais próximos com mínimas variações, com exceção do ano de 2015, onde apontou 16%, ou seja, uma queda rápida conferindo mais da metade em relação aos anos anteriores e posteriores. Essas tendências sugerem a necessidade de monitoramento contínuo e de medidas de conservação para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e do ecossistema aquático na região.

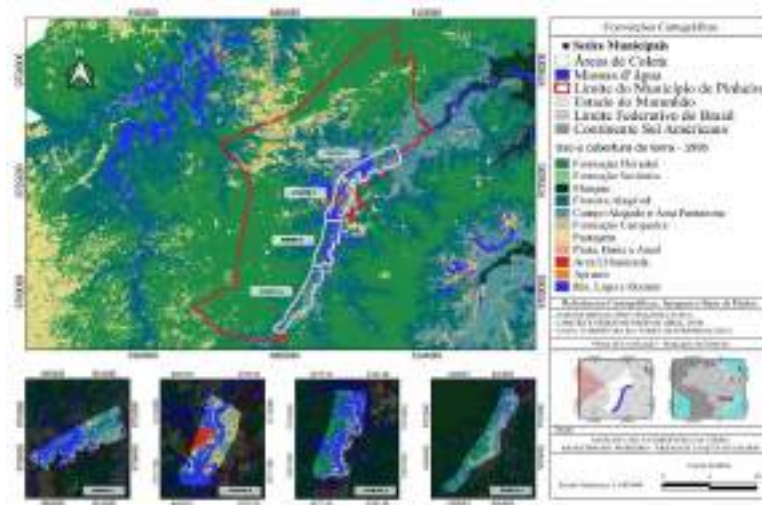
Gráfico 1. Quantitativo percentual (%) das classes de uso e cobertura do solo do Ponto 1.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomias.

Segundo Andrade *et al.* (2020), a fragmentação de áreas vegetadas pode intensificar os processos erosivos e consequentemente alterar boa parte do regime hídrico, em virtude das ações antrópicas voltadas para o desmatamento. Contudo, as matas ciliares desenvolvem um papel fundamental, e quando alterada, gera outras situações capazes de modificar a morfologia de rios e de bacias. O processo de descentralização de áreas rurais pode ser fruto da deficiência de prestações em serviços básicos como a falta de unidades de saúde, a dificuldade em acesso à educação e ao transporte, além da obtenção de melhores perspectivas e oportunidades financeiras com o êxodo rural (Rodrigues *et al.*, 2020).

A horizontal line representing a linear DNA molecule. Three specific regions are highlighted with green rectangular boxes and labeled 'F1', 'F2', and 'F3' from left to right.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomás.



No gráfico 2 a Formação Savânica e o Mangue não tiveram nenhuma variação percentual, ficando apenas em 0%. Essa baixa alteração também foi verificada na área de Floresta Alagável, apontando 4% e 2% no primeiro e segundo ano, respectivamente. Nos demais anos não houve variação de percentuais, ficando apenas com 1%. Esses resultados revelam uma estabilidade relativa nas áreas de Formação Savânica, Mangue e Floresta Alagável ao longo do período analisado, com variação percentual mínima ou nula. Pode indicar tanto uma situação de conservação eficaz, sustentada por políticas ambientais ou características naturais resilientes desses ecossistemas, quanto uma possível falta de monitoramento ou intervenção para reverter potenciais impactos negativos.

Como descrito no trabalho de Andrade e Lemes (2021), que as supressões das Formações Savânicas são decorrentes de atividades antrópicas resultantes de atividades agrícolas que necessitam de demanda ambiental para suas aplicações. No entanto, o trabalho de Baia (2023) aponta os resultados negativos sobre as Formações Savânicas, os quais são decorrentes da expansão territorial, mais precisamente da urbanização. Portanto, é crucial investigar mais detalhadamente as condições ambientais e as pressões antropogênicas específicas que afetam essas áreas, a fim de determinar se essa estabilidade reflete um equilíbrio saudável ou uma degradação latente.

Gráfico 2. Quantitativo percentual (%) das classes de uso e cobertura do solo do Ponto 2.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomass.

No que se refere aos Campos Alagados, os mesmos tiveram aumento entre os anos estudados, reduzindo apenas em 2022 como pode ser observado nos valores percentuais respectivamente: 6%, 21%, 43%, 56% e 31%. A Formação Campestre segue o mesmo padrão de



aumento, porém com maiores variações, visto que, no ano 1985 e de 1995, apresentaram 9% e 24%, respectivamente. Além disso, houve uma redução significativa no ano de 2005, conferindo 6%, enquanto em 2015 o valor aumentou para 14% e em 2022 houve uma redução para 9%. Em relação à Pastagem, no ano de 1985 o percentual foi de 0%, porém, esse valor aumentou para 2% nos anos de 1995 e 2005 e manteve-se com 4% em 2015 e 2022.

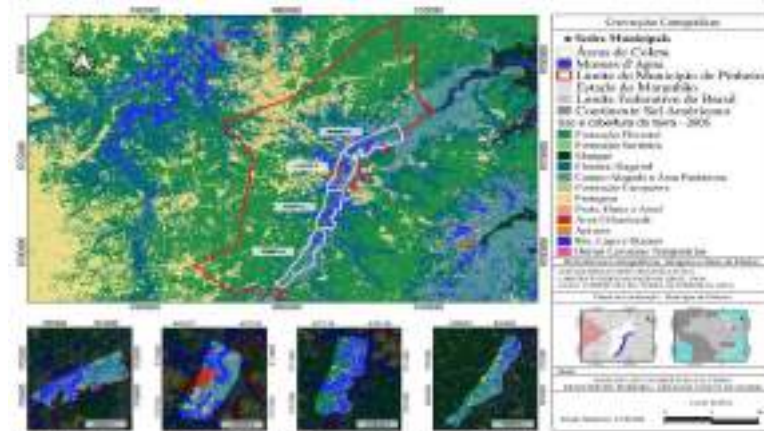
Os Campos Alagados e as Formações Campestres mostraram um padrão geral de aumento ao longo dos anos, com flutuações notáveis em alguns períodos, enquanto a Pastagem teve um aumento constante. Esses padrões sugerem mudanças no uso da terra e na dinâmica do ecossistema ao longo do tempo, destacando a necessidade de investigações mais detalhadas para compreender os fatores subjacentes e seus impactos na área estudada.

A classe de urbanização é o processo mais evidente nos quatro pontos. No ano de 1985 a taxa de ocupação na área de estudo era apenas de 6%, aumentando em 1995 para 7% e crescendo em 2005 para 8%. Destaca-se o ano de 2015, o qual apresentou um percentual de 16%, sendo o maior pico no processo de urbanização dobrando o valor ao se comparar com o ano anterior. Já no ano de 2022 houve uma descentralização dessa ocupação, reduzindo para 9% a área ocupada.

Esses resultados estão em concordância com estudos realizados nas APPs na bacia do Rio Anil na cidade de São Luís, Maranhão, onde suas áreas vêm sofrendo grande processo de antropização no decorrer dos anos. (Cruz *et al.*, 2020). Situação semelhante foi encontrada em um estudo realizado por Maia (2022), no qual se observou a supressão da cobertura vegetal ao longo da faixa marginal da APP do Córrego Samambaia, no Distrito Federal, devido à expansão urbana, que ocorreu de forma gradual entre os anos de 2000 e 2020. Esses resultados demonstram que o novo Código Florestal não foi cumprido conforme as diretrizes da legislação ambiental.



Figura 6. Pontos de coleta referente à dinâmica de uso e cobertura em 2005.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomas.

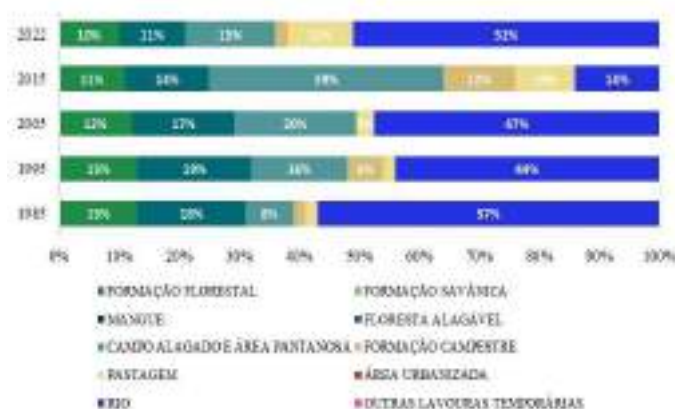
Por fim, os valores destinados à área do Rio tiveram seus maiores índices no ano de 1985, chegando a 74%, já no ano de 1995, o valor foi de 43%. Posteriormente, em 2005, o percentual foi de 40%, porém, em 2015 houve uma baixa muito expressiva, passando a ter apenas 16% de sua área. No último ano, em 2022, o corpo d'água obteve uma melhora em sua capacidade, passando para 46%.

O desenvolvimento no período de 2005, teve como consequências o avanço das atividades agrícolas de pastagem, silvicultura e soja, de maneira que a formação florestal amazônica foi devastada, dando lugar às novas formas de uso no espaço (Azevedo; Matias, 2022). Após análise dos resultados, foi constatado o predomínio da Classe Rios, Lagos nos 4 pontos de coleta, sendo no ponto 2 é possível a observação da expansão urbana.

Segundo os dados do gráfico 3, referente ao ponto 3, a Formação Florestal apresentou o valor da área por essa classe foi de 13%, nos anos de 1985 e 1995. Já nos anos posteriores houve uma redução 1% ao ano na análise correspondente aos anos de 2005, 2015 e 2022, resultando nos seguintes valores percentuais 12%, 11% e 10%, respectivamente.



Gráfico 3. Quantitativo percentual (%) das classes de uso e cobertura do solo do Ponto 3.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomass.

Mesmo com a diferença de 3% entre o primeiro e o último ano, a classe de Formação Florestal obteve valor maior em relação aos dois primeiros anos, isso é justificado devido ao fato deste ponto estar mais afastado dos centros urbanos, com isso, os impactos antrópicos são reduzidos. As Florestas Alagadas no ano de 1985 e 1995 obteve 18% e 19%, respectivamente. Os demais anos apresentaram queda, detendo os seguintes percentuais 17%, 14% e 11% referentes aos anos de 2005, 2015 e 2022.

Nos quatro primeiros anos de estudo as classes Campos Alagados e a Área Pantanosa apresentaram um crescimento exponencial no ponto 3, tendo 8%, 19%, 20% e 39% respectivamente, porém em 2022 esse valor caiu para 15%, sendo maior apenas que o de 1985.

A Formação Campestre demonstrou alta variação ao longo do tempo em sua área total tendo os seguintes índices de amostragem 2%, 6%, 0%, 12% e 2%, já a classe Pastagem evidenciou o maior valor, assim como a Formação Florestal, essa classe apresentou valores iguais em 1985 e 1995 obtiveram valores iguais de 2%, em 2005 aumentou 1% passando a ter 3%, em 2015 aumentou para 10% e em 2022 chegou ao seu maior valor, com 11%. Esse aumento pode estar relacionado à distância do centro urbano de Pinheiro e com a disponibilidade de mais terras para gerenciamento das atividades agrícolas.

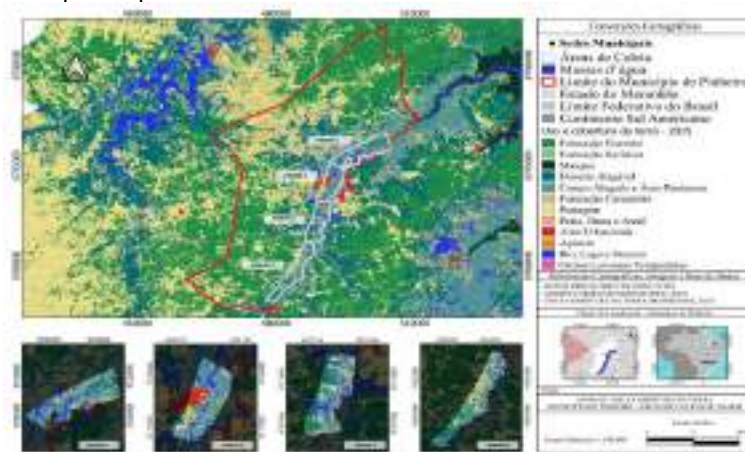
No ponto três, a Classe Rios e Lagos apresentaram valores positivos, exceto nos anos de 2015, que apresentou o menor índice, 14%, considerando a disponibilidade hídrica e a extensão do seu curso d'água. Nos anos de 1985, 1995, 2005 e 2022 obtiveram os seguintes valores: 57%, 44%, 47% e 51%, respectivamente. A redução da disponibilidade hídrica de um rio pode ser resultado de uma série de fatores naturais e ações humanas, que afetam o fluxo de água em uma



bacia hidrográfica. Essas ações podem ser atribuídas a efeitos climáticos, desmatamento, agricultura, urbanização, captação de água e até mesmo o represamento.

Diante disso, é importante a manutenção do equilíbrio ambiental, visando o gerenciamento dos cursos d'água de forma sustentável, trazendo a conservação para as necessidades humanas e ecológicas. Em 2015 as mudanças avançaram pelo território, gerando desenvolvimento urbano, transformações econômicas e desafios associados ao rápido crescimento. A Figura 7 mostra os resultados do mapeamento que estão apresentados também no Gráfico 4. É possível observar as mudanças duradouras nas paisagens e nas comunidades locais, moldando a trajetória de ocupação na cidade.

Figura 7. Mapa dos pontos de coleta referente a dinâmica de uso e cobertura em 2015.

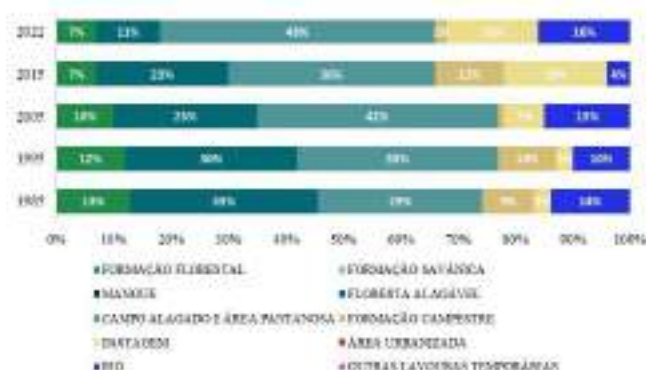


Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomias.

O ponto 4, foi o último ponto de coleta e com maior distanciamento dos centros do município de Pinheiro. Nele foi possível observar que as Formações Florestais mantiveram níveis de comparações semelhantes ao ponto 3, tendo os seguintes valores percentuais: 13%, 12%, 10% e 7% entre os anos de 1985 e 2015.



Gráfico 4. Quantitativo percentual (%) das classes de uso e cobertura do solo do Ponto 4.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomias.

A Figura 8 mostra que a classes Floresta Alagável, Campos Alagados e Áreas Pantanosas, no ponto 4 foi onde apresentou maiores resultados entre os três pontos anteriores, tendo em vista os seguintes percentuais: 33%, 30%, 25%, 23% respectivamente e 11% para Floresta Alagável; 29%, 35%, 42%, 36% respectivamente e 48% para os Campos Alagados; e 29%, 35%, 42%, 36% e 48% para área pantanosa respectivamente. Nota-se que esses dois parâmetros são inversamente proporcionais, esse fato se deve pela transição de vegetação que as classes possuem, ou seja, são processos complexos que podem ser influenciados por uma interação de fatores naturais e de atividades antrópicas.

A Formação Campestre, por sua vez, apresentou 9% no ano de 1985, já em 1995 esse valor teve aumento de 1% passando a ter 10% de sua área. Em 2005 esse valor reduziu significativamente para 1% e em 2015 houve uma recuperação até atingir seu pico máximo de 12%, no entanto, esse valor voltou a reduzir chegando em apenas 2% no ano de 2022. A diminuição das formações campestres tem sérias consequências, incluindo a perda de biodiversidade, a degradação do solo, o aumento da erosão e os impactos na qualidade da água (Lal, 2015; Bardgett *et al.*, 2021). Além disso, essas áreas desempenham um papel importante na regulação dos ciclos de nutrientes e na mitigação de mudanças climáticas. Portanto, a conservação e o manejo sustentável das formações campestres são essenciais para a preservação da biodiversidade e a manutenção dos ecossistemas saudáveis.

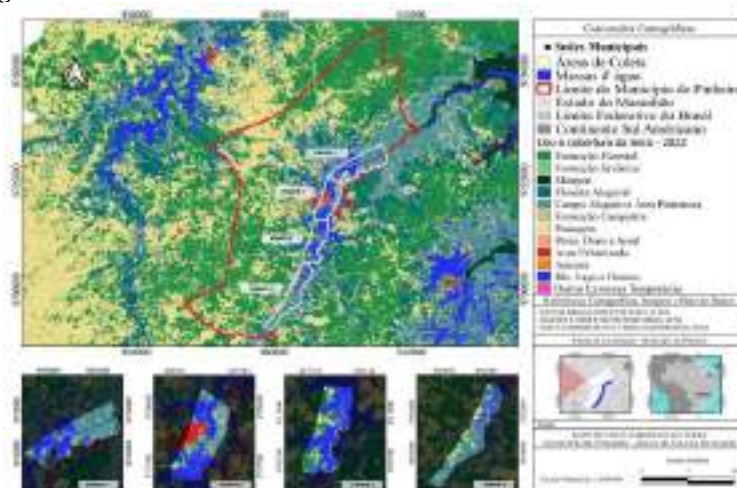
É válido destacar que a formação campestre sofre com a exploração e ocupação desordenada das atividades antrópicas causando a diminuição da classe, esse fator pode ser percebido com a atividade da pastagem que avançou ao longo dos anos, e, de certa forma, degradou essas áreas, que passaram a ter menor incidência conforme o aumento da atividade. Por



exemplo, no ano de 1985, a pastagem obteve 3% de sua área, enquanto a campestre estava com 9% no mesmo período. Em 1995 continuava com 3% e a f. campestre estava com 10%, já em 2005 a pastagem aumentou para 7%, em 2015 teve 18% e 2022 apresentou 16% a partir desses períodos as formações campestres diminuiram.

No ponto 4 deve-se destacar os maiores valores para a pastagem. Tornando claro que a gestão adequada das pastagens é fundamental para minimizar os impactos negativos no uso e cobertura do solo. Isso pode incluir práticas como a rotação de pastagem, o controle de erosão, o manejo sustentável do solo e a proteção de áreas sensíveis. Ademais, o equilíbrio entre a produção agrícola e a conservação ambiental.

Figura 8. Pontos de coleta referente a dinâmica de uso e cobertura em 2022.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomias.

As áreas urbanas não tiveram valores maiores que 0% e os rios tiveram os seguintes percentuais: 14%, 10%, 15%, 4% e 16%. O menor resultado corresponde ao ano de 2015, devido à menor disponibilidade hídrica em todos os pontos. Nesse sentido, é preciso considerar a largura do rio, que, nesse ponto em específico, apresenta menores medidas, tornando menor o volume total exercido pelo rio.

Esses resultados indicam mudanças significativas no uso da terra e na cobertura do solo ao longo do tempo, bem como os impactos associados às atividades humanas, destacando a importância da conservação e manejo sustentável dos recursos naturais.

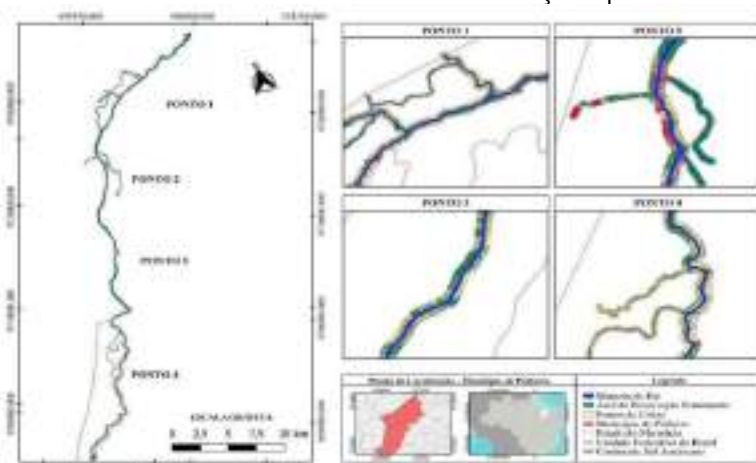


3.2 DELIMITAÇÃO DAS APPs

Os índices de mata ciliar, pastagem e área urbana são compostos pela somatória dos valores encontrados conforme as classes e códigos de legenda da coleção 8 do MapBiomias, nela as matas ciliares (Floresta) são compostas pelas classes de formação florestal, formação savânica, mangue e formação alagável; já a pastagem está derivada nos parâmetros da agropecuária, e pôr fim a área urbanizada corresponde às classificações de áreas não vegetadas.

Para a delimitação das APPs foram utilizadas as mesmas imagens de 10 metros, e conforme a tabela 4 é possível perceber uma mudança de parâmetros, os dados obtiveram maior distribuição entre as classes, tais mudanças decorrentes da capacidade de detalhamento. Confira a seguir a Figura 9 referentes ao uso e ocupação no ano de 2016.

Figura 9. Análise das APPs no ano de 2016 com resolução espacial de 10 metros.

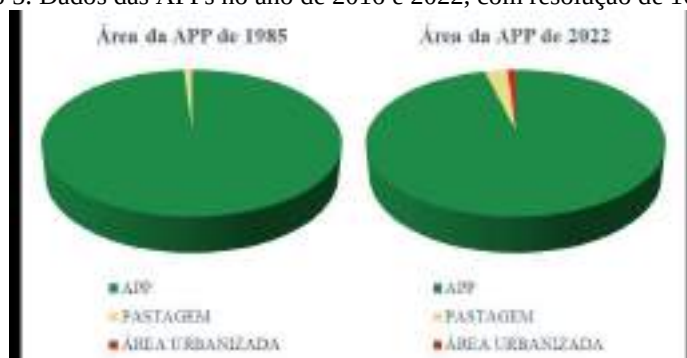


Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomias.

No ano de 2016 as APPs apresentaram percentual baixo de 83% nas matas ciliares, totalizando 12,06 km² de área, esses valores percentuais foram parecidos com os encontrados nos trabalhos de Dalla-Nora e Oliveira (2022), em seu trabalho no rio Caxipó – Cuiabá. A pastagem obteve o maior índice nas zonas de preservação chegando no valor máximo de 13% e 1,81 km² de áreas impactadas, destacando o ponto quatro como o maior responsável pelo avanço no desmatamento dentro da APP com 1,16 km² de área. A urbanização também apresentou um salto na ocupação dos limites de preservação, os índices encontrados foram de 4% destacando o ponto dois como o principal responsável pelo avanço de assentamentos nas margens do rio Pericumã.



Gráfico 5. Dados das APPs no ano de 2016 e 2022, com resolução de 10 metros.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomias.

Durante o ano de 2022 a pastagem apresentou redução, caindo para 8%, enquanto a zona de urbanização também evidenciou uma queda muito expressiva de 4% para 1% em comparação com os dados de 2016. Em relação ao período de 2022 houve uma regeneração das zonas naturais, apresentando crescimento de 8% em comparação com ano de 2016. Esse crescimento pode ser causado em decorrência da descentralização das margens do rio para zonas centrais do município, já que Pinheiro expandiu seu perímetro urbano com surgimento de novos bairros e residências nas proximidades do bairro de Pacas (Pereira, 2023). Consequentemente, essas áreas naturais ganham maior espaço de tempo suficiente para sua regeneração, sendo que o município não possui plano municipal de revitalização ou desocupação das áreas de proteção.

Gráfico 6. Dados referentes a APP de cada ponto de coleta no ano de 2016 e 2022, com resolução de 10 metros.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomias.

O gráfico 6 mostra a estratificação em cada ponto referente ao valor total dos dados das APPs. No ano de 2016 referente ao ponto 1 a urbanização obteve área de 4% vindo logo atrás com a zona de preservação tendo 88% e a pastagem com 8%; já a ação antrópica representou 8% no ponto 2, seguido pela pastagem com 5% e a APP com 87%. No ponto 3 a pastagem e APP

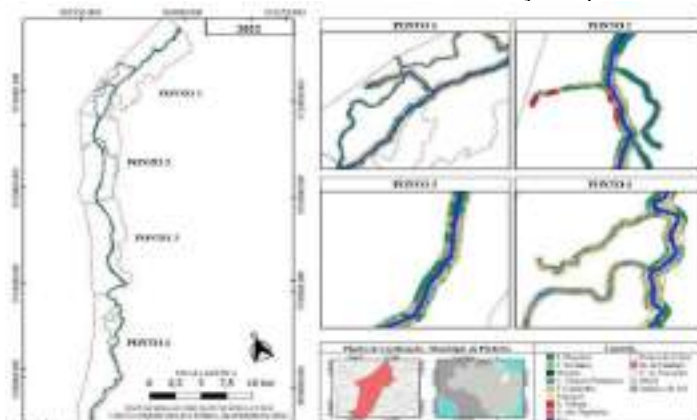


apresentaram valores de 7% e 93% respectivamente, já no ponto 4 a classe pastagem teve sua maior incidência, com 24%, urbanização apresentou 1% e APP obteve um percentual de 74%.

No ano de 2022, o ponto 1 apresentou um crescimento das áreas de proteção, elevando seu percentual para 95%, a pastagem apresentou redução passando a ter 5%, a área urbanizada houve uma grande queda, tendo valores mínimos em sua ocupação. No ponto 2 a urbanização teve valores menores quando comparado a 2016, passando a ter 4%, ou seja, uma redução de 50%, a pastagem teve uma grande redução para 2% e a área de proteção teve 94%. No ponto 3 a APP apresentou a maior área, enquanto as outras duas classes mantiveram-se com ocupação reduzida com 3% para pastagem, e por final o ponto 4 teve ocupação de pastagem com 15% em quando a APP teve 85%.

A Figura 10 mostra o mapeamento das APPs para o ano de 2022. Foi observado o comportamento das classes, havendo segmentos de fragmentação quando comparada com a de 2016, fator bem interessante, já que o padrão de desmatamento e muitas zonas naturais são lineares.

Figura 10. Análise das APPs no ano de 2022 com resolução espacial de 10 metros.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do MapBiomass.

3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS

As zonas de conflito na antropização das APPs mostram um entendimento da amplitude e as formas que cada classe atua na geração de impactos, seja ela direta ou indiretamente, além da forma que esses impactos podem alterar a prosperidade dos recursos pesqueiros, sendo que os mesmos dependem de interação dos parâmetros ambientais para manter seus estoques saudáveis



e livre de ações que resultem nas modificações morfológicas dos indivíduos em seu habitat natural.

O desmatamento continua sendo umas das atividades causadora de danos que impactam as formações florestais, havendo transições para o uso de atividades agropastoris, em alguns casos essas atividades ocorrem em áreas que são berçários de seres aquáticos e terrestres, chamados de área de preservação premente, porém existem leis que regulamentam os limites de uso dessas áreas, entretanto mesmo havendo limites a serem respeitados, os avanços antrópicos continuam exercendo impacto ano após ano, mesmo que alguns lugares ocorram de maneira mais lenta. Essa vulnerabilidade torna o ambiente suscetível a extremos climáticos, como inundações e secas, esses eventos têm impactos negativos na disponibilidade de alimentos, nas condições de reprodução e na sobrevivência dos peixes (Almeida, 2020).

A remoção da vegetação natural mantém o solo úmido, e sem essa proteção o mesmo se torna mais suscetível à erosão, o que pode resultar em aumento na quantidade de sedimentos carregados para o rio (Lepsch, 2010; Melo *et al.*, 2023). Esses sedimentos podem turvar a água, afetando a qualidade do comportamento alimentar dos peixes. Segundo Sousa (2023), a remoção da cobertura vegetal ao redor do rio pode levar a um aumento na temperatura da água devido à exposição direta aos raios solares. Diversas espécies de peixes apresentam faixas de temperatura específicas que influenciam seu comportamento, metabolismo, crescimento e reprodução. Qualquer aumento significativo na temperatura pode impactar negativamente esses aspectos fundamentais da vida dos peixes.

A supressão dessas áreas pode resultar em deslizamentos superficiais direto de poluentes, como nutrientes provenientes de fertilizantes, pesticidas e resíduos urbanos, para o rio (Melo; Martins, 2020). Isso pode causar alterações na qualidade da água, impactando os níveis de saúde dos peixes, sendo que as árvores e arbustos ao longo das margens dos rios fornecem pontos cruciais para várias fases do ciclo de vida dos peixes, incluindo áreas de reprodução, desova e refúgio para os juvenis.

As transições de desmatamento afetam diretamente a temperatura da água, e consequentemente, os peixes sofreram alterações morfológicas, principalmente em seu comprimento e peso corporal, os dados referentes a esse trabalho evidenciaram que exemplares capturados em áreas agrícolas apresentaram redução, enquanto peixes capturados em ambientes naturais mantiveram-se com índices mais elevados (Jiquiriçá *et al.*, 2019).



Brejão *et al.*, (2018) realizou estudos voltados para os danos ou benefícios gerados pelas extensões do desmatamento ao longo do tempo. Os resultados obtidos ressaltaram que apesar das Formações Florestais apresentarem índices elevados de 80%, houve modificações nas dinâmicas dos peixes, afetando diretamente 25 espécies, por conta do gradiente de desmatamento, inclusive ele ressalta que 60% das espécies podem desaparecer em menos de uma década. Os estudos sublinham a importância crucial da preservação dos habitats naturais e da mitigação dos efeitos da urbanização nas proximidades dos rios, áreas estas que devem ser protegidas por serem APPs.

A interação urbana próximo de um rio gera sérios riscos na cadeia produtiva, causando diminuição na biota e até mesmo extinção de espécies, pois a decorrência do uso e cobertura do solo está ligado diretamente com alterações da diversidade e conectividade de um habitat ao longo do gradiente de pressão (Shen *et al.*, 2021). Já Lu *et al.* (2023) analisou os riscos ecológicos e interações com o microbioma aquático em decorrência de metais em rios poluídos com matéria orgânica na China. Os resultados apresentaram níveis de concentrações elevadas de poluição por metais pesados em rios urbanos.

Galli (2022) estudou sobre as consequências ambientais da poluição no rio Tietê, e concluiu a existência da contaminação ligada diretamente às ações antrópicas em torno das sub-bacias, causando danos extensivos na ictiofauna, além de consequências drásticas à saúde humana. O trabalho conjunto desses estudos ressalta a urgência de políticas de conservação ambiental e de gestão sustentável dos recursos hídricos para proteger não apenas as populações de peixes, mas toda a cadeia produtiva e a biodiversidade associada aos ecossistemas aquáticos. Isso evidencia a necessidade do cumprimento da legislação ambiental, especialmente no que diz respeito às APPs.

O uso e ocupação de forma inadequada das APPs pode prejudicar diretamente a atividade pesqueira em comunidades tradicionais. A degradação dessas áreas, resultante de ocupações desordenadas e desmatamento, reduz a qualidade da água, o habitat dos peixes, ocasionando a diminuição da abundância de espécies aquáticas. Isso afeta de forma negativa as comunidades dependentes da pesca para sua subsistência e economia. Portanto, é crucial uma gestão eficaz das APPs para garantir a conservação dos recursos hídricos e a sustentabilidade da atividade pesqueira. Particularmente, dado que o rio Pericumã desempenha um papel fundamental na subsistência de diversas famílias locais, torna-se ainda mais crucial implementar uma gestão



eficaz das Áreas de Preservação Permanente (APPs) para garantir a conservação dos recursos hídricos e a sustentabilidade da atividade pesqueira.

4 CONCLUSÃO

O uso e cobertura do solo nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 apresentaram mudanças significativas em relação à algumas classes como a pastagem, os campos alagados e os rios. Contudo, é importante a atenção, pois, ao se tratar de um corpo hídrico e suas zonas de proteção permanentes, são consideradas regiões ambientalmente sensíveis em seu manejo. A utilização dos recursos deve ser realizada de forma sustentável e com a presença legal dos órgãos ambientais competentes.

Os resultados desse estudo sobre a APP do rio Pericumã, tanto para a imagem de 30 metros quanto a de 10 metros apresentaram fragmentação em suas áreas principalmente no ponto 2 e no ponto 4 no período de 1985 a 2022, no ano de 2016 e 2022 o ponto 2 e 4 continuam com destaque negativo para o avanço das atividades antrópicas nas áreas de proteção, principalmente para a área urbana e a pastagem. O ponto 1 apresenta os melhores índices de conservação das APPs.

Este estudo fornece uma base sólida na criação de políticas públicas, contribuindo para as gestões tomarem decisões mais embasadas e impactantes, visando a conservação e uso sustentável. Pois o rio tem um papel social e econômico fundamental para a cidade, sendo que, a população do município de Pinheiro utiliza o rio para a pesca extrativista de subsistência e profissional, gerando uma cadeia produtiva, que abastece feiras e mercados com pescados nativos do rio Pericumã sendo principal fonte de renda para muitas famílias da região.



REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. da S. **Influência do uso e cobertura do solo sobre a ictiofauna de riachos das cabeceiras do Alto Rio Paranapanema**. 2020. 88 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2020.

ANDRADE, Á. D. S. *et al.* Fragmentação da vegetação da bacia hidrográfica do Rio Marapanim, nordeste do Pará. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 2, p. 406, jun. 2020.

ANDRADE, G. C; LEMES, S. B. F. Dinâmica de uso e cobertura vegetal nas zonas de amortecimento do Parque Nacional das Emas e do Parque Nacional Chapada dos Veadeiros entre 1985 e 2019. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 1, n. 15, p. 83-93, 2021.

BAIA, M. Análise do NDVI e NDBI para avaliação da expansão da cobertura urbana no bairro Jardim América no município de Macapá-AP, no período entre 2008 e 2021. **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**, v. 6, n. 1, p. 1 - 6, jul. 2023.

BARDGETT, R. D., *et al.* Combatting Global Grassland Degradation. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 2, n. 10, p. 720-735, 2021. <http://dx.doi.org/10.1038/s43017-021-00207-2>

BRASIL. **Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23793-23-janeiro-1934-498279-publicacaooriginal-78167-pe.html>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

BRASIL. **Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1DRNfg1jhifgZQ4s6XRXLTepzriqlgYXn/edit>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

BRASIL. **Lei de n.º 7.754, de 14 de abril de 1989**. Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1989/lei-7754-14-abril-1989-367663-norma-pl.html>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 07 de fev. 2023.

BREJÃO, G. L. *et al.* Threshold responses of Amazonian stream fishes to timing and extent of deforestation. **Conservation Biology**, v. 32, n. 4, p. 860–871, 2018. <https://doi.org/10.1111/cobi.13061>

CARVALHO NETO, L. M. de. Uso e Ocupação do solo da Área de preservação permanente (APP) da microbacia do Córrego Barreiro, Uberaba (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 1, n. 2, 2021.



CAVENDER-BARES, J. *et al.* Integrating remote sensing with ecology and evolution to advance biodiversity conservation. **Nature Ecology & Evolution**, v. 6, n. 5, p. 506-519, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01702-5>

COELHO, R. C.; BUFFON, I.; GUERRA, T. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água: um método para avaliar a importância da zona ripária. **Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 1, p. 104–117, 30 abr. 2011.

CRUZ, W. L. da; DRIBEIRO, D. de Q.; PEREIRA, E. D. Conflitos de uso e ocupação em áreas de preservação permanente na bacia do rio anil - São Luís, MA. **Revista Geonorte**, v. 11, n. 37, p. 229-247, 2020.

DIAS, A. A.; AQUINO, C. M. S.; SANTOS, F. A. Caracterização ambiental e análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Itaueira, Piauí, Brasil. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 11, p. 265 - 276, 2020.

DOMINICIS, M. de *et al.* Mangrove forests can be an effective coastal defence in the Pearl River Delta, China. **Communications Earth & Environment**, v. 4, n. 1, p. 13, 2023. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00672-7>

FENG, L. *et al.* Multi-scale change monitoring of water environment using cloud computing in optimal resolution remote sensing images. **Energy Reports**, v. 8, p. 13610–13620, nov. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.134>

GALLI, L. **Consequências ambientais da poluição no Rio Tietê: impacto nas águas dos principais rios da região de Bauru–SP**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2022.

GARCIA, J. M.; LONGO, R. M. Análise de impactos ambientais em Área de Preservação Permanente (APP) como instrumento de gestão em rios urbanos. **Cerrados**, v. 18, n. 1, p. 107-128, 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pinheiro/panorama>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

ISKIN, E. P.; WOHL, E. Quantifying floodplain heterogeneity with field observation, remote sensing, and landscape ecology: Methods and metrics. **River Research and Applications**, 39, 911 – 929, 2023. <https://doi.org/10.1002/rra.4109>

JIQUIRIÇÁ, P. R. I.; ROSSO, S.; SCHIESARI, L. Effects of deforestation on headwater stream fish assemblages in the Upper Xingu River Basin, Southeastern Amazonia. **Neotropical Ichthyology**, v. 17, p. e180099, 2019. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20180099>

KOHLER, M. R. *et al.* O desmatamento da Amazônia brasileira sob o prisma da pecuária: a degradação dos recursos hídricos no contexto da região norte de Mato Grosso. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, 2021.



LAL, R. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. **Sustainability**, v. 7, n. 5, p. 5875-5895, 2015. <https://doi.org/10.3390/su7055875>

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª edição. Editora Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MACIEL, E. B. *et al.* Impactos ambientais na Área de Preservação Permanente (APP) do rio gurguéia no perímetro urbano do município de São Gonçalo do Gurguéia-PI. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 20, n. 1, p. 19-19, 2023.

MAIA, D. dos S. The impact of urbanization on environmental issues in a Permanent Preservation Area: a case study of the marginal strip of Samambaia Stream's PPA/DF. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 04, p. 1771-1786, 2022.

MAPBIOMAS. MapBiomas Cobertura 10M. Disponível em: https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/sentinel/lcluc/coverage/brasil_sentinel_coverage_ano.tif. Acesso em: 29 ago. 2023.

MELO, A. C. A. de; BETTIOL, G. M.; ALBUQUERQUE, L. B.; MAGALHÃES, I. A. L.; SANO, E. E. Susceptibilidade à erosão, perda de solos e vulnerabilidade natural na bacia do Médio Rio Araguaia - Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3103–3124, 2023.

MELO, A. C. A. de; MARTINS, P. T. de A. Contribuição das áreas de proteção ambiental na conservação do cerrado. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 37, n. 2, p. 53, 2020.

MENEZES, P. A. *et al.* Dinâmica Populacional Do Macrobrachium Rosenbergii (DE MAN, 1879), na Bacia do Rio Pericumã, Pinheiro, Maranhão. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 14, n. 1, p. 54-64, 2023.

MORANDI, D. T. *et al.* Diagnóstico Da Antropização Em Área De Preservação Permanente Em Segmento Do Rio Jequitinhonha (MG). **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 2, p. 252, 20 jul. 2018.

MOREIRA, V. M. *et al.* Desafios do controle ambiental dos recursos hídricos: um estudo da Área de Preservação Permanente (APP) do Ribeirão da Mata-MG. **Cadernos do Leste**, v. 22, n. 22, 2022.

MOURA, D. M. B.; OLIVEIRA, R. M.; OLIVEIRA, I. J.; NASCIMENTO, D. T. F.; ALVES, W. S. O uso de geotecnologias na análise morfométrica da alta bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Antônio, no município de Iporá - Goiás, Brasil. **Geofocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica**, n. 21, p. 19–38, 2018.

PEREIRA, C. L. M. **Bairros urbanos de Pinheiro/MA e suas motivações toponomásticas**. 2023. 101 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Letras - Campus Bacabal) - Universidade Federal do Maranhão, Bacabal, 2023.



PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic Sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, n. 2–3, p. 205–212, 2001.

<https://doi.org/10.1007/s003820000104>

REZENDE, G. B. M.; ARAÚJO, S. M. S. As Cidades e as Águas: Ocupações Urbanas nas Margens de Rios. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 33, n. 2, p. 119–135, 2016.

RODRIGUES, M. T. A. *et al.* Êxodo Rural: perspectivas dos jovens sobre a vivência em meio rural. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 2, p. 729–738, 2020.

SHEN, J. *et al.* Urbanization has changed the distribution pattern of zooplankton species diversity and the structure of functional groups. **Ecological Indicators**, v. 120, p. 106944, jan. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106944>

SILVIA, D., J.; CONCEIÇÃO, G., M. Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Scientia Plena**, v. 7, p. 1–26, 2011.

SOUSA, T. T. de. **Análise físico-química e microbiológica com variação espaço-sazonal para avaliação da qualidade da água do córrego lanoso na cidade de Uberaba - MG.** 2023. 82 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal) – Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Campus Uberaba-MG.

VIEIRA, L. T. *et al.* Impactos socioambientais em bacias hidrográficas: estudo do córrego Milagre em Porangatu/GO. **Revista Mirante**, v. 16, p. 279–299, jun. 2023.

ZHANG, R. *et al.* Global-aware siamese network for change detection on remote sensing images. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 199, p. 61–72, maio 2023. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.04.001>