

**UNIVERSIDADE TECNÓLOGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

CAMILA NAGY CORREIA

**IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO EM CORPOS HÍDRICOS NA CIDADE DE
APUCARANA -PR**

LONDRINA

2023

CAMILA NAGY CORREIA

**IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO EM CORPOS HÍDRICOS NA CIDADE DE
APUCARANA -PR**

**IMPACTS OF URBANIZATION ON WATER BODIES IN THE CITY OF
APUCARANA -PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de Concentração: Engenharia Ambiental

Linha de Pesquisa: Monitoramento Ambiental

Orientadora: Prof.^a. Dra. Kátia Valéria Marques Cardoso Prates

Orientadora: Prof.^a. Dra. Ana Cláudia Ueda

LONDRINA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina**



CAMILA NAGY CORREIA

IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO EM CORPOS HÍDRICOS NA CIDADE DE APUCARANA -PR

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Engenharia Ambiental.

Data de aprovação: 22 de Setembro de 2023

Katia Valeria Marques Cardoso Prates, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Andrea Sartori Jabur, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Marta Luzia De Souza, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 22/09/2023.

Dedico esse trabalho para todos aqueles que sempre estiveram lá.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu sincero agradecimento a todos que contribuíram para a realização desta pesquisa.

A minha orientadora Kátia e coorientadora Ana pela orientação precisa e pelo conhecimento fundamental que compartilharam, sendo pilares essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço pelas enriquecedoras reuniões que me guiaram ao longo dessa jornada acadêmica.

Minha gratidão se estende aos membros da minha banca de qualificação, cujas contribuições foram de suma importância para a continuidade e aprimoramento da pesquisa.

Aos meus pais, expresso profunda gratidão por seu apoio inabalável ao longo desses anos, pelo incentivo constante na continuidade dos meus estudos e por estarem sempre ao meu lado. A minha família, como um todo, merece meu agradecimento pela constante motivação e pela paciência demonstrada nos momentos em que estive ausente.

Quero dedicar um agradecimento especial ao meu companheiro Gabriel, cuja dedicação, auxílio e apoio foram fundamentais. Desde as visitas de campo até a metodologia de trabalho, seu suporte foi inestimável. Agradeço a paciência nos momentos de ausência e pelas valiosas sugestões e conselhos relacionados aos objetivos e tema desta dissertação. Seu encorajamento desempenhou um papel vital na minha perseverança.

Agradeço aos meus amigos, que não só ofereceram apoio, mas também compartilharam ideias valiosas para a metodologia, tivemos conversas enriquecedoras, trocamos informações fundamentais e mostraram compreensão durante os períodos em que precisei me ausentar.

Não posso deixar de mencionar a equipe da Kauthec do Brasil, que gentilmente permitiu que eu conciliasse minhas atividades profissionais e acadêmicas de maneira eficaz. Agradeço por compreenderem e apoiarem minha ausência em alguns períodos de trabalho.

Em suma, meu profundo agradecimento a todos. Dois anos de dedicação foram possíveis graças ao apoio generoso de cada um de vocês, e esse apoio foi o que tornou este trabalho uma realidade.

"Nós nunca sabemos o valor da água até que a fonte seque."

- Thomas Fuller

CORREIA, Camila Nagy Impactos da urbanização em corpos hídricos na cidade de Apucarana -PR. 2023. 99f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023.

RESUMO

A relação entre atividades humanas e naturais é crucial para compreender as transformações ambientais. Estudos de monitoramento que analisem o uso do solo ao longo do tempo são essenciais para entender as mudanças sob a influência humana em áreas urbanas. Com população crescente e uma complexa rede de cursos d'água em Apucarana, a necessidade de avaliar e mitigar a pressão urbana sobre esses corpos hídricos torna-se evidente. O objetivo deste trabalho foi analisar a transformação do uso e ocupação do solo de Apucarana, considerando os anos de 1985, 2000 e 2021, com o intuito de avaliar o impacto gerado sobre os corpos hídricos presentes na área urbana da cidade. Com isso, buscou-se obter uma compreensão mais abrangente das mudanças no uso e ocupação do solo em Apucarana, identificando os impactos dessas transformações nos corpos hídricos e fornecendo subsídios para o planejamento urbano e a gestão ambiental na cidade. Para isso foram elaborados mapas de cobertura e uso do solo tanto do município como da área urbana, considerando os respectivos períodos temporais., a fim de analisar as principais transformações ocorridas. Também foram elaborados mapas de expansão urbana, hipsometria e hidrografia. Por meio da análise dos mapas, foi possível identificar as principais alterações ocorridas na região no período de 36 anos. A análise da cobertura do solo revelou um padrão de crescimento urbano constante, acompanhado da diminuição e, em alguns casos, da regeneração da cobertura vegetal. Mudanças substanciais também foram notadas na agricultura local, principalmente pela presença de soja, que ganha espaço a partir dos anos 2000. Os mapas de hipsometria e hidrografia indicam que a expansão territorial de Apucarana ocorreu em direção as cabeceiras de drenagem, configurando um espaço urbano com a presença de diversos cursos d'água. A outra parte da análise foi feita a partir da divisão de seis seções amostrais, onde foram realizadas visitas *in loco*. A seção 1, Parque da Raposa indicou assoreamento e a presença de um dissipador de energia com necessidade de manutenção constante. A seção 2, do Lago Schmidt apresentou diversos problemas, como barragem em deterioração, poluição e construção irregular em APP. A seção 3, região do Ribeirão Biguaçu destacou que a revitalização não engloba todas as definições das leis ambientais, a seção 4 da Praça dos 70 anos apresenta a canalização e os desafios frequentes. A Seção 5, do Parque Jaboti indicou a presença de urbanização próximo ao lago. E a seção 6, região da nascente do Rio Pirapó, devido a sua localização, se mostra sujeita a poluição, e degradação da qualidade da água. As visitas auxiliaram na constatação dos problemas causados nos corpos hídricos pela pressão urbana, como canalização de cursos d'água, poluição de nascentes, impermeabilização do solo e ocupação em áreas de preservação permanente. A análise dos impactos da urbanização sobre os corpos d'água é de suma importância para estabelecer um equilíbrio entre o crescimento urbano e a preservação ambiental, visando garantir um futuro sustentável para as cidades e o meio ambiente.

Palavras-chave: Pressão Urbana; Bacia Hidrográfica; Análise Temporal; Expansão Urbana; Aumento Populacional.

CORREIA, Camila Nagy. Impacts of urbanization on water bodies in the city of Apucarana - PR. 2023. 99f. master's Dissertation in Environmental Engineering – Federal Technological University of Paraná, Londrina, 2023.

ABSTRACT

The relationship between human and natural activities is crucial to understanding environmental transformations. Monitoring studies that analyze land use over time are essential to understand changes under human influence in urban areas. With a growing population and a complex network of watercourses in Apucarana, the need to assess and mitigate urban pressure on these water bodies becomes evident. The objective of this work was to analyze the transformation of land use and occupation in Apucarana, considering the years 1985, 2000 and 2021, with the aim of evaluating the impact generated on the water bodies present in the urban area of the city. With this, we sought to obtain a more comprehensive understanding of changes in land use and occupation in Apucarana, identifying the impacts of these transformations on water bodies and providing subsidies for urban planning and environmental management in the city. To this end, maps of land coverage and use were prepared for both the municipality and the urban area, considering the respective time periods, to analyze the main transformations that occurred. Maps of urban expansion, hypsometry and hydrography were also created. By analyzing the maps, it was possible to identify the main changes that occurred in the region over a period of 36 years. Land cover analysis revealed a pattern of constant urban growth, accompanied by a decrease and, in some cases, regeneration of vegetation cover. Substantial changes were also noted in local agriculture, due to the presence of soybeans, which gained space from the 2000s onwards. The hypsometry and hydrography maps indicate that the territorial expansion of Apucarana occurred towards the drainage headwaters, configuring an urban space with the presence of several watercourses. The other part of the analysis it was conducted by six sample sections, where on-site visits were conducted. Section 1, Parque da Raposa indicated silting and the presence of an energy sink requiring constant maintenance. Section 2 of Lake Schmidt presented several problems, such as a deteriorating dam, pollution, and irregular construction in APP. Section 3, Ribeirão Biguaçu region highlighted that revitalization does not encompass all the definitions of environmental laws. Section 4 of Praça dos 70 anos presents plumbing and frequent challenges. Section 5 of Jaboti Park indicated the presence of urbanization near the lake. And section 6, the region at the source of the Pirapó River, due to its location, is subject to pollution and degradation of water quality. The visits helped to identify the problems caused in water bodies by urban pressure, such as canalization of water courses, pollution of springs, soil sealing and occupation of permanent preservation areas. Analyzing the impacts of urbanization on bodies of water is extremely important to establish a balance between urban growth and environmental preservation, aiming to guarantee a sustainable future for cities and the environment.

Keywords: Urban Pressure; Hydrographic basin; Temporal Analysis; Urban Expansion; Population Increase.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Representação do ciclo hidrológico	21
FIGURA 2 - Localização de Apucarana no estado do Paraná	37
FIGURA 3 - Localização de Apucarana - PR em relação às Bacias Hidrográficas presentes no município	39
FIGURA 4 - Localização de Apucarana – PR com destaque para área urbana: Imagem de Satélite (2023).....	39
FIGURA 5 – Fluxograma de elaboração mapas de cobertura e uso do solo do município com base nos dados do MapBiomias.....	42
FIGURA 6 - Fluxograma de elaboração do mapa de expansão urbana	43
FIGURA 7 - Fluxograma de processo para elaboração do Mapa de hipsometria	44
FIGURA 8 – Seções Amostrais para visita <i>in loco</i>	46
FIGURA 9 - Cobertura e uso do solo em Apucarana: principais classes a partir dos dados do MapBiomias (2021).....	48
FIGURA 10 – Transformação da Cobertura do Solo no Município de Apucarana: 1985, 2000 e 2021	49
FIGURA 11 – Crescimento Populacional de Apucarana 1950 a 2020	57
FIGURA 12 - Mapa de expansão urbana de Apucarana: 1985, 2000 e 2021	58
FIGURA 13 – Gráficos de aumento populacional e expansão urbana em Apucarana.....	59
FIGURA 14 - Transformação da Cobertura do Solo na área Urbana de Apucarana: 1985, 2000 e 2021	62
FIGURA 15 - Hipsometria e hidrografia da Área Urbana de Apucarana	65
FIGURA 16 - Hipsometria, Área Urbanizada e Corpos D'Água: Apucarana - 2021.....	66
FIGURA 17 – Mapa da Sede Urbana: Plano Diretor de 2020	67
FIGURA 18 - Registros Curso do Ribeirão da Raposa no Parque da Raposa.....	69
FIGURA 19 - Locais onde foram realizados os registros da Seção 2	70
FIGURA 20 – Erosão Córrego Ouro Fino à jusante do Lago Schmidt.....	71
FIGURA 21 – Infraestrutura da Barragem 2 do Lago Schmidt sob processos de desgaste e erosão.....	72
FIGURA 22 - Registros de irregularidades encontradas nas margens do Lago Schmidt.....	73
FIGURA 23 – Seção Amostral 3: Ribeirão Biguaçu.....	75
FIGURA 24 – Trecho do Ribeirão Barra Nova presente na Seção Amostral 4: Praça dos 70 anos.....	78

FIGURA 25 – Presença de erosão na sequência da canalização do Córrego Barra Nova	79
FIGURA 26 – Registro do Lago Jaboti com cenário urbano de fundo	80
FIGURA 27 – Mapa de localização da nascente do Rio Pirapó e seu trajeto hídrico	83
FIGURA 28 - Propriedade onde encontra-se a nascente do Rio Pirapó (2018).....	83
FIGURA 29 – Propriedade onde encontra-se a nascente do Rio Pirapó	84
FIGURA 30 - Imagem de satélite sob região da Casa de Portugal – 2017, 2019 e 2023.....	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Quantificação da Cobertura do Solo em Apucarana	50
TABELA 2 – População do município de Apucarana (1950-2020)	57
TABELA 3 - Quantificação da Cobertura do Solo área urbana de Apucarana.....	61

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Níveis de classes representados pelo MapBiomias	35
QUADRO 2 - Localização das Seções Amostrais para os registros fotográficos	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APPs	Áreas de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTNP	Companhia de Terras do Norte do Paraná
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FBDS	Fundação Brasileira par ao Desenvolvimento Sustentável.
IAT	Instituto Água e Terra
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITB	Instituto Trata Brasil
MDT	Modelo Digital do Terreno
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RMA	Região Metropolitana de Apucarana
SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 CICLO HIDROLÓGICO	20
3.2 BACIA HIDROGRÁFICA.....	22
3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	24
3.4 URBANIZAÇÃO	26
3.5 ÁGUAS URBANAS	28
3.6 GEOPROCESSAMENTO.....	31
3.7 MAPBIOMAS	33
4 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
5 MATERIAL E MÉTODOS	41
5.1 MATERIAIS CARTOGRÁFICOS	41
5.1.1 Mapas de cobertura e uso do solo do município	41
5.1.2 Mapa de expansão urbana.....	42
5.1.3 Mapa de classificação e uso do solo em área urbana	43
5.1.4 Mapa de hipsometria e hidrografia.....	44
5.2 ANÁLISE E DINÂMICA DO USO DO SOLO NA ÁREA URBANA.....	45
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
6.1 COBERTURA E USO DO SOLO NO MUNICÍPIO	48
6.2 CRESCIMENTO POPULACIONAL E EXPANSÃO URBANA.....	56
6.3 COBERTURA E USO DO SOLO NA ÁREA URBANA	60
6.4 HIDROGRAFIA E HIPSOMETRIA DA ÁREA URBANA	64
6.5 ANÁLISE E DINÂMICA DO USO DO SOLO NA ÁREA URBANA : IMPACTOS NOS CORPOS HÍDRICOS.....	68
6.5.1 Seção Amostral 1: Região do Parque da Raposa.....	68
6.5.2 Seção Amostral 2: Região do Lago Schmidt.....	69
6.5.3 Seção Amostral 3: Região do Ribeirão Biguaçu	73
6.5.4 Seção Amostral 4: Região da Praça dos 70 anos.....	76
6.5.5 Seção Amostral 5: Região do Parque Jaboti.....	79

6.5.6 Seção Amostral 6: Região da Nascente do Rio Pirapó.....	82
6.6 DESAFIOS DA EXPANSÃO URBANA EM APUCARANA	86
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
REFERÊNCIAS.....	91

1 INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas e naturais desempenham papéis significativos nos processos ocorridos no meio ambiente. Compreender a relação entre a sociedade e a natureza é fundamental para entender as transformações diretas e indiretas no espaço natural e urbano. Estudos de monitoramento ambiental do uso e ocupação do solo, que levem em consideração tanto a escala espacial quanto temporal, são essenciais para dimensionar as mudanças ocorridas diante da influência antrópica e desempenham um papel importante na compreensão e mitigação da pressão urbana sobre os corpos hídricos, se tornando fundamentais na avaliação ambiental.

Os corpos hídricos são elementos fundamentais na construção da paisagem urbana e possuem grande valor ambiental, econômico, cultural e estético. Estudos sobre o uso e ocupação do solo em áreas urbanas junto ao monitoramento ambiental, permitem compreender como o espaço geográfico está sendo ocupado, fornecendo subsídios importantes para o planejamento ambiental. Dessa forma, torna-se possível minimizar os impactos em áreas vulneráveis e de alta fragilidade socioambiental, garantindo a preservação desses recursos naturais para a qualidade de vida da população e o desenvolvimento sustentável das cidades (CARDOSO, BAPTISTA, 2020; FIORESE, 2020).

A pressão urbana nos corpos hídricos é um desafio que ocorre em áreas urbanas de todo o mundo. Com o crescimento das cidades pelo processo de urbanização e o aumento da população, os corpos hídricos sofrem impactos ambientais significativos. A poluição é um dos principais fatores apresentados, já que as atividades realizadas nas cidades e municípios, sejam urbanas, industriais ou rurais, podem causar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

Por impacto ambiental, entende-se a alteração das condições do meio ambiente, causada por ações humanas ou eventos naturais que pode ter diversos efeitos sobre a natureza. Podendo ocorrer de várias maneiras (TAVARES, 2018). De acordo com a Resolução do - Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA nº 001/86, impacto ambiental é definido como "qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas (...)" (CONAMA, 1986).

Um exemplo prático da relação entre atividades antrópicas, crescimento urbano e corpos hídricos pode ser observado em Apucarana, uma cidade localizada no norte do estado do Paraná, que nas últimas décadas experimentou uma expansão urbana considerável, se

estabelecendo como sede da Região Metropolitana de Apucarana - RMA - pela Lei Complementar Estadual 187, de 13 de janeiro de 2015. Segundo o IBGE (2023), a cidade possui uma população estimada de 130.134 habitantes e uma área territorial de 559.389 km², com uma densidade demográfica de 0,2324 hab./km².

A região é conhecida como "Cidade Alta" devido à sua topografia íngreme, e possui uma variedade de cursos d'água urbanos. A presença de nascentes em área urbana, junto a um crescimento populacional e territorial constante, direciona o tema para a importância da preservação, sendo necessários estudos detalhados que considerem a influência das atividades urbanas e a pressão causada nos corpos d'água presentes na cidade.

Para isso, é fundamental o uso de materiais que possam identificar e pontuar essas áreas, como mapas temáticos, que apresentem a evolução do crescimento urbano local e as transformações ocorridas na cobertura do solo. A interferência humana altera as características naturais do meio ambiente, resultando em uma série de problemas ambientais e urbanos que precisam ser analisados e avaliados para o desenvolvimento de soluções.

A interferência humana nas áreas urbanas altera as características naturais do meio ambiente, resultando em uma série de problemas ambientais e urbanos. Pode-se ressaltar a pressão urbana causada nos corpos hídricos, diminuição de Áreas de Preservação Permanente - APPs, erosão, enchentes, impermeabilização do solo, ocupação em fundos de vale, canalização dos rios, poluição difusa etc. (TUCCI, 2008).

Deste modo, é fundamental realizar análises e avaliações detalhadas para compreender esses impactos e desenvolver medidas adequadas de preservação e mitigação. Os estudos de monitoramento ambiental desempenham um papel essencial nesse processo, fornecendo dados científicos que embasam a tomada de decisões relacionadas à gestão do crescimento urbano, à preservação dos corpos hídricos e à proteção ambiental.

A fim de identificar quais as principais transformações ocorridas pela urbanização no uso e ocupação do solo e como isso impactou os corpos hídricos presentes na área urbana de Apucarana, foram utilizadas ferramentas capazes de representar visualmente as informações relevantes para a análise da expansão urbana, do uso e da ocupação do solo, e transformação das bacias hidrográficas em áreas urbanas.

O avanço de novas tecnologias permite que as técnicas de monitoramento ambiental se tornem mais abrangentes e sejam aplicadas em diversas áreas de estudos ambientais. Tecnologias como geoprocessamento, sensoriamento remoto e cartografia temática, são valiosas aliadas na identificação e proposta de soluções para os problemas ambientais, auxiliando na coleta, tratamento e representação de dados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma análise da transformação do uso e ocupação do solo considerando os anos de 1985, 2000 e 2021, e seu impacto nos corpos hídricos presentes na área urbana da cidade de Apucarana.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar materiais cartográficos que representem a cobertura e o uso do solo do município, classificando e identificando as mudanças ocorridas na área urbana nos anos de 1985, 2000 e 2021.
- Apresentar um mapa de expansão urbana de Apucarana.
- Elaborar mapas de hidrografia e hipsometria da área urbana, de modo a relacioná-los com a localização das nascentes e a área urbanizada.
- Estabelecer a relação entre os dados de uso e ocupação do solo, a expansão urbana e as transformações ocorridas nos corpos hídricos presentes na cidade de Apucarana.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

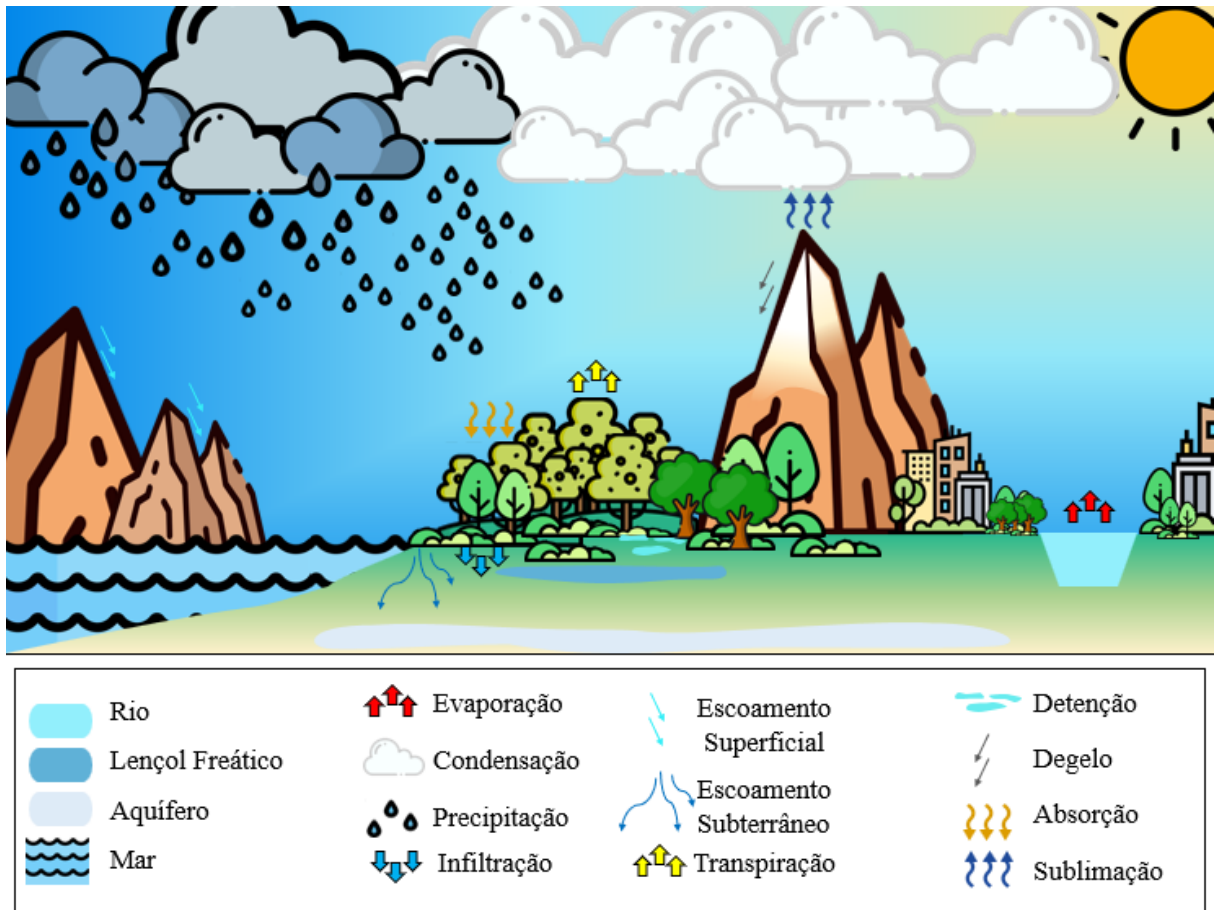
3.1 CICLO HIDROLÓGICO

A água é um recurso fundamental para a manutenção da vida no planeta e seu uso múltiplo deve ser compreendido para garantir uma utilização adequada e sustentável. Conforme a Agência Nacional de Águas (ANA, 2011), o uso múltiplo da água inclui o abastecimento urbano, irrigação agrícola, uso industrial e geração de energia elétrica. Em áreas urbanas, é essencial que haja um planejamento que vise a redução do desperdício e o desenvolvimento sustentável, de forma a atender às necessidades da geração presente sem comprometer as gerações futuras.

É importante compreender os processos do ciclo hidrológico para a gestão adequada dos recursos hídricos e minimização de impactos ambientais causados pela ação humana. Compreender o movimento e armazenamento de água nas bacias hidrográficas é fundamental para a tomada de decisões em relação ao uso da água e ao gerenciamento de riscos de enchentes e secas. Além disso, o conhecimento dos processos do ciclo hidrológico é essencial para o desenvolvimento de estratégias de conservação e restauração de ecossistemas aquáticos.

Para compreender os aspectos relacionados às bacias hidrográficas é fundamental ter conhecimento do ciclo hidrológico e dos processos que ocorrem dentro de uma bacia. A Figura 1 ilustra o ciclo hidrológico e seus processos, apresentando as diferentes fases e relações entre eles. Entre os principais processos que devem ser compreendidos no ciclo hidrológico estão: precipitação, evaporação, transpiração, retenção, infiltração, escoamento superficial, escoamento subterrâneo, condensação, degelo, absorção e sublimação.

FIGURA 1 - Representação do ciclo hidrológico



FONTE: Autoria própria (2023)

Para entender o ciclo hidrológico de forma mais clara, é indicado começar a partir do processo de evaporação, que é o início da cadeia de transformações. O sol aquece a água na superfície, ocorrendo a mudança do estado líquido para o gasoso. O vapor de água é transportado por massas de ar que quando encontram temperaturas mais frias, ocorre a condensação do vapor, formando nuvens que geram precipitação em forma de chuva. Essas chuvas são dispersadas em áreas continentais de diversas maneiras (VILLELA e MATOS, 1975; USGS, 2022).

A partir da precipitação são vários os processos que podem ocorrer. A detenção refere-se à parte da água que fica retida temporariamente, podendo retornar à atmosfera por meio da evaporação e transpiração, ou infiltrar no solo. O processo de infiltração é compreendido pela água que é absorvida pelo solo, compondo as águas subterrâneas, que constituem aproximadamente 99% da água potável disponível no planeta (UNESCO, 2022), que sofrem o processo do escoamento subterrâneo.

O escoamento superficial consiste no processo de transporte da água excedente da chuva na superfície terrestre deslocando-se até o encontro de um corpo hídrico, que também pode ser composto pelas águas subterrâneas (CARVALHO, SILVA, 2006).

O processo de transpiração é compreendido como parte da fotossíntese, pois a água é absorvida pelas plantas e liberada para a atmosfera em forma de vapor, compondo também a umidade do ar (REICHARDT, TIMM, 2012).

O processo de detenção refere-se à retenção temporária da água na superfície terrestre, seja em depressões do terreno, áreas deprimidas, em lagos e reservatórios naturais ou artificiais. Durante a detenção, a água pode ser utilizada pela vegetação ou infiltrar-se no solo, evitando ou diminuindo o escoamento superficial e a erosão do solo (ANA, 2023).

O processo de degelo é uma importante fonte de água doce. Ocorre quando a neve ou o gelo presente nas montanhas, geleiras e calotas polares se derretem com o aumento da temperatura, a água resultante flui para os corpos hídricos. Esse processo é fundamental para manter o equilíbrio hídrico de diversas regiões, principalmente em regiões áridas e semiáridas que dependem de corpos d'água alimentados pelo degelo para suprir suas necessidades hídrica (PACHECO, et al., 2015).

A absorção é a capacidade do solo e das plantas de reter a água. Quando a água chega ao solo, parte dela é absorvida pelas plantas por meio das raízes e outra parte é absorvida pelo solo, infiltrando-se nos espaços porosos existentes entre as partículas do solo (MMA, 2015).

A sublimação refere-se à transformação direta do gelo em vapor de água, sem passar pelo estado líquido. Esse processo ocorre principalmente em regiões com clima frio e seco, como em regiões de altitude elevada ou em desertos de gelo. Durante a sublimação, o gelo é aquecido pelo sol e o calor é transferido para a água na forma de vapor, que se eleva na atmosfera (TUNDISI e TUNDISI, 2011).

Em síntese, o ciclo da água consiste em um processo permanente de transformação da água de modo natural, passando pelos estados líquido, sólido e gasoso.

3.2 BACIA HIDROGRÁFICA

Além de promover a captação da precipitação da água, as bacias hidrográficas se constituem como um referencial geográfico para práticas de planejamento e aproveitamento dos recursos naturais. Sendo assim, entender as características e aspectos das bacias hidrográficas torna-se fundamental para o planejamento, gerenciamento e análise dos indicadores de uso, quantidade e qualidade da água apresentados para a gestão dos recursos

hídricos. São ótimas unidades para monitorar as mudanças ocorridas naturalmente (processos químicos-físicos-biológicos) e mudanças causadas pelo ser humano, além de consequências na gestão dos elementos naturais e sociais (GUERRA e CUNHA 1996).

A Lei Federal nº 9.433/97 que estabelece a PNRH, também conhecida como Lei das águas, tem como objetivo garantir a disponibilidade de água de qualidade para as presentes e futuras gerações. Ela determina o enquadramento dos corpos hídricos como um dos instrumentos da política, pertencentes ao Sistema Nacional de Meio Ambiente e ao Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

Para compreender a gestão de recursos hídricos com base no planejamento integrado, é necessário compreender os fundamentos constitucionais que embasam a implementação da PNRH, com o objetivo de preservar e conservar os recursos hídricos. A participação da população é essencial nesse processo de gestão, que deve ser descentralizado para alcançar a maior efetividade. Assim, é necessário considerar as inter-relações presentes entre todos os recursos naturais para garantir uma gestão eficiente dos recursos hídricos (BRASIL, 1997; TUCCI, 2005; CAVALCANTI; CAVALCANTE, 2016).

As bacias hidrográficas, ou bacias de drenagem, são áreas delimitadas topograficamente pelos divisores de água. Esses divisores formam uma linha de separação que distribui a chuva que cai nas bacias para as vertentes e cursos d'água que compõem a rede de drenagem. Essa rede de drenagem converge em um ponto em comum, chamado de exutório, onde a água é finalmente descarregada na forma de rio ou córrego (VILLELA e MATOS, 1975; CHRISTOFOLLETI, 1980, SILVEIRA, 2001; PARANÁ, 2015).

Os divisores de água são importantes para buscar avaliar a influência de áreas na preservação dos corpos hídricos (FIORESE, 2020). A hipsometria é a representação gráfica das altitudes de um determinado local ou região em relação ao nível do mar (CAVALCANTE, 2014; PEREIRA, 2016), que permite compreender a topografia da cidade e como ela influencia aspectos de escoamento das águas pluviais e a distribuição da vegetação urbana. A partir disso, é possível identificar as áreas mais propensas a inundações e deslizamentos de terra, além de orientar a implantação de infraestruturas urbanas, como redes de água e esgoto e vias de acesso (RIBEIRO, 2015).

A gestão ambiental, aliada ao planejamento, reconhece a importância fundamental das bacias hidrográficas como fonte de energia elétrica e abastecimento urbano e industrial (ROSS, 1998).

É essencial considerar as entradas e saídas de água, uma vez que as atividades humanas no ecossistema podem alterar significativamente o equilíbrio hídrico. Esses ecossistemas são

altamente vulneráveis às mudanças ambientais, uma vez que a interação entre os diversos meios pode agravar processos erosivos, poluição da água, mudanças climáticas regionais e outros impactos negativos (TERNUS, et al., 2011).

No entanto, outras características como o tipo de solo, relevo, vegetação, presença de cidades e práticas humanas, como desmatamento, uso de agrotóxicos e atividades industriais, agrícolas e urbanas, exercem um papel crítico sobre os recursos naturais que formam uma bacia hidrográfica. Essas atividades podem interferir na qualidade da água do rio e ter impactos negativos na biodiversidade e na qualidade de vida das pessoas que dependem dos recursos hídricos da região (PARANÁ, 2015).

Instituída pela Lei Federal nº 9.433 de 1997, a PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para a implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). O objetivo é promover a gestão compartilhada e sustentável do uso da água, baseada em novos princípios de organização. Essa abordagem reconhece a importância da gestão integrada dos recursos hídricos em uma perspectiva holística e sistêmica, com enfoque na proteção e preservação dos ecossistemas aquáticos e da biodiversidade associada.

O uso do solo está diretamente relacionado à PNRH, pois as atividades humanas exercem influência significativa sobre a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos disponíveis. O uso inadequado do solo pode causar diversos problemas. Estudos relacionados à PNRH quando aliados ao uso do solo são fundamentais para orientar políticas públicas, práticas agrícolas, planejamento urbano e ações individuais voltadas à conservação dos recursos hídricos e à sustentabilidade ambiental. Ao entender a interdependência entre o uso do solo e a disponibilidade de água, é possível agir de forma consciente e responsável na preservação dos corpos d'água.

A seguir são apresentados os principais aspectos para a compreensão da importância dos estudos de uso e ocupação do solo e sua importância para a compreensão das transformações causadas pelo processo de urbanização.

3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso e ocupação do solo estão intrinsecamente ligados aos impactos das atividades humanas e são fatores-chave que influenciam as propriedades e processos dos ecossistemas terrestres. A interferência humana no meio ambiente resulta em alterações na paisagem e, conseqüentemente, no uso e ocupação do solo. É fundamental realizar estudos de

monitoramento para identificar essas mudanças e planejar o uso adequado de cada área urbana, levando em conta a infraestrutura, recursos naturais e características ambientais (GOMES, et. al. 2020; NAYAN, et. al. 2020) .

Além disso, é importante no planejamento agrícola e florestal, incluindo diversos aspectos que afetam a produtividade, a sustentabilidade e a conservação do meio ambiente. Algumas das principais razões pelas quais o uso e ocupação do solo são tão relevantes no planejamento agrícola e florestal incluem a produtividade agrícola, a conservação do solo e o zoneamento ambiental.

A implementação da legislação para a proteção e preservação de áreas ambientais é fundamental para o controle da expansão urbana e mitigação dos impactos causados pela atividade humana no meio ambiente. Além de preservar, é essencial garantir a qualidade e o uso adequado dos recursos naturais, visando à sustentabilidade.

O Brasil é um dos principais exportadores globais de produtos agrícolas, como café, soja, carne e minérios, minério de ferro etc. Isso tem causado intensas transformações no Uso e Ocupação do solo. O bioma da Mata Atlântica, abriga cerca de 70% da população brasileira, e devido à pressão humana, apenas 12,5% de sua área original ainda permanece coberta por florestas (SOSMA, 2019; FILHO, 2020).

O uso do solo se refere ao tipo de atividade realizada em determinada área, como a construção de moradias, comércios, indústrias, áreas verdes, entre outros. Já a ocupação do solo se refere à distribuição dessas atividades no espaço, levando em conta a densidade populacional e a infraestrutura existente (TAKEDA, 2013; TUCCI, 2015; GOMES, et. al. 2020).

De acordo com a Constituição Federal de 1988, no artigo 30, inciso VIII (BRASIL, 1988), os municípios possuem autonomia para atribuir responsabilidades e realizar o planejamento e controle do uso, parcelamento e ocupação do solo urbano, visando um desenvolvimento sustentável. O uso e ocupação do solo são de responsabilidade dos municípios, mas as esferas Estadual e Federal também estabelecem normas voltadas para a proteção ambiental e controle da poluição, com base no Plano Diretor e no macrozoneamento urbano (BRASIL, 1988; TUCCI, 2008).

O Estatuto da Cidade instituído pela Lei nº 10.257/2001, indica que o uso e ocupação do solo são regulados pelo poder público municipal, que deve elaborar o Plano Diretor e demais instrumentos de planejamento urbano, com base em critérios como a preservação ambiental, a segurança pública, a mobilidade urbana e a promoção da justiça social (BRASIL, 2001).

O Plano Diretor possui uma relação direta com o uso e ocupação do solo, uma vez que define as regras e diretrizes para a destinação e aproveitamento das áreas urbanas e rurais.

Estabelece zonas de uso, como áreas residenciais, comerciais, industriais e de preservação ambiental, determinando os parâmetros de ocupação, densidade populacional, limites de altura das edificações, infraestrutura necessária, entre outros aspectos (MASCARÓ, 2016).

A consideração da lei de uso e ocupação do solo no planejamento urbano é de extrema importância para garantir o desenvolvimento ordenado e sustentável das cidades. Essa lei estabelece diretrizes e normas que regulam a forma como o solo urbano pode ser utilizado, visando a preservação do meio ambiente, o bem-estar da população e a promoção de um ambiente urbano equilibrado.

O processo de urbanização é intrínseco ao de o uso e ocupação do solo e a urbanização é intrínseca e complexa. A urbanização refere-se ao processo de crescimento e expansão das áreas urbanas, incluindo cidades e aglomerações urbanas, em detrimento das áreas rurais. À medida que as populações aumentam e as atividades econômicas se concentram nas cidades, há uma maior demanda por espaço urbano, o que influencia diretamente o uso e ocupação do solo.

3.4 URBANIZAÇÃO

Com o aumento da população urbana a partir da segunda metade do século XX, houve uma maior demanda por recursos naturais para abastecer as cidades. No entanto, essa concentração urbana também gerou uma série de problemas e impactos ambientais que afetam a qualidade de vida da população. Esse processo gerou a necessidade de se pensar em soluções que conciliem o desenvolvimento urbano com a conservação ambiental, visando à promoção de um ambiente saudável e sustentável para todos (TUCCI, 2008; RIBEIRO, 2001).

De acordo com dados do IBGE de 2015, obtidos a partir da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD, a maior parte da população brasileira (cerca de 84,72%) residia em áreas urbanas, enquanto apenas 15,28% em áreas rurais. Esse processo de urbanização foi intensificado pela mecanização no campo, o que gerou o fenômeno do êxodo rural, com as pessoas migrando para as cidades em busca de melhores condições de vida e trabalho.

Dados de 2020 apontam que aproximadamente 182,2 milhões de pessoas (cerca de 86,1% da população total) se concentram em áreas urbanas, enquanto aproximadamente 29,2 milhões de pessoas (cerca de 13,9% da população total) se localizam em área rural (IBGE, 2020).

A urbanização é o processo de concentração da população em espaços urbanos em função de atividades econômicas e sociais. Se caracteriza como um fenômeno complexo e

abrangente, que envolve mudanças em diversos aspectos da vida social, como a organização do trabalho, o consumo, relações sociais, cultura e a política (SPOSITO, 2001; SANTOS, 2005).

No Brasil, a falta de planejamento e gestão da urbanização gerou problemas urbanos como segregação espacial, exclusão social, violência urbana e a especulação imobiliária (SANTOS, 1978). Além disso, problemas como a precarização das condições de vida, falta de moradia adequada, falta de infraestrutura urbana, trânsito caótico, insegurança urbana, entre outros também são frequentes nas cidades brasileiras (SPOSITO, 2000).

O crescimento urbano desordenado causa também inúmeros impactos ambientais, sendo uma grande dificuldade para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. O impacto ambiental é entendido como qualquer modificação das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por atividades humanas, afetando de modo direto ou indireto os recursos naturais, a biota, as atividades econômicas e sociais, entre outros (CONAMA, 1986).

A expansão resulta na degradação e perda de áreas verdes, que são substituídas por construções urbanas. Quando são projetadas áreas verdes e naturais para a população, muitas vezes essas áreas são artificializadas e perdem sua função ecológica original. O aumento da impermeabilização do solo, a redução da vegetação, a poluição do ar, da água e do solo, a geração de resíduos sólidos e a perda de biodiversidade são alguns exemplos de impactos ambientais causados pela urbanização (SPOSITO, 2015).

Diante dos diversos problemas decorrentes da urbanização e do crescimento populacional em escala mundial, a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas - ONU foi criada com o objetivo de propor soluções para os principais desafios mundiais, buscando acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima. Essa agenda é composta por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, que visam promover ações concretas e integradas para enfrentar questões como a desigualdade social, a mudança climática, a preservação dos recursos naturais e o combate à violência, entre outros temas relevantes.

Dentre esses objetivos, destacam-se o objetivo 6, que busca garantir a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, e o objetivo 11, que visa tornar as cidades seguras, resilientes e sustentáveis. Para isso, é necessário garantir o acesso à água potável de qualidade, saneamento básico, gestão integrada de recursos hídricos, tratamento de resíduos, urbanização sustentável, preservação do patrimônio cultural e natural, qualidade do ar, espaços públicos seguros e verdes, e construções sustentáveis, entre outras ações (ONU, 2020).

Com o crescimento urbano acelerado, a gestão da água torna-se um grande desafio para as cidades. O aumento da impermeabilização do solo com as construções e pavimentações,

associado à falta de infraestrutura para o tratamento de esgoto e gestão das águas pluviais, tem levado a diversos problemas ambientais e sociais. Entre eles, podemos citar a redução da infiltração da água no solo, o aumento de enchentes e inundações, a poluição dos rios e mananciais, além da dificuldade de acesso à água potável para a população. Nesse contexto, o manejo adequado de recursos hídricos é crucial para garantir a qualidade de vida da população. É necessário preservar o ciclo hidrológico natural e garantir o acesso à água potável e ao saneamento básico, especialmente em áreas urbanas.

3.5 ÁGUAS URBANAS

Águas urbanas referem-se às águas presentes em áreas urbanas, podem incluir corpos d'água naturais, como rios, córregos e lagos, bem como infraestruturas artificiais, como sistemas de abastecimento de água, redes de esgoto e sistemas de drenagem pluvial. Desempenham um papel fundamental nas atividades diárias das cidades, fornecendo água potável, suporte para a agricultura urbana, recreação e transporte aquático. No entanto, também são suscetíveis a vários problemas e desafios, incluindo poluição, esgotamento de recursos, inundações urbanas e impactos negativos nas comunidades aquáticas (TUCCI, 2008).

Há uma ampla gama de estudos que fornecem evidências dos impactos ambientais causados nos corpos hídricos, resultantes da urbanização. Baptista e Cardoso (2011) abordam o processo relacionado ao uso de novas intervenções para o manejo das águas pluviais em áreas urbanas, considerando as limitações da abordagem tradicional de canalização e retificação dos cursos de água. Defendendo a importância da recuperação e preservação dos cursos de água nas cidades, a fim de minimizar os impactos negativos da urbanização e mudar a abordagem tradicional de isolamento e supressão das águas superficiais.

Nayan et. al (2020) apresentam um estudo que analisa o impacto da urbanização na mudança do uso e cobertura da terra e nos recursos hídricos. Por meio do uso de processamento de imagens de satélite, indicam uma redução significativa na área de água superficial devido à transformação do Uso e Ocupação do solo nos corpos d'água para outros usos. Também é observada uma correlação positiva entre a mistura de uso da terra e a mudança no nível das águas subterrâneas. As áreas com uso comercial da terra mostram a maior deterioração do nível do lençol freático, enquanto as regiões periurbanas com desenvolvimento médio e baixo apresentam melhoria, e a região comercial/residencial de alto desenvolvimento mostra a maior atenuação dos recursos hídricos subterrâneos.

Hall e Hossain (2020) mostram dados que refletem na análise das mudanças nas superfícies impermeáveis causadas pela urbanização em Chattanooga, Tennessee, usando imagens de satélite de 1986 e 2016. Através do mapeamento, os resultados mostraram um crescimento líquido de 45,12 km² dessas superfícies, com cerca de 6% dessa expansão ocorrendo próximos a corpos d'água, afetando 9,96 km² da cobertura de terra do estudo. O modelo de avaliação de risco de fluxo revelou que aproximadamente 87 km, 131 km e 203 km de córregos estão sob potencial risco alto, muito alto e extremo de comprometimento devido ao crescimento urbano nos últimos 30 anos. Essas descobertas podem ajudar a implementar planos de manejo sustentável para riachos próximos a áreas urbanizadas no local estudado.

Wen et. al, (2021) analisaram o impacto da urbanização em 58 lagos em Wuhan, China, de 1990 a 2019. Com o estudo concluíram que a área total dos lagos diminuiu 15,3%, e a paisagem dos lagos piorou, mas a ecologia à beira do lago apresentou uma recuperação gradual. O crescimento da população e a proporção de superfície impermeável na área à beira do lago tiveram efeitos diferentes em lagos específicos. O estudo fornece informações valiosas para o governo ao formular políticas de proteção diferenciadas para os lagos em Wuhan.

Matos et. al. (2023) realizaram um diagnóstico do manejo de águas pluviais em Boa Vista/RR, identificando problemas que levam a situações críticas de alagamentos nas ruas, mesmo com sistemas de drenagem implementados. A análise comparou conceitos e diretrizes utilizados em projetos de outras regiões, consolidados em planos diretores e manuais de drenagem urbana. Foram encontradas diversas questões que afetam a eficiência dos sistemas de drenagem, relacionadas à falta de diretrizes e estudos locais. Isso inclui o uso de coeficientes de escoamento, equações de chuva, tempo de retorno e de concentração que não refletem a realidade local, projetos com locais inadequados para lançamento de redes, dispositivos obstruídos e danificados. A ausência de um documento que oriente o manejo das águas pluviais é apontada como um fator significativo nos alagamentos na cidade.

Devido ao crescimento urbano em todo o mundo, a gestão sustentável das águas urbanas tornou-se uma prioridade para garantir a disponibilidade de água limpa, proteger os ecossistemas aquáticos e minimizar os riscos associados às inundações e à poluição. Estratégias de gestão integrada das águas urbanas incluem o tratamento adequado de efluentes, o manejo sustentável das águas pluviais, o uso eficiente da água e a promoção da consciência pública sobre a importância da proteção dos recursos hídricos urbanos.

Sistemas de abastecimento de água e esgotos sanitários, drenagem urbana, inundações ribeirinhas e gestão dos resíduos sólidos se caracterizam como os principais impactos negativos

causados nas águas urbanas, afetando diretamente a saúde pública e o meio ambiente (TUCCI, 2015).

Os resíduos químicos e orgânicos presentes no esgoto podem causar a eutrofização de corpos aquáticos, diminuindo o oxigênio e prejudicando ecossistemas. A contaminação da água por problemas de infraestruturas representa um risco para a saúde humana (CARDOSO, BAPTISTA, 2020; HALL, HOSSAIN, 2020; WEN, et. al. 2021).

Muitas cidades brasileiras ainda enfrentam problemas na gestão desses sistemas, incluindo a falta de tratamento de esgoto. De acordo com dados do Instituto Trata Brasil de saneamento básico - ITB (2021), cerca de 46% da população brasileira não possui rede de coleta de esgoto, e apenas 38% do esgoto coletado é tratado adequadamente. Isso significa que a maior parte dos dejetos humanos são devolvidos à natureza sem o devido tratamento, contribuindo para a poluição dos rios e mares, e aumentando o risco de doenças para a população que vive próximo a essas áreas.

A falta de tratamento adequado de efluentes representa um grande risco para a população. Com o aumento da urbanização, a contaminação da água se torna cada vez mais frequente devido aos efluentes gerados pela população urbana, que incluem tanto o esgoto doméstico e industrial quanto o esgoto pluvial. Entre os principais riscos associados a essa situação, destacam-se:

- Despejo sem tratamento dos esgotos sanitários nos rios, contaminando este sistema hídrico.
- O esgoto pluvial transporta grande quantidade de poluição orgânica e de metais que atingem os rios nos períodos chuvosos.
- Contaminação das águas subterrâneas por despejos industriais e domésticos, por meio das fossas sépticas, vazamento dos sistemas de esgoto sanitário e pluvial, entre outros.
- Depósitos de resíduos sólidos urbanos, que contaminam as águas superficiais e subterrâneas, funcionando como fonte permanente de contaminação.
- Ocupação do solo urbano sem controle do seu impacto sobre o sistema hídrico. (TUCCI, 2008, p.103)

A água de superfície, sendo a principal fonte de água para a maioria das necessidades humanas, está sujeita a um alto risco de contaminação. Esse problema é agravado pela superpopulação, intensa industrialização, rápido processo de urbanização e deficiências no saneamento básico. Além da contaminação das águas superficiais, também é importante destacar a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas (SYEED et al., 2023; YANG, et.al, 2023).

As águas superficiais, como rios, córregos, lagos e lagoas, geralmente possuem em seu entorno de APPs. Os corpos hídricos desempenham um papel vital na manutenção dos

ecossistemas, na regulação do ciclo hidrológico e na provisão de recursos hídricos para abastecimento humano e uso agrícola.

A ocupação de APPs é uma prática que traz consequências graves, gerando impactos ambientais significativos, como inundações e deslizamentos de terra. É um problema frequente em muitas regiões do Brasil, que aumenta o risco de ocorrência de desastres naturais e afeta a qualidade de vida das comunidades locais. As áreas de APP são definidas como regiões protegidas, com o objetivo de preservar os recursos hídricos, o solo, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, garantindo o bem-estar da população (BRASIL, 2012).

A proteção dos mananciais é determinada pela legislação, que visa preservar as bacias hidrográficas (TUCCI, 2008). É essencial implementar políticas de uso e ocupação do solo que promovam o planejamento cuidadoso com base em critérios de zoneamento, garantindo a ordenação territorial e o crescimento urbano por meio de uma abordagem controlada e direcionada para atividades previamente estabelecidas.

As águas urbanas sofrem diversos impactos pelo uso e ocupação do solo. O crescimento urbano desordenado, aliado a práticas inadequadas de gestão das águas, gera consequências negativas na qualidade da água e nos ecossistemas aquáticos. As leis de zoneamento junto ao planejamento urbano e ambiental devem ser integradas para garantir tanto a qualidade de vida quanto a qualidade ambiental, buscando soluções sustentáveis que beneficiem toda a população. O uso de tecnologias para o planejamento facilita as análises e estudos, fornecendo informações espaciais e ferramentas de análise que ajudam a melhorar a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas de drenagem e recursos hídricos nas cidades.

3.6 GEOPROCESSAMENTO

Amplamente utilizado na criação de mapas, o geoprocessamento permite a organização, análise e visualização de informações espaciais em diferentes escalas e níveis de detalhamento. O processo de criação de mapas envolve a utilização de dados georreferenciados, que podem ser obtidos por meio de diversas fontes, como Sistema de Informações Geográficas - SIGs, sensoriamento remoto, levantamentos topográficos, entre outros. A partir desses dados, é possível criar modelos digitais de terreno, identificar padrões e tendências em uma determinada região, fazer análises de proximidade, calcular áreas e distâncias, e criar mapas temáticos com informações específicas etc.

As tecnologias desempenham um papel fundamental no acompanhamento e planejamento do uso e ocupação do solo, fornecendo ferramentas e técnicas para a análise

espacial e gestão de informações georreferenciadas. Por meio do geoprocessamento é possível coletar, armazenar, visualizar, analisar e interpretar dados relacionados ao uso e ocupação do solo de forma eficiente e precisa. Deste modo, o uso do geoprocessamento no acompanhamento e planejamento permite uma gestão mais eficiente e sustentável do território.

O geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de tecnologias que possuem o objetivo de coleta e tratamento de informações espaciais. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, o processamento de dados referenciados geograficamente (georreferenciados) está presente desde a coleta até o produto final: mapas, relatórios, arquivos digitais etc. (INPE, 2018). É compreendido como uma aplicação que permite a observação concreta de fenômenos geográficos. Para compreender as transformações no meio ambiente, é necessário representar este espaço geográfico por meio de tecnologias, possibilitando a distribuição georreferenciada de eventos significativos na paisagem, resultantes da interação entre as ações humanas e o meio ambiente.

O SIG é uma ferramenta fundamental para representações cartográficas, composta de recursos tecnológicos com o objetivo de sistematização, organização e coleta de dados. De acordo com as definições do INPE, o “SIG é um sistema que processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies”, tornando possível compor uma base de informações originária de dados cartográficos. Refere-se a um conjunto de instrumentos de coleta, tratamento, processamento, análise e disponibilização dos dados de informações que são utilizadas para o geoprocessamento. Permite desenvolver um conjunto de técnicas de coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica (INPE, 2018).

O uso de um SIG para o geoprocessamento trabalha a realidade de forma abstrata, por meio das classes de representações. Dessas classes, duas são as mais conhecidas e utilizadas: vetorial (pontos, linhas e polígonos) e raster (imagem, modelo digital de elevação, modelo digital do terreno etc.). Por meio do SIG, a análise do uso e ocupação do solo permite confrontar os processos presentes da expansão urbana, resultando na percepção das alterações da área, acompanhando e avaliando a evolução das características do crescimento urbano.

O sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas das ciências aplicadas que dispõe sobre a obtenção de imagens da superfície terrestre de maneira distante, por meio de sensores remotos, presente em satélites (gerando imagens de satélite).

Por meio de uma câmera aero fotográfica a bordo de uma aeronave, são geradas fotografias aéreas, que também podem ser utilizadas para obtenção de informações próximas à superfície terrestre. Essas técnicas são muito úteis para os estudos que demandem uma visão

sinótica que tenha a necessidade de visualização de uma grande área em uma mesma imagem (STEFEN, 2016).

A resolução temporal das imagens de satélite, permite a coleta de informações em diferentes escalas, conforme a sazonalidade, facilitando análises temporais e avaliação de transformações ocorridas na superfície terrestre durante os anos. Já a resolução espectral permite a coleta de informações sobre um objeto específico na natureza. A resolução espacial permite a obtenção das informações em diversas escalas métricas (STEFEN, 2016; INPE, 2018).

Imagens de satélite são muito utilizadas para representar a dinâmica do uso do solo em estudos de monitoramento e, se organizadas de maneira cronológica, permitem observar as transformações ocorridas durante as últimas décadas, informações relacionadas aos cursos da água, suas respectivas APPs e crescimento urbano.

O sensoriamento remoto é amplamente utilizado na criação de mapas, pois permite a obtenção de informações geográficas de uma área de forma rápida e precisa. Dessa maneira é possível obter dados sobre a cobertura vegetal, uso do solo, topografia, entre outras informações importantes para a elaboração de mapas. Os dados obtidos são processados em softwares de geoprocessamento, onde são integrados com outras informações georreferenciadas, como dados cadastrais, informações de infraestrutura etc. (RICARDO, 2013).

A confecção de mapas de classificação do uso do solo torna possível o dimensionamento de alterações causadas no terreno. As imagens precisam ser escolhidas criteriosamente, dependendo da disponibilidade em relação ao período, visibilidade em relação a cobertura de nuvens e sua resolução.

3.7 MAPBIOMAS

O MapBiomas é uma iniciativa colaborativa que utiliza tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto para monitorar e mapear a cobertura e uso da terra no território brasileiro. O projeto conta com a participação de mais de 40 instituições, incluindo universidades, empresas e organizações da sociedade civil.

De acordo com o site oficial do MapBiomas, a iniciativa tem como objetivo "fornecer informações consistentes e atualizadas sobre a dinâmica territorial do Brasil, de forma transparente, livre e acessível a qualquer pessoa interessada." (MAPBIOMAS, 2023). Dessa forma permite a criação de mapas temáticos detalhados sobre diversos aspectos relacionados à

cobertura e uso do solo, como desmatamento, urbanização, agricultura, pastagens, florestas, entre outros. Essas informações podem ser utilizadas em diversas áreas, como gestão ambiental, planejamento territorial, monitoramento de políticas públicas, entre outras.

O MapBiomas tem sido amplamente utilizado em trabalhos acadêmicos nos últimos anos, tanto no Brasil quanto no exterior (AZEVEDO, et. al, 2018; TYUKAVINA et. al, 2020; SOUZA, et.al, 2020; SALGADO, et.al, 2021). A plataforma oferece dados e informações confiáveis e atualizadas sobre a cobertura e uso do solo no território brasileiro, o que é de grande interesse para diversas áreas de pesquisa, além disso tem sido utilizado em diversos estudos de conservação da biodiversidade, mudanças climáticas, gestão de recursos naturais, entre outras áreas.

Por meio do geoprocessamento e com a disponibilização de dados em escala nacional, é possível realizar o recorte da área de estudo para o levantamento de informações e análise dos dados. Nesse sentido, a plataforma oferece gratuitamente a coleta de informações sobre a área estudada, abrangendo o período de 1985 a 2021.

A plataforma trabalha com uma classificação detalhada, que permite identificar diferentes classes de níveis de cobertura e uso do solo. Embora as categorias possam variar ao longo do tempo devido ao refinamento metodológico do projeto, a versão mais recente (2021) apresenta as seguintes classes de níveis principais, representados no Quadro 1.

De acordo com o MapBiomas (2021), as classes de nível 1 podem ser detalhadas conforme a seguir:

- Floresta: engloba áreas com vegetação florestal nativa, tanto em estágios primários como secundários;
- Formação Natural Não Florestal: inclui formações vegetais não florestais, como campos, cerrados, savanas e caatingas.
- Agropecuária: compreende áreas destinadas à agricultura e pecuária, incluindo plantações, pastagens e áreas cultivadas.
- Área Não Vegetada: abrange áreas urbanas, incluindo edifícios, estradas, áreas industriais e infraestruturas urbanas, áreas onde ocorrem atividades de extração mineral.
- Água: representa corpos d'água, como rios, lagos, reservatórios e lagoas.
- Área Não Observada: inclui áreas onde não foi possível realizar uma classificação precisa devido às limitações de dados ou cobertura de nuvens nas imagens de satélite.

QUADRO 1 - Níveis de classes representados pelo MapBiomias

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Floresta	Formação Florestal		
	Formação Savânica		
	Mangue		
	Restinga Arborizada		
Formação Natural Não Florestal	Campo Alagado e Área Pantanosa		
	Formação Campestre		
	Apicum		
	Afloramento Rochoso		
	Outras Formações não florestais		
Agropecuária	Pastagem		
	Agricultura	Lavoura Temporária	Soja
			Cana
			Arroz
			Algodão
			Outras Lavouras Temporárias
	Lavoura Perene	Café	
		Citrus	
		Outras Lavouras Perenes	
	Silvicultura		
Mosaico de Usos			
Área não Vegetadas	Praia, Duna e Areal		
	Área Urbanizada		
	Mineração		
	Outras Áreas não vegetadas		
Corpos D'água	Rios, Lagos e Oceano		
	Aquicultura		
Não observado			

FONTE: Adaptado de MapBiomias (2021)

O Nível 2 apresenta informações mais detalhadas sobre a cobertura do solo. O Nível 3 apresenta a distinção entre lavoura temporária e lavoura perene, relevante por ser baseada no ciclo de vida das plantas cultivadas e a prática agrícola associada. O Nível 4 apresenta informações específicas sobre o tipo de cultura, importantes para análise histórica do uso do solo.

O MapBiomias utiliza técnicas de sensoriamento remoto e inteligência artificial para realizar a classificação da cobertura e uso do solo no Brasil. A classificação é baseada na análise de imagens de satélite de alta resolução e em algoritmos de aprendizado de máquina, que são

treinados para reconhecer padrões e características específicas das diferentes classes de cobertura e uso do solo (AZEVEDO, et al., 2018; SOUZA, et al., 2020).

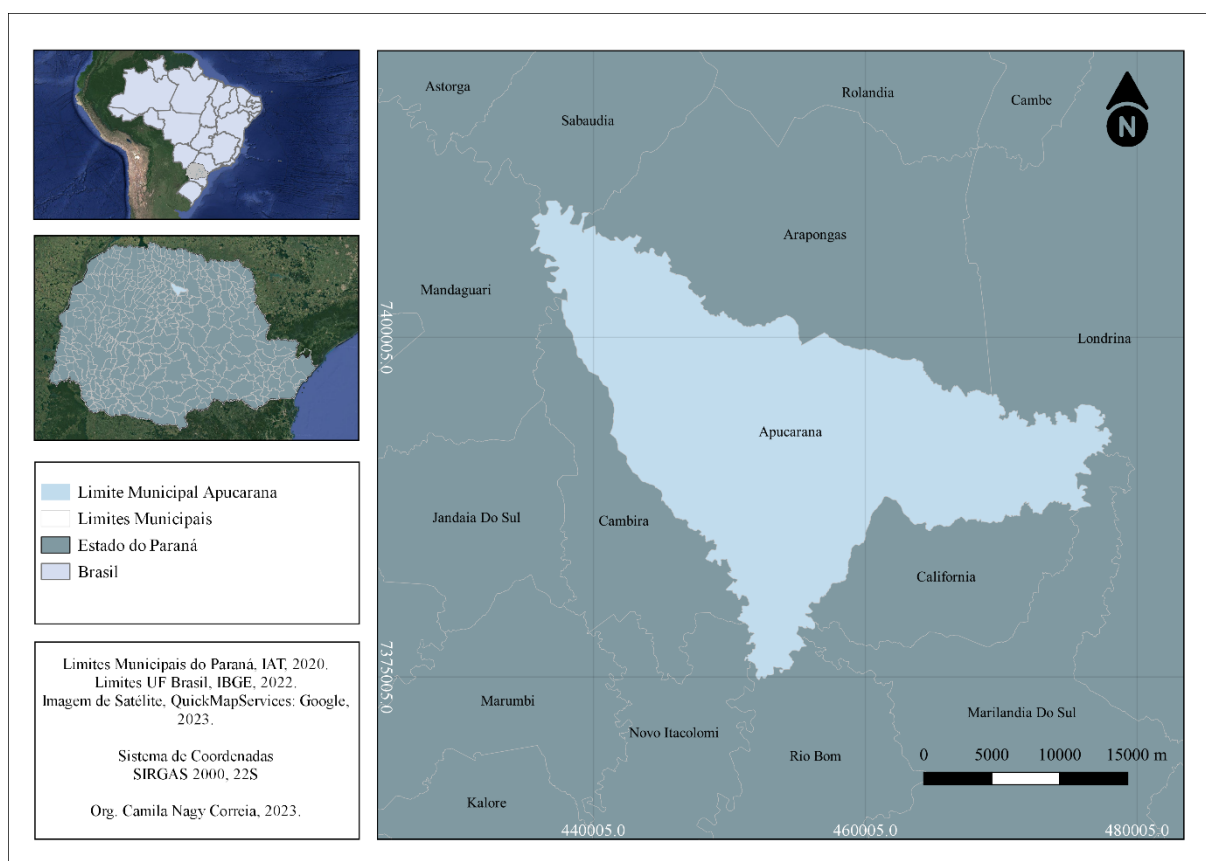
A classificação dos níveis no é realizada por meio de um processo de mapeamento em cascata, que envolve etapas sequenciais de classificação. Para isso, o MapBiomas utiliza amostras representativas de treinamento, que são áreas conhecidas e mapeadas manualmente por especialistas. Essas amostras são utilizadas para ensinar os algoritmos de aprendizado de máquina a reconhecer os padrões espectrais e espaciais associados a cada classe de cobertura e uso do solo. Esses algoritmos são capazes de generalizar o aprendizado a partir das amostras e aplicá-lo em escala para classificar grandes extensões de território (AZEVEDO, et al., 2018; SOUZA, et al., 2020).

Dessa forma, a ferramenta permite a visualização detalhada das informações sobre cobertura e uso do solo, fornecendo diversos níveis de detalhamento relevantes para análise de transformação da cobertura e uso do solo referente ao período de 1985 a 2021.

4 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Apucarana é um município localizado na região norte do estado do Paraná, possui uma área territorial de 558,389 km² (IBGE, 2021). Está a aproximadamente a 365km de distância da capital do estado, Curitiba. Faz limite ao norte com Arapongas, ao sul com Rio Bom, Califórnia, Marilândia do Sul e Novo Itacolomi, a leste com Londrina e a oeste com Cambira conforme apresentado na Figura 2. A cidade tem apresentado um crescimento populacional constante nos últimos anos, refletindo as principais características dos centros urbanos brasileiros em termos de desenvolvimento econômico e demográfico.

FIGURA 2 - Localização de Apucarana no estado do Paraná



FONTE: Autoria própria (2023)

Vale enfatizar que cidade e município são termos frequentemente usados como sinônimos, mas na verdade possuem significados distintos. Cidade é uma aglomeração urbana que se caracteriza por sua densidade demográfica e diversidade de atividades econômicas, se caracterizando como um espaço complexo, dinâmico que expressa as contradições da sociedade em que está inserida. Já o município é uma unidade administrativa territorial que agrupa um conjunto de cidades, vilas e/ou distritos em uma mesma jurisdição, é uma criação do Estado

para fins administrativos, uma divisão política e territorial que tem por finalidade a organização da sociedade (SANTOS, 1994).

Desta forma, destaca-se que a área de estudo se refere a cidade de Apucarana, considerando as atividades desenvolvidas dentro da área urbanizada, sem considerar os distritos pertencentes ao município.

A fundação de Apucarana está ligada à história da colonização do norte do Paraná, na década de 1930. Na época, o governo federal incentivou a criação de companhias colonizadoras com o objetivo de expandir a produção agrícola na região, que era vista como um "espaço vazio" (PARANÁ, 1975).

Fundada como parte de um projeto de colonização da região norte do estado do Paraná, liderado pela CTNP - Companhia de Terras do Norte do Paraná. A ideia era criar uma cidade que pudesse servir como polo de abastecimento para as cidades vizinhas, Maringá e Londrina. Para isso, foram construídas diversas estradas de acesso e um sistema de transporte ferroviário que permitia a circulação de mercadorias e pessoas (APUCARANA, 2013).

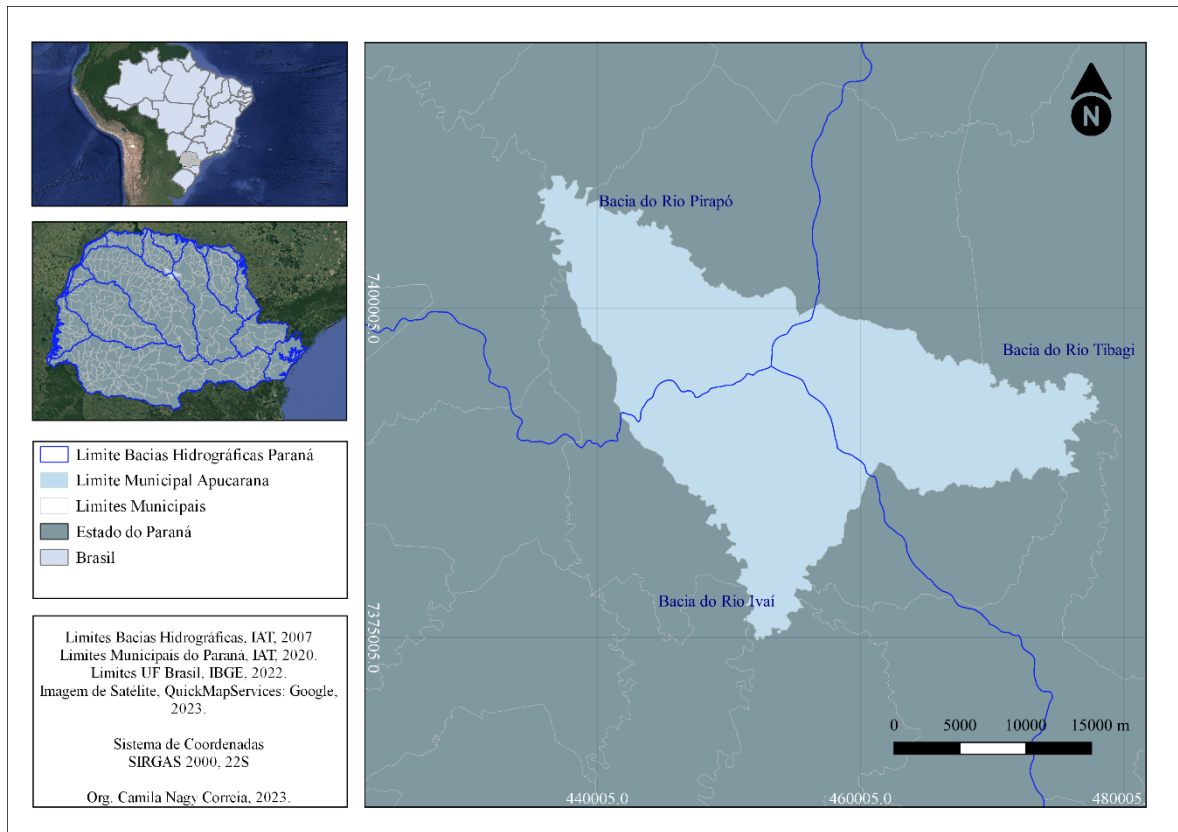
Em 1934, a CTNP iniciou a colonização da região, a área escolhida para a fundação da cidade era rica em terras férteis e próxima de importantes rodovias e ferrovias, o que facilitaria o escoamento da produção agrícola. A cidade foi projetada para comportar uma população de até 100 mil habitantes (HOFFMANN e FERREIRA, 2007).

Em 28 de janeiro de 1944, Apucarana foi oficialmente elevada à categoria de município, desmembrando-se de Londrina. A denominação foi oficializada em 1943, pela Lei Estadual nº 199. A partir da década de 1950, Apucarana se tornou um importante polo de produção agrícola, com destaque para a cultura do café. Nos anos seguintes, a cidade se desenvolveu em outras áreas, como a indústria e o comércio.

Vale ressaltar a importância da indústria têxtil em Apucarana, de acordo com o Observatório do Sistema das Federações das Indústrias do Estado do Paraná - Sistema Fiep (2023) e a base de dados do ano de 2021, a cidade abriga o maior polo industrial do vestuário e da produção têxtil no estado do Paraná. Com um total de 612 estabelecimentos e 7.175 trabalhadores ativos, a indústria têxtil desempenha um papel de destaque na economia local e regional.

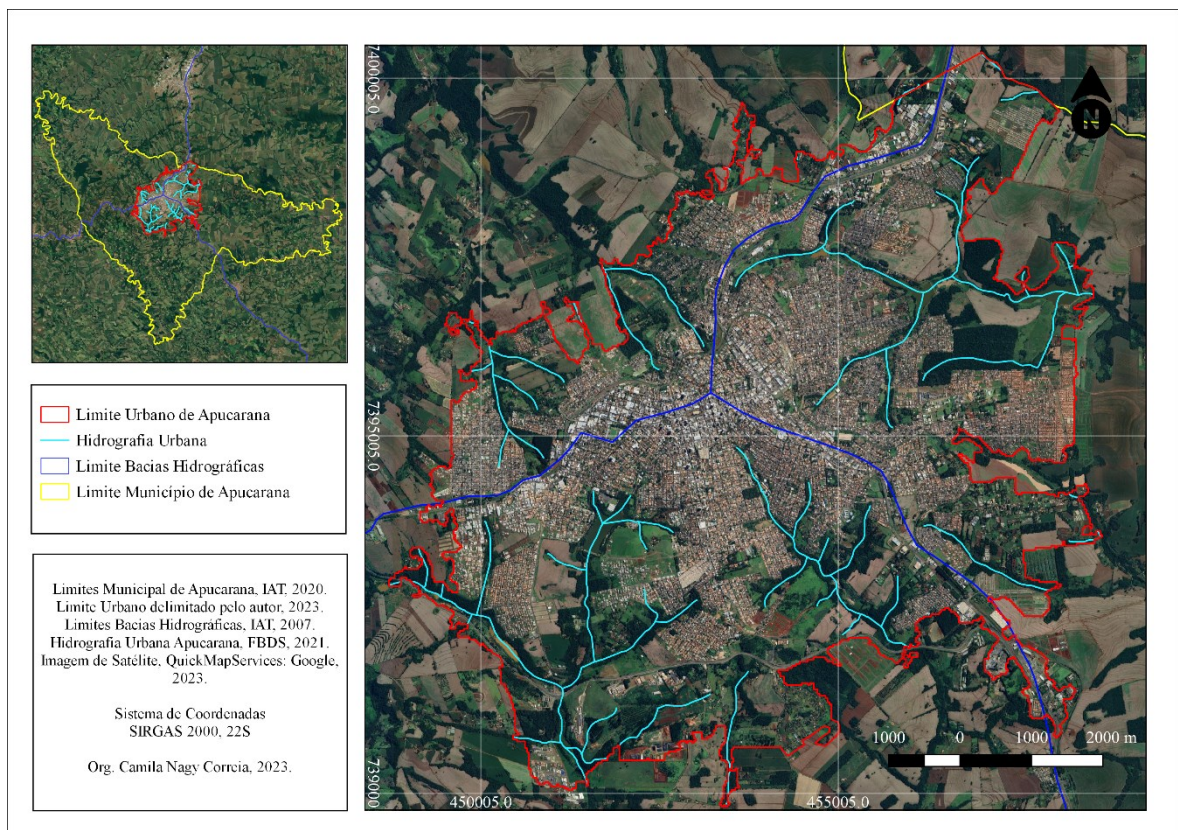
A cidade está estrategicamente posicionada no encontro de três importantes bacias hidrográficas: do Rio Pirapó, do Rio Tibagi e do Rio Ivaí (Figura 3). A Figura 4 representa a localização de Apucarana em relação às bacias hidrográficas, a delimitação da área urbana compreende a área de estudo e os limites urbanos com base na imagem de satélite do ano de 2023.

FIGURA 3 - Localização de Apucarana - PR em relação às Bacias Hidrográficas presentes no município



FONTE: Autoria própria (2023)

FIGURA 4 - Localização de Apucarana – PR com destaque para área urbana: Imagem de Satélite (2023)



FONTE: Autoria própria (2023)

A hipsometria de Apucarana desempenha um papel fundamental na dinâmica hidrográfica da região, influenciando a formação e o fluxo dos cursos d'água, bem como a disponibilidade e a gestão dos recursos hídricos na cidade. Esses aspectos são essenciais para a análise de crescimento e o desenvolvimento da cidade. O relevo apresenta uma variação significativa, com áreas planas intercaladas por regiões bastante acidentadas. Essa diversidade topográfica é reflexo das particularidades pedológicas, climáticas, hidrográficas e litológicas da região, desempenha um papel importante na determinação dos padrões de ocupação humana e uso da terra e sua análise.

Apucarana está localizada no terceiro planalto paranaense, a cobertura pedológica caracterizada por suas formações rochosas compostas principalmente de rochas basálticas. Quanto ao solo, a região é predominantemente composta por terra roxa, que apresenta uma coloração avermelhada devido à presença de minerais, resultado da decomposição das rochas areníticas-basálticas que existem na área. Além disso, também é possível encontrar outros tipos de solo na região, como solos litólicos, de coloração vermelho escuro, latossolos e podzóicos vermelho amarelados (DUTRA, TORRES, 2013).

A região é caracterizada por ter um clima tropical de altitude, com temperaturas amenas e alta umidade relativa do ar. Possui clima subtropical úmido, com verões quentes e invernos amenos. A temperatura média anual varia entre 20°C e 23°C, e as precipitações são distribuídas ao longo do ano, com maior intensidade nos meses de verão (SIMEPAR, 2023).

A cidade está em constante processo de expansão urbana, com a construção de novos bairros e loteamentos, o que tem gerado desafios em relação à infraestrutura e mobilidade urbana. A região central da cidade é densamente povoada e concentra a maior parte do comércio e dos serviços, enquanto as áreas periféricas apresentam uma predominância de residências. Com um constante crescimento, os estudos de avaliação se tornam cada vez mais importantes para o desenvolvimento sustentável das cidades.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa envolveu a aplicação de uma metodologia que se desdobrou em três fases distintas. Primeiramente foi necessário a produção dos materiais cartográficos, o que viabilizou a realização de uma análise, bem como o fornecimento de elementos visuais que contribuíram significativamente para uma compreensão ampliada das transformações ocorridas no que diz respeito à cobertura e ao uso do solo.

Em seguida, a partir dos produtos cartográficos confeccionados, procedeu-se à avaliação da dinâmica do uso do solo, bem como à identificação dos impactos originados pela pressão urbana sobre os corpos hídricos da região. Por fim, são apresentados os resultados provenientes das visitas *in loco*, delineando os principais impactos que se fazem presentes na área urbana.

5.1 MATERIAIS CARTOGRÁFICOS

5.1.1 Mapas de cobertura e uso do solo do município

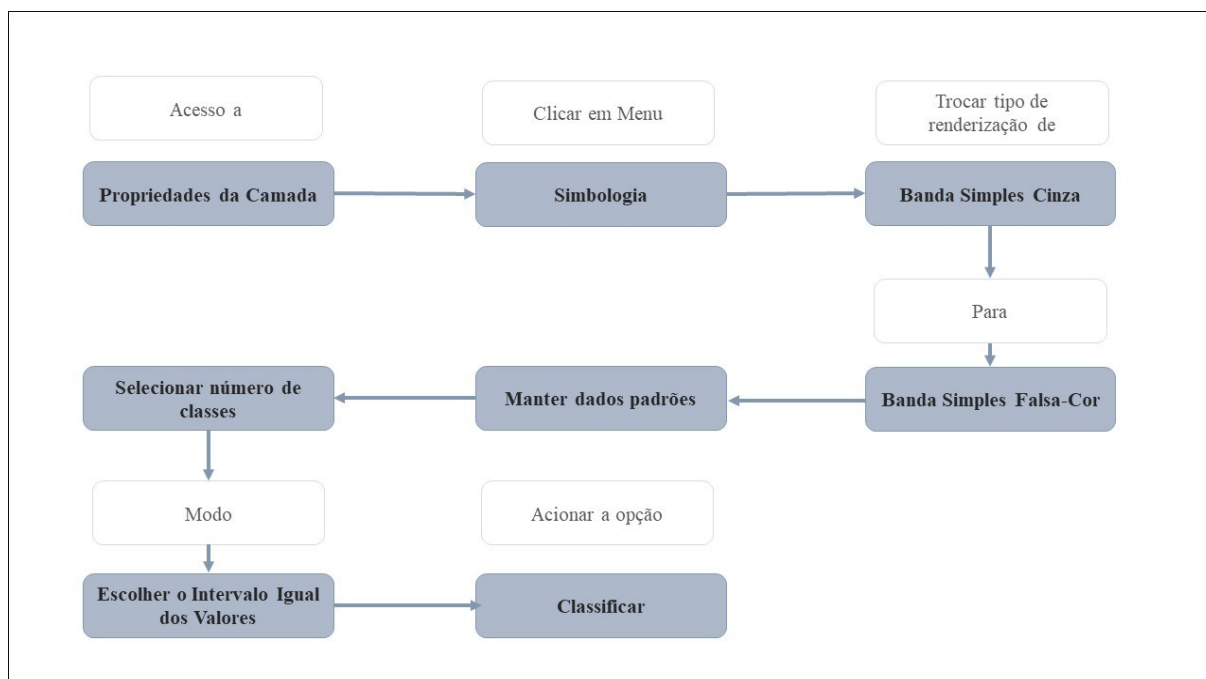
Para a elaboração do mapa de classificação do uso do solo do Município de Apucarana, foram coletadas as imagens correspondentes aos anos de 1985, 2000 e 2021 no site da plataforma MapBiomias (2023). Por se tratar de uma ferramenta de código aberto, o software QGIS foi utilizado na sua versão 3.10 para o tratamento das imagens e elaboração dos mapas.

Primeiramente foi necessário realizar o processo de renderização dos dados raster. A princípio as imagens selecionadas representavam todo o território nacional. Com a ferramenta “camada máscara” foi gerado o recorte do município de Apucarana, sobrepondo a camada vetorial e extraíndo apenas o recorte de interesse, a fim de facilitar o processamento dos dados. O processo foi realizado para as três imagens, referentes ao período definido.

Por meio do comando renderização, foi possível obter as classes de cobertura e uso do solo. As cores foram escolhidas conforme a recomendação de legendas do MapBiomias (2021), visto que o software Qgis as disponibiliza de maneira aleatória. Para isso foi necessário alterar a visualização do mapa na função de simbologia, de “Banda simples cinza” para “Banda simples falsa-cor”.

O fluxograma apresentado na Figura 5 indica o passo a passo para a elaboração dos mapas de cobertura e uso do solo com base nos dados do MapBiomias.

FIGURA 5 – Fluxograma de elaboração mapas de cobertura e uso do solo do município com base nos dados do MapBiomias



FONTE: Autoria própria (2023)

Ao finalizar a renderização referente às três imagens, foram elaborados os mapas por meio do modo compositor, fazendo a disposição em um mesmo *layout*, de modo a facilitar a comparação entre eles.

5.1.2 Mapa de expansão urbana

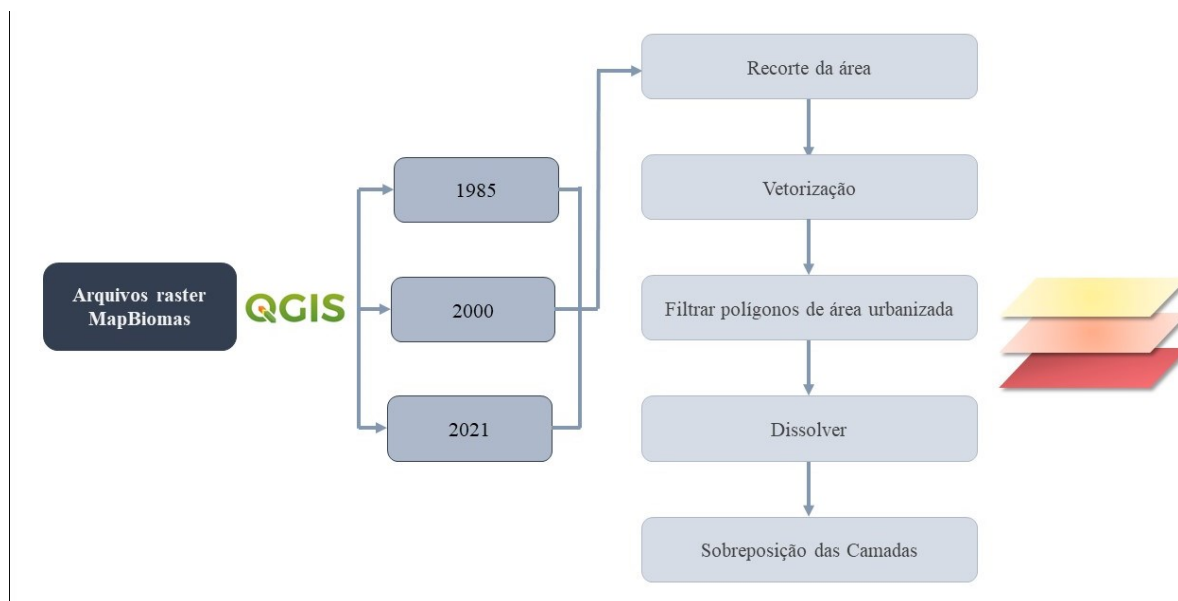
Para a confecção do mapa de expansão urbana, as imagens de satélite referentes aos anos de 1985, 2000 e 2021 foram obtidas a partir do MapBiomias (2023). Em seguida no software Qgis foram selecionados os arquivos raster recortados, referentes a área de estudo.

Posteriormente, foi necessário a conversão da camada raster em vetor, para isso utilizou-se a ferramenta de “poligonizar”. Feito isso, foi preciso filtrar a seleção apenas dos polígonos que representassem áreas urbanizadas, identificadas a partir da tabela de atributos. Em seguida, os polígonos foram agrupados por meio da ferramenta "dissolver", a fim de formar um único polígono representando a área urbanizada.

Esse processo foi repetido para as imagens correspondentes aos três anos em análise. Com o intuito de tornar a análise visualmente compreensível, foi elaborado um mapa temático no qual as três séries temporais das manchas urbanas foram representadas em camadas coloridas

distintas e sobrepostas. A Figura 6 apresenta o fluxograma de processos para a elaboração do mapa de expansão urbana.

FIGURA 6 - Fluxograma de elaboração do mapa de expansão urbana



FONTE: Autoria própria (2023)

Com as camadas dissolvidas é possível dimensionar a área total dos polígonos, podendo então quantificar a área territorial correspondente a cada período. A partir do mapa gerado, relacionando as áreas que sofreram expansão urbana com materiais de levantamento bibliográfico.

5.1.3 Mapa de classificação e uso do solo em área urbana

O conjunto de camadas que descrevem o uso e ocupação do solo foi extraído da base de dados do MapBiomias (2023). Após aquisição da imagem vetorizada conforme apresentado no tópico 5.1.1, foi realizado o recorte com a camada de máscara da área de estudo, indicando o perímetro urbano. O processo foi realizado para o período de 1985, 2000 e 2021.

O mapa foi realizado utilizando a classe de nível 2, conforme indicado no Quadro 1. Esse nível de classe apresenta legendas menos detalhadas em relação às classes de nível 4, indicadas no mapa de classificação e uso do solo do município, de modo a facilitar a análise.

Após a comparação dos mapas, a análise foi realizada com o auxílio de pesquisa bibliográfica, para identificar as principais alterações

5.1.4 Mapa de hipsometria e hidrografia

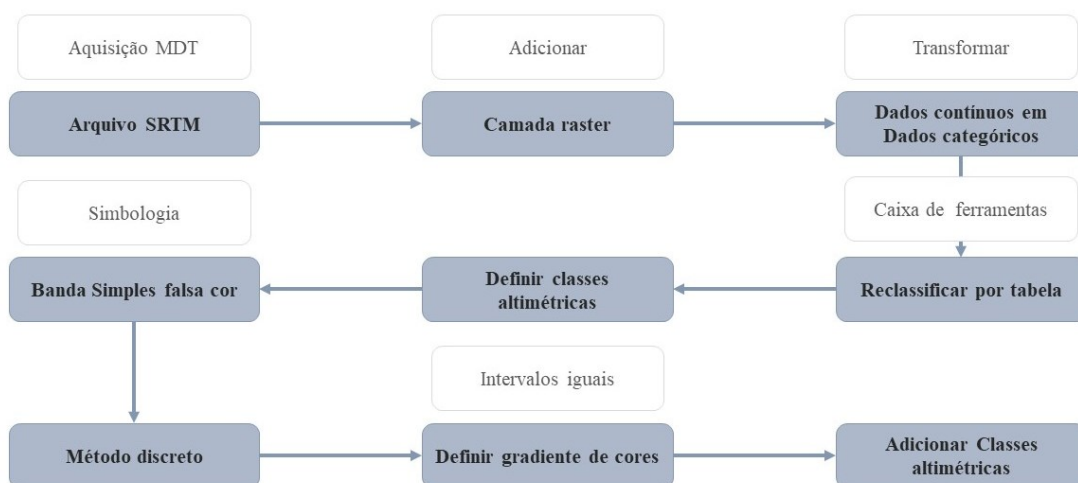
Para criação do mapa de hipsometria, foi necessário primeiramente adquirir arquivo de imagem de Modelo Digital do Terreno - MDT, obtida no formato *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM (Missão do Radar Shuttle). O MDT é um modelo matemático ou digital que representa a superfície terrestre com base em dados altimétricos, capaz de descrever a variação das altitudes em um terreno de forma precisa e detalhada.

O arquivo SRTM foi obtido com base no banco de dados geomorfométricos do Brasil disponibilizados pelo INPE (2008). Para a aquisição, verificou-se o quadrante referente a área de localização de Apucarana, correspondendo ao 23-525. Em seguida no software Qgis, após adicionada à camada raster do MDT, foi preciso realizar o recorte com base na camada da área urbana para processar os dados com maior facilidade. Assim foi obtido o MDT da área de estudo.

Posteriormente, foi preciso transformar o arquivo de dados contínuos para dados categóricos, utilizando a ferramenta de busca e reclassificação por tabela. Dessa forma, foi possível definir a escala de valores altimétricos, considerando o valor mínimo e o valor máximo.

Para melhor representação e categorização dos dados, é essencial definir o gradiente de cores por meio do método discreto, fazendo a edição dos rótulos com os valores altimétricos. O processo de elaboração da hipsometria é apresentado na Figura 7.

FIGURA 7 - Fluxograma de processo para elaboração do Mapa de hipsometria



FONTE: Autoria própria (2023)

Feito o mapa categorizado, para uma melhor compreensão do relevo foi utilizada uma camada auxiliar com um sombreado de aspecto 3D na transparência de 50%.

Em relação à hidrografia, a camada de cursos d'água foi obtida a partir do site do Instituto Água e Terra - IAT (2020). Por se tratar de um arquivo que corresponde ao estado do Paraná inteiro, foi preciso realizar o recorte da área de estudo. Em seguida, a camada foi sobreposta a hipsometria, gerando assim o mapa de hipsometria e hidrografia da área urbana.

5.2 ANÁLISE E DINÂMICA DO USO DO SOLO NA ÁREA URBANA

Para uma análise aprofundada das principais mudanças na área de estudo, optou-se por uma abordagem multidisciplinar, que englobou a realização de pesquisa bibliográfica, abrangendo artigos científicos, trabalhos acadêmicos e fontes de notícias pertinentes. Com a criação de mapas detalhados que representam a cobertura e o uso do solo tanto do município quanto da área urbana, com foco nas classes relevantes, foi possível efetuar uma comparação visual entre esses registros cartográficos. Isso proporcionou uma identificação das áreas que experimentaram um crescimento territorial mais acentuado, assim como outras alterações significativas que contribuem para a compreensão da transformação da cobertura e do uso do solo na região.

A seleção das áreas de interesse considerou a escolha de locais em proximidade com corpos d'água ou áreas de nascente. Essa escolha foi embasada não somente na pesquisa bibliográfica, mas também no conhecimento prévio da região. Na Figura 8 são destacadas as Seções Amostrais selecionadas para examinar a dinâmica do uso do solo e os efeitos resultantes sobre os corpos hídricos, em busca de evidências. Essa seleção proporciona uma percepção sobre a relação entre a localização dos corpos d'água e o processo de urbanização, permitindo uma análise concomitante. O Quadro 2 apresenta as informações relativas aos locais selecionados.

QUADRO 2 - Localização das Seções Amostrais para os registros fotográficos

Seção	Descrição	Localização Aproximada	Coordenadas
Seção Amostral 1	Parque da Raposa	Rua Yoshinori Fukushima	-23.53776 ; -51.40807
Seção Amostral 2	Lago Schmidt	Avenida Rafael Sorpile	-23.535295, -51.428158
Seção Amostral 3	Ribeirão Biguaçu	Rua João Luis Orlando	-23.559665, -51.452957
Seção Amostral 4	Praça dos 70 anos	Rua Urânio, 32	-23.561282, -51.469059
Seção Amostral 5	Parque do Jaboti	Avenida Jaboti, 614 -1016	-23.567513 -51.472220
Seção Amostral 6	Nascente do Pirapó	Avenida Dr. Munhoz da Rocha, 1891	-23.548915, -51.454838

FIGURA 8 – Seções Amostrais para visita *in loco*

FONTE: Autoria própria (2023)

Complementando essa metodologia, realizaram-se visitas presenciais *in loco* com o propósito de realizar registros fotográficos para documentar as problemáticas decorrentes do processo de urbanização. Essa abordagem de campo possibilitou uma observação direta dos principais impactos decorrentes da pressão urbana, tornando tangíveis os efeitos da urbanização sobre as áreas em análise, fornecendo uma visão geral para a identificação das zonas mais suscetíveis aos impactos urbanos nos corpos hídricos.

As informações delineadas no Quadro 2 destacam a principal localização da região selecionada, uma vez que em um mesmo local, múltiplas fotografias foram documentadas. Por essa razão, foi considerada somente a referência à localização, excluindo as coordenadas individuais de cada fotografia registrada.

Embora à primeira vista, a seção 6 não revele proximidade com um corpo d'água, como será esclarecido adiante, ele engloba uma nascente que se encontra soterrada na região. A camada hidrográfica empregada para a elaboração dos mapas é a da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS, datada do ano de 2021. A localização específica da nascente não foi incorporada à da camada, dessa forma essa parte da hidrografia não é representada no mapa da Figura 8.

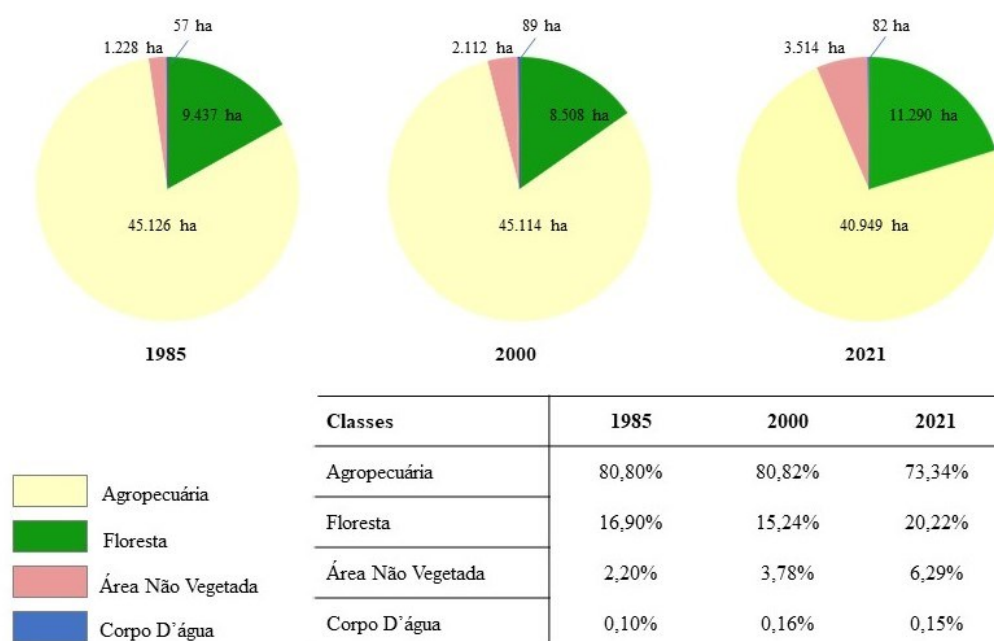
Sendo assim, foi necessário a criação de um mapa específico para a Seção Amostrai 6, a fim de representar o trajeto do curso d'água, desde a nascente até o ponto de encontro com o rio retratado na camada FBDS. A metodologia empregada envolveu a extração das curvas de nível do arquivo SRTM, utilizando a ferramenta de contorno. Em sequência, valendo-se da imagem de satélite, procedeu-se à delimitação manual do percurso da água em questão, traçando a linha que conecta a nascente à camada FBDS.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 COBERTURA E USO DO SOLO NO MUNICÍPIO

Os dados de cobertura e uso do solo do município foram obtidos com base na disponibilidade de dados do MapBiomas. Conforme já indicado no Quadro 1 anteriormente, as classes de nível 1 apresentadas consistem em: Agropecuária, área não vegetada, floresta e corpo d'água. A Figura 9 representa uma quantificação com base nestas classes nos anos de 1985, 2000 e 2021.

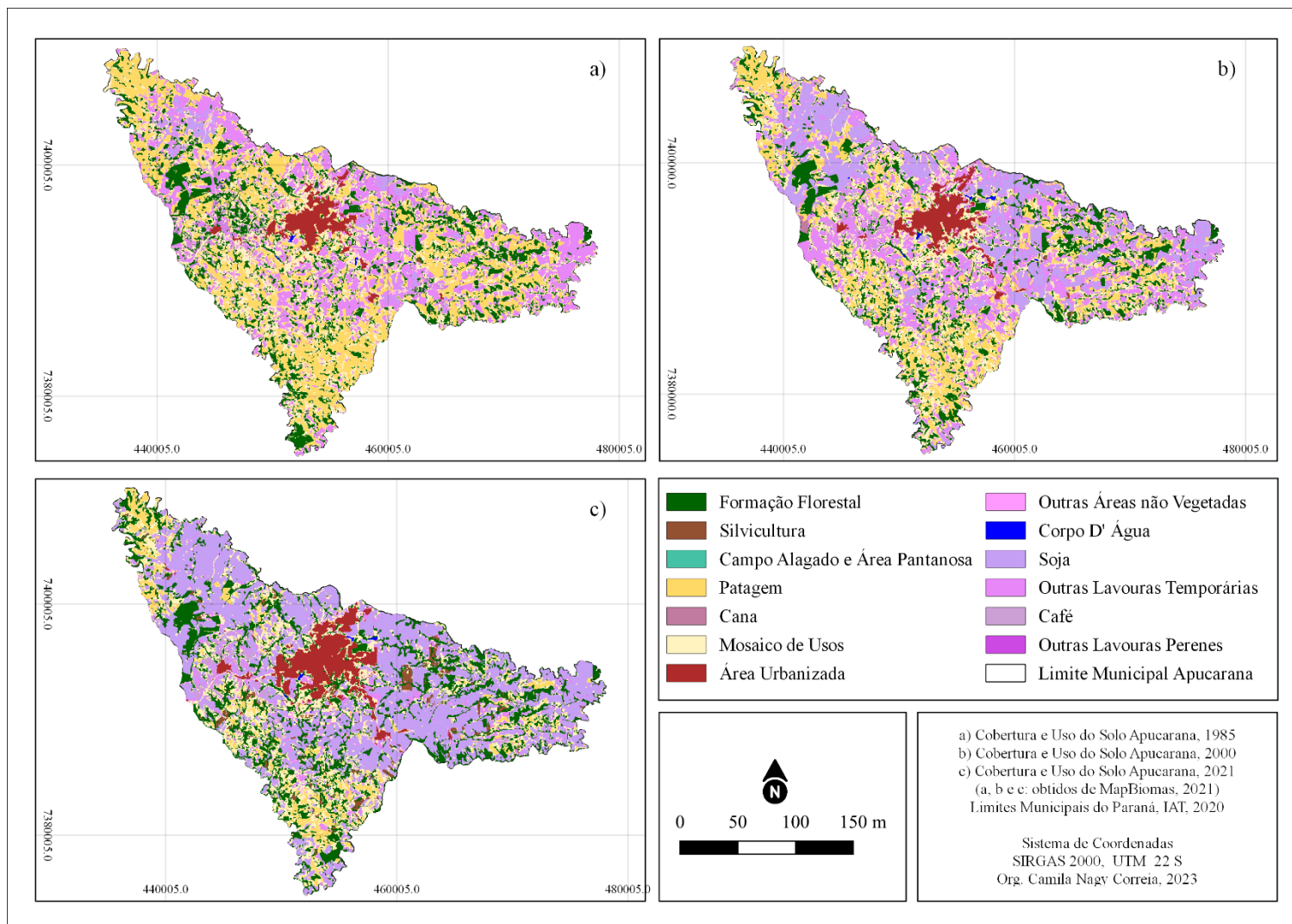
FIGURA 9 - Cobertura e uso do solo em Apucarana: principais classes a partir dos dados do MapBiomas (2021)



FONTE: Autoria própria (2023)

Para melhor análise da transformação do uso do solo no município, são indicadas as classes de nível 4, estabelecidas na legenda dos mapas indicados na Figura 10. As subclasses são indicadas pelo MapBiomas e representam detalhadamente a variedade de usos do solo presente em cada nível principal, sobretudo a classe de agropecuária.

FIGURA 10 – Transformação da Cobertura do Solo no Município de Apucarana: 1985, 2000 e 2021



FONTE: Autoria própria (2023)

A quantificação dos dados em hectares é apresentada na Tabela 1, indicando a transformação ao longo de 36 anos.

TABELA 1- Quantificação da Cobertura do Solo em Apucarana

Classe	1985		2000		2021	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Formação Florestal	9.436,93	16,89	8.507,62	15,23	11.289,85	20,23
Campo Alagado e Área Pantanosa	-	-	-	-	0,74	0,00*
Pastagem	15.613,04	27,98	9.862,73	17,66	3.544,43	6,35
Soja	2.556,50	4,58	9.460,75	16,94	21.203,16	37,97
Cana	-	-	75,88	0,13	6,16	0,01
Outras Lavouras Temporárias	11.022,97	19,73	12.454,98	22,31	2.789,16	5,00
Café	1.453,00	2,60	956,76	1,71	980,08	1,76
Outras Lavouras Perenes	0,25	0,00*	0,57	0,00*	0,66	0,00*
Silvicultura	46,56	0,08	64,53	0,12	1.116,28	2,00
Mosaico de Usos	14.421,26	25,83	12.250,22	21,94	11.308,88	20,25
Área Urbanizada	970,70	1,74	2.064,36	3,70	3.311,72	5,93
Outras Áreas não vegetadas	256,95	0,46	47,63	0,09	202,08	0,36
Corpo D'água	57,32	0,10	89,43	0,16	82,29	0,14
Área total (há)	55.835,48	100,00	55.835,48	100,00	55.835,48	100,00

LEGENDA: (*)Indica resultados inferiores a 0,000% , difícil de serem analisados;

(-)Indica que não houve presença da classe do solo durante o período

A Formação Florestal passou por transformações consideráveis no município. O desmatamento na década de 90 foi um problema ambiental significativo, pois durante esse período a região, assim como muitos municípios brasileiros, enfrentou uma crescente taxa de desflorestamento (SOSMA, INPE, 2019).

O desmatamento em Apucarana foi impulsionado por vários fatores, como a expansão agrícola, exploração madeireira e o crescimento urbano. A abertura de áreas para a agricultura e pecuária extensiva foi uma das principais razões por trás do desmatamento, já que a demanda por terras agrícolas aumentou significativamente na época (BALDISSERRA, 2003). A exploração madeireira ilegal também foi um problema relevante no final da década de 90. A extração de madeira era feita sem um manejo adequado, levando ao desmatamento indiscriminado e à degradação das florestas nativas da região (IBAMA, 1998; FILHO, 2020; FILHO, 2020).

O crescimento urbano acelerado também teve um impacto significativo no desmatamento em Apucarana. Com o aumento da população e a expansão das áreas urbanas,

houve a necessidade de infraestrutura e construção civil, o que resultou na remoção de áreas verdes e vegetação nativa para dar lugar a edifícios, estradas e outras estruturas.

Na década seguinte, houve um aumento da conscientização ambiental em relação ao desmatamento e seus impactos negativos, ganhando visibilidade principalmente com a Lei Nacional da Mata Atlântica nº 11.428/2006, no qual foram estabelecidas diretrizes para proteção, conservação, recuperação e uso sustentável do Bioma (BRASIL, 2006). Essa política afetou diversos municípios brasileiros, inclusive Apucarana.

Várias organizações não governamentais e órgãos governamentais começaram a implementar políticas de conservação e medidas de proteção ambiental mais efetivas, visando combater o desmatamento e promover o uso sustentável dos recursos naturais (IBAMA, 1998; BALDISSERRA, 2003). Os reflexos dessa conscientização já podem ser observados nos anos seguintes. As medidas continuaram com o passar dos anos, pois mediante os desafios relacionados à degradação dos recursos naturais, desmatamento, fragmentação de ecossistemas e a perda de biodiversidade em Apucarana adotou a política de reflorestamento, e partir de 2010 passou a receber maior atenção e investimentos para a conservação e recuperação, a fim de promover a sustentabilidade ambiental na região.

Com cerca de 15,23% de área florestal no ano de 2000, as novas políticas implementadas resultaram em uma área florestal de cerca de 20,22% em 2021, apresentando um crescimento de 2.782,23 hectares de área recuperada, com 4,98% de aumento em um período de 21 anos.

Uma das principais iniciativas foi a criação de programas de incentivo ao plantio de árvores nativas. Por meio de parcerias entre o governo municipal, instituições de pesquisa e organizações não governamentais, foram disponibilizadas mudas e recursos financeiros para proprietários rurais e urbanos interessados em participar do reflorestamento. Esses programas buscaram não apenas recompor áreas desmatadas, mas também fortalecer a conexão entre fragmentos de vegetação nativa, criando corredores (APUCARANA, 2020; SEMA, 2020).

Durante os anos 2000, a cidade de Apucarana enfrentou diferenças na presença dos corpos d'água em seu território, a região experimentou um aumento substancial dos níveis de água em seus rios e represas ao longo da década. Esse fenômeno foi atribuído principalmente a fatores climáticos, como chuvas intensas e mudanças nos padrões pluviométricos (IAP, 2008). As chuvas acima da média resultaram no acúmulo de água em corpos hídricos, causando impactos diretos, como campos alagados e áreas pantanosas. Estes correspondem a 0,74 hectares presentes no ano de 2021. Mesmo que não tão significativos, visto que não indica um

percentual relevante que seja possível analisar, está presente entre as classes que aparecem em 2021 não observadas anteriormente.

A alternância de 57,32 hectares no ano de 1985 para 89,43 ha dos corpos d'água em 2000 pode ser justificada pela cheia das chuvas, causando a cheia dos rios, e melhor visualização nas imagens de satélite para a realização da classificação de uso do solo. A diminuição para 82,29 ha em 2021 pode ser explicada pela baixa dos rios, causada pelo processo de estiagem, um evento natural caracterizado pela diminuição significativa da precipitação pluviométrica durante um determinado período, levando à escassez de água no solo e em corpos d'água. Isso dificulta a visualização dos corpos aquáticos por imagem de satélite. A presença dos rios intermitentes que podem variar ao longo do ano e em diferentes regiões, dependendo das condições climáticas e dos padrões de precipitação também podem impactar nessa visualização.

Outro fator a ser considerado para a modificação dos corpos d'água na cidade, é o impacto das ações humanas. O crescimento urbano desordenado e a ocupação inadequada das áreas próximas a rios e nascentes podem ter comprometido a capacidade de absorção do solo e aumentando o escoamento superficial. Para lidar com os desafios decorrentes desse aumento de corpo d'água, a cidade de Apucarana adotou medidas de prevenção e mitigação. Investimentos foram feitos em sistemas de drenagem mais eficientes, como a construção de canais de escoamento e a melhoria da infraestrutura de combate a enchentes (APUCARANA, 2007; APUCARANA, 2022).

Em relação à agropecuária e suas subclasses, nota-se a grande transformação ao longo dos anos. A classificação "Pastagem" consiste em áreas de pastagem predominantemente plantadas, vinculadas à atividade agropecuária, no município, e diminuiu significativamente dando lugar às lavouras. Com aproximadamente 27,98% de área destinada à pastagem no ano de 1985, caiu para 17,66% em 2000, diminuindo ainda mais significativamente para 6,35% no ano de 2021. Essa queda de 21,63% no período de 36 anos é justificada principalmente pelo aumento nas plantações de cana e soja.

A plantação de soja em Apucarana teve um crescimento expressivo nas últimas décadas, de 2.556,5ha em 1985, para 21.203,16ha em 2021, correspondendo a um crescimento de aproximadamente 728,77% entre 1985 e 2021. Impulsionado pelo aumento da demanda global por commodities agrícolas, esse aumento expressivo pode ser atribuído principalmente ao avanço da tecnologia agrícola, que permitiu o aumento da produtividade e da eficiência na produção. Apucarana destaca-se como um importante polo produtor de soja na região norte do

Paraná, se destacando como um dos principais produtores de soja do estado (SEAB/DERAL,2019).

O aumento na plantação de soja segue a mesma tendência dos municípios do norte paranaense, visto que é uma cultura rentável e de alta demanda no mercado global. A soja se estabeleceu com sucesso no estado do Paraná devido a uma combinação de fatores favoráveis como: condições climáticas adequadas, avanços tecnológicos na agricultura, disponibilidade de terras agricultáveis e investimentos em pesquisa e desenvolvimento agrícola (CONAB, 2020).

A expansão da plantação de soja em Apucarana também trouxe impactos econômicos positivos para a região, gerando empregos e renda para os produtores locais. No entanto, é importante ressaltar que esse crescimento também pode trazer impactos ambientais negativos, como o desmatamento de áreas naturais e a contaminação do solo e da água por agrotóxicos.

Em relação à cana no estado do Paraná, essa cultura passou por transformações significativas, tanto em termos de área cultivada quanto de produção. A cana é uma cultura de grande importância econômica para o estado, sendo utilizada principalmente na produção de açúcar, etanol e outros produtos derivados. É plantada em ciclos que podem durar de 4 a 6 anos antes de serem renovados. Durante o período de plantio, é necessário a adoção de algumas medidas como o preparo do solo, o plantio das mudas, a adubação e o controle de pragas e doenças (SEAB/DERAL, 2013).

Esse aumento foi impulsionado principalmente pelo crescimento do setor sucroenergético e pela demanda crescente por biocombustíveis, como o etanol. Por possuir condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo da cana com solos adequados, regime de chuvas satisfatório e tecnologias avançadas de produção agrícola, a expansão da plantação de cana foi impulsionada por investimentos em tecnologia e pesquisa agrícola, que visam aumentar a produtividade e a eficiência do cultivo (SEAB/DERAL, 2013; FERREIRA, et. al, 2017).

O plantio de cana não apresentou uma transformação significativa em Apucarana no período estudado, por se caracterizar como uma lavoura perene, a variação da cobertura vegetal pode sofrer mudanças de acordo com o período de coleta das informações. Na coleta de 1985 não foi identificada, já no ano de 2000, aparece como 0,13% de cobertura vegetal no município, enquanto em 2021 sofreu uma queda considerável, apresentando apenas 0,01% aproximadamente.

Até a década de 1970, o Paraná era um dos principais produtores de café do país, com destaque para a região norte do estado, onde se concentrava a maior parte da produção. No entanto, a partir da década de 1980, a cafeicultura paranaense foi afetada por diferentes fatores,

como problemas fitossanitários, crises de mercado, queda de preços e desafios climáticos (CARVALHO, 2008).

A principal dificuldade enfrentada foi a incidência da geada de 1975, que causou sérios danos às lavouras de café no Paraná. A geada afetou significativamente a produção, resultando na perda de muitas áreas de cultivo e reduzindo a capacidade produtiva do estado. Como resultado desses desafios, muitos produtores paranaenses optaram por diversificar suas atividades agrícolas, buscando culturas alternativas que fossem mais rentáveis e menos suscetíveis a problemas climáticos e fitossanitários. A área cultivada com café no estado diminuiu consideravelmente, e a produção paranaense perdeu espaço no mercado nacional (PEREIRA, 2002; CARVALHO, 2008).

A cultura do café foi introduzida em Apucarana no início da década de 1950, sua produção teve um papel importante no desenvolvimento econômico da região, atraindo muitos agricultores e investimentos em infraestrutura. O café se tornou uma das principais atividades econômicas de Apucarana e contribuiu significativamente para a expansão do município. No entanto, com a queda nos preços internacionais e a falta de políticas governamentais de incentivo levaram muitos produtores a abandonarem a cultura. Em 1985 a plantação de café já havia diminuído consideravelmente, correspondendo a aproximadamente 2,60% em área plantada, enquanto em 2021 chegou a apresentar 1,76%, dando lugar a outras culturas.

A silvicultura no Paraná experimentou um crescimento significativo nas últimas décadas. A expansão das plantações florestais tem sido impulsionada pela demanda crescente por produtos florestais, como a madeira para construção civil, a celulose para a indústria de papel e a biomassa para a geração de energia. Desempenhando também um papel importante na conservação ambiental. O plantio de árvores contribui para a fixação de carbono, a preservação da biodiversidade e a proteção do solo e dos recursos hídricos (IPARDES, 2019; IBGE, 2020).

Apucarana seguiu essa tendência de aumento da silvicultura, apresentando um crescimento de cerca de 1,92% no período de estudo. A rápida taxa de crescimento do pinus e a sua adaptabilidade às condições de solo e clima da região tornaram-no uma opção viável para a silvicultura em Apucarana.

O mosaico de usos do solo em Apucarana refere-se à diversidade de diferentes tipos de uso e ocupação do solo encontrados na região, apresentando uma combinação de atividades agrícolas, urbanas, industriais e áreas naturais. É apresentado por áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura, podendo incluir áreas de cultivos, pastagens de inverno ou de verão, de horticultura, áreas de descanso entre safras agrícolas, e

áreas de vegetação urbana, incluindo vegetação cultivada, vegetação natural, florestal e não-florestal.

O cultivo de milho e trigo não aparecem na coleta de informações, mas são culturas presentes na região e ajudam na formação de um mosaico complexo e interligado. A classe de mosaico de usos do solo indica uma alteração correspondente a queda de 25,85% em 1985 para 21,94% em 2000, até chegar a 20,25% em 2021, resultando em uma diminuição total de 5,6% no período de 36 anos.

As lavouras temporárias são cultivos que precisam ser plantados e colhidos a cada ciclo agrícola. Requerem preparo do solo, plantio, cuidados e colheita em cada temporada. Alguns exemplos são: milho, trigo, aveia e feijão (EMBRAPA, 2019). Em Apucarana, assim como em outras regiões do estado do Paraná, as lavouras temporárias desempenham um papel importante na economia agrícola local. A região é conhecida pela produção de diversas culturas, como soja, milho, trigo, feijão, batata e hortaliças, entre outras (APUCARANA, 2017).

A diversificação das lavouras temporárias contribui para a estabilidade econômica dos agricultores, reduzindo os riscos associados a flutuações de preços e condições climáticas. Em Apucarana, essa classe de nível sofreu transformação principalmente pelo aumento da produção de soja na região, representada pela diminuição de cerca de 14,73% no período estudado.

As lavouras perenes são cultivos que persistem por vários anos, sem a necessidade de replantio anual. Com a capacidade de sobreviver e produzir colheitas por longos períodos, permitem uma maior estabilidade na produção agrícola. Além do café e da cana, alguns exemplos presentes na região correspondem a: uvas, citrus, árvores frutíferas e araucárias (IBGE, 2017; APUCARANA, 2017). Na Tabela 1 é apresentado como 0,00% no período de 2000 a 2021 por não possuírem valores significativos, mas ainda sim estão presentes. Em 1985 apresentou um valor de 0,000448%, já em 2000 apresentou 0,0010%, e em 2021 aproximadamente 0,001183%.

A diversificação das lavouras perenes em Apucarana permite aos agricultores aproveitarem diferentes nichos de mercado, atendendo à demanda por produtos específicos, tanto no mercado interno quanto no externo.

A classe de Outras Áreas Não Vegetadas, representa regiões onde não foi possível identificar vegetação, ou construção. Apresentam pouca diferença no período de estudo, correspondendo a apenas 0,10 na sua diminuição. São indicadas principalmente como áreas não permeáveis e solo exposto, presentes no mosaico de uso do solo como um todo.

Conforme apresentado anteriormente, a partir dos anos 80, Apucarana experimentou um significativo processo de urbanização, o que resulta em um aumento da área urbanizada.

Esse crescimento foi impulsionado pelo desenvolvimento econômico, demográfico e pela expansão das atividades industriais e comerciais na região (IPARDES, 2019; APUCARANA, 2023). Desde então, Apucarana passou por um processo de urbanização acelerado, com a expansão das áreas residenciais, comerciais e industriais. A cidade experimentou um aumento da população e, conseqüentemente, uma maior demanda por infraestrutura urbana, como moradias, escolas, hospitais, vias de transporte e serviços públicos.

No período estudado, esse aumento corresponde a aproximadamente 4,19%. Vale ressaltar que o crescimento foi gradativo ao longo dos anos, com apenas 1,74% de área urbanizada construída no ano de 1985, aumentou para 3,70% em 2000, chegando a 5,93% no ano de 2021.

O aumento da área urbanizada é decorrente do aumento populacional, que teve valores significativos durante seu processo de crescimento e expansão. A seguir são apresentados dados mais detalhados sobre o desenvolvimento do município, com principal destaque para a área urbana.

6.2 CRESCIMENTO POPULACIONAL E EXPANSÃO URBANA

A partir da década de 1950 o crescimento populacional de Apucarana teve um aumento significativo, seguindo a tendência de muitas cidades brasileiras. A cidade começou a atrair investimentos e indústrias, o que resultou em um aumento substancial na oferta de empregos. Isso levou a um fluxo migratório de pessoas vindas de áreas rurais e de outras regiões do Brasil, em busca de melhores oportunidades de trabalho e qualidade de vida.

Na década de 1970, com a transição econômica de Apucarana da agricultura do café para a indústria, as primeiras fábricas de bonés foram estabelecidas na cidade. Já na década de 1980, o desenvolvimento econômico de Apucarana encontrou sustentação principalmente na indústria alimentar e de couro. Simultaneamente, a indústria de bonés começou a emergir como uma importante fonte de empregos no município. No entanto, foi na década de 1990 que a indústria de bonés experimentou um crescimento significativo (SOATO, 2009).

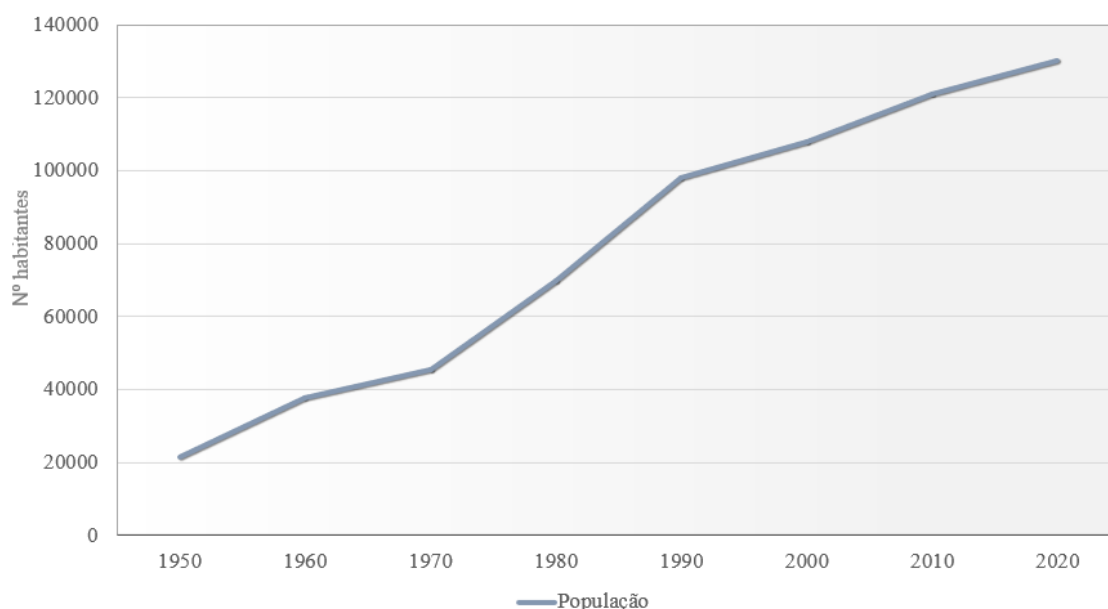
O destaque da cidade como polo industrial, atraiu trabalhadores de outras regiões e impulsionou ainda mais o crescimento populacional. A população local cresceu de 21.648 habitantes em 1950 para 130.134 habitantes em 2020, um aumento de mais de 501,1% em um período de aproximadamente 70 anos (IBGE, 2023).

TABELA 2 – População do município de Apucarana (1950-2020)

Ano	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
População	21.648	37.862	45.620	69.671	97.900	107.827	120.919	130.134
% de aumento	-	74,89	110,73	221,83	352,23	398,09	458,56	501,1

A partir da década de 1990, o crescimento populacional de Apucarana passou a ser mais lento em comparação com as décadas anteriores, conforme indicado na Figura 11. Esse crescimento mais moderado pode ser atribuído a diversos fatores, como a estabilização da economia, a redução da taxa de natalidade e a migração de parte da população para outras regiões. No entanto, apesar do ritmo mais lento, Apucarana ainda se mantém como uma das principais cidades do Norte do Paraná em termos populacionais e econômicos (IBGE, 2023).

FIGURA 11 – Crescimento Populacional de Apucarana 1950 a 2020



FONTE: Autoria própria (2023)

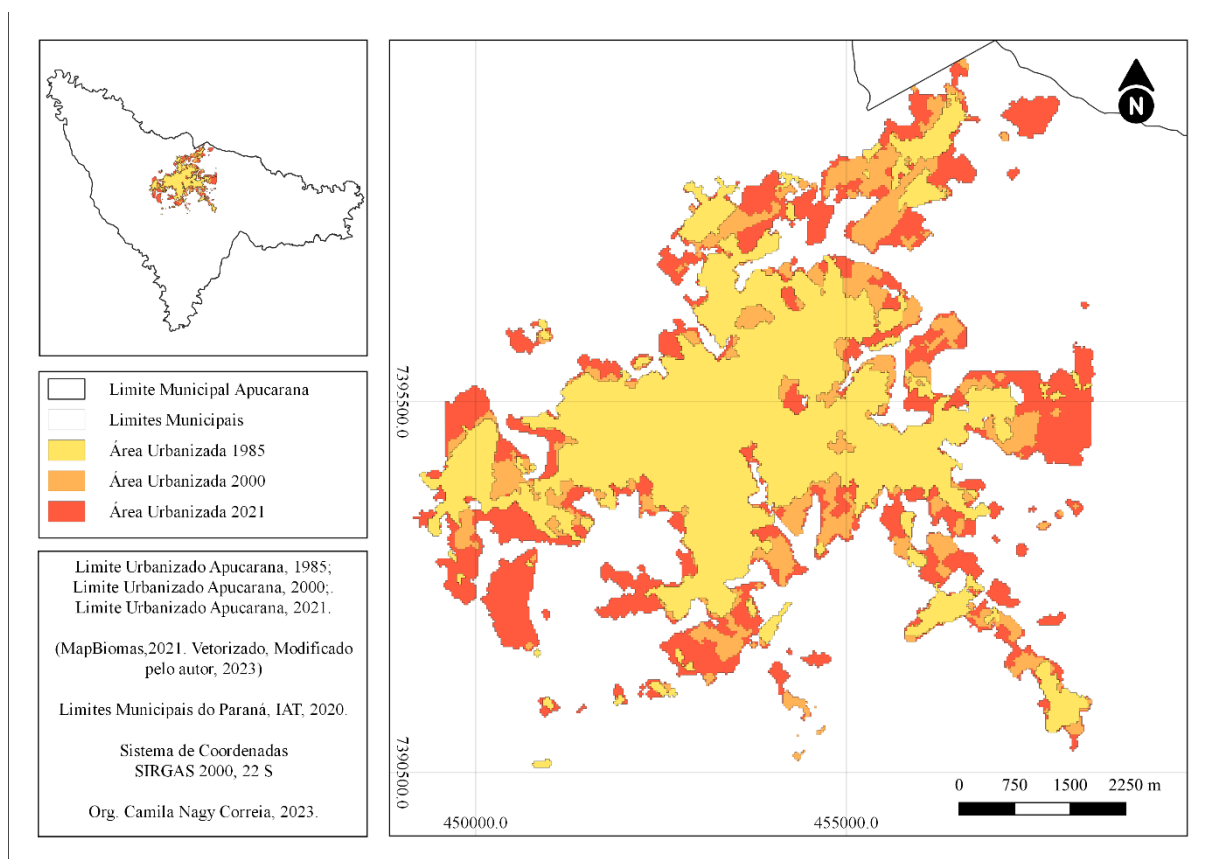
O aumento populacional em Apucarana está relacionado a diversos fatores, como: melhoria na qualidade de vida, crescimento econômico e geração de empregos. Esse crescimento populacional, no entanto, traz desafios para a gestão pública, como a necessidade de se planejar e estruturar serviços básicos como saúde, educação, transporte, habitação, entre outros. Também é preciso buscar soluções para minimizar os impactos ambientais causados pelo aumento da urbanização, já que essas consequências refletem na expansão urbana da

cidade, que passou por diversas transformações ao longo dos anos para acomodar o aumento da população.

A expansão urbana acelerada resultou em um aumento da demanda por moradia, levando a um adensamento em algumas áreas e à ocupação desordenada do espaço. O crescimento populacional descontrolado contribuiu para a ocupação de áreas de risco, como encostas íngremes e margens de rios, aumentando a vulnerabilidade a desastres naturais, como enchentes e deslizamentos de terra.

O processo de expansão junto a pressão urbana afetou o uso do solo e o meio ambiente em Apucarana. Como visto na Figura 10, a área urbanizada passou por um crescimento contínuo, gerando transformações na cobertura do solo. A Figura 12 apresenta como se deu o processo de expansão territorial urbana considerando o período de 1985, 2000 e 2021.

FIGURA 12 - Mapa de expansão urbana de Apucarana: 1985, 2000 e 2021



FONTE: Autoria própria (2023)

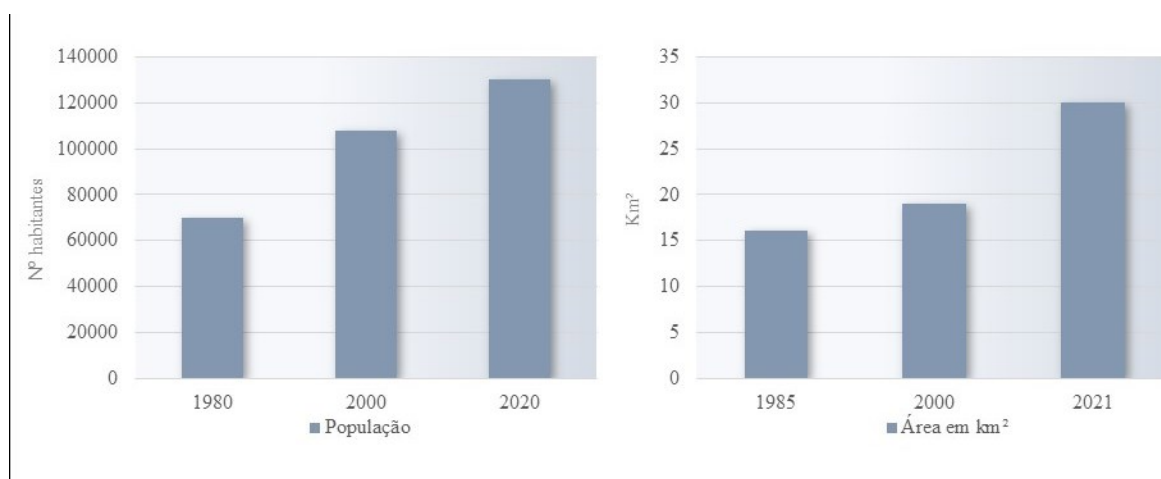
A área representada pela cor amarela, indica a região urbanizada correspondente ao ano de 1985, um período em que Apucarana já possuía um território considerável, correspondendo a 16,04 km². Na cor laranja é apresentado a área urbanizada referente ao ano

de 2000, com um aumento de aproximadamente 15,91 % em relação ao período anterior, apresentando uma área de 19,07 km². Em vermelho é apresentado a área urbanizada do ano de 2021, indicando uma área total de 29,96 km² com um aumento aproximado de 36,31% em relação ao período anterior.

Dessa forma é possível analisar um aumento de 44,9 % se comparado o período correspondente de 1985 a 2021. Vale ressaltar que a área considerada urbanizada pelo MapBiomas, consiste em uma análise de área construída, o que por vezes não considera regiões de parques e vegetação presentes na cidade. De todo modo é muito perceptível o quanto a cidade apresentou um crescimento urbano em toda sua extensão, norte, sul, leste e oeste.

O crescimento populacional apresenta um crescimento constante ao longo das décadas, acompanhado desse processo, ocorre a expansão territorial urbana. A Figura 13 apresenta dois gráficos que mostram como o aumento foi gradual para as duas situações. O primeiro indica as informações relativas à população, com dados obtidos a partir dos censos demográficos do IBGE (2023), correspondendo aos períodos aproximados na análise da expansão urbana. O segundo gráfico apresenta informações em km² obtidos a partir da delimitação vetorizada do MapBiomas correspondente à área urbanizada, equivalente ao período de estudo.

FIGURA 13 – Gráficos de aumento populacional e expansão urbana em Apucarana



FONTE: Autoria própria (2023)

Vale ressaltar que os dados relativos à população, correspondem a todo o município de Apucarana, visto que os dados foram obtidos a partir de censos demográficos, que correspondem a área total de cada município. O crescimento populacional e a expansão territorial em Apucarana estão intrinsecamente ligadas ao desenvolvimento urbano e ao

processo de urbanização. O crescimento populacional gera um aumento na demanda por áreas urbanas para acomodar essa população em expansão.

Com isso, além da expansão horizontal, ocorre a expansão vertical. Até o final de 2014, as opções de construção de edifícios em Apucarana eram bastante limitadas. No entanto, a partir de 2015, com a entrada em vigor do novo Plano Diretor de Desenvolvimento, essa realidade mudou significativamente. A nova legislação trouxe atualizações nas regras relacionadas a desenvolvimento, zoneamento, perímetro urbano, uso e ocupação do solo, parcelamento do solo, edificações e sistema viário. Isso possibilitou uma série de benefícios, incluindo a expansão das áreas onde a construção de prédios passou a ser permitida (APUCARANA, 2018).

A cidade possui edifícios, mas sua presença não é tão marcante quanto em Londrina, uma cidade vizinha conhecida por sua vista panorâmica repleta de prédios. A expansão vertical em Apucarana começou com a mudança na legislação, resultando no aumento gradual da quantidade de edifícios em construção.

Apesar dos incentivos para verticalização na cidade, como apresentado na Figura 12, o principal destaque de crescimento urbana apresenta a expansão horizontal, em direção às áreas periféricas, resultando em novos bairros, loteamentos e urbanização de áreas antes rurais. A seguir é apresentado a análise realizada a partir dos dados de cobertura e uso do solo na área urbana de Apucarana e as principais transformações ocorridas no período estudado.

4.3 COBERTURA E USO DO USO DO SOLO NA ÁREA URBANA

Os dados de cobertura e uso do solo da área urbana foram obtidos com base na vetorização dos dados do MapBiomas. Os mapas apresentam a classificação nível 2, conforme já indicado no Quadro 1 anteriormente. Na Tabela 3 são indicados os dados que foram obtidos em relação à área de estudo.

Com os dados obtidos é possível compreender as principais alterações em relação à quantificação em área total. A área urbana segue a mesma tendência apresentada no mapa de cobertura do solo do Município (Figura 10), correspondendo ao aumento da área urbanizada e a diminuição da área de pastagem junto à agricultura.

A principal alteração em relação ao método análise do município, refere-se a classe de agricultura, que contempla as lavouras perenes e lavouras temporárias, antes classificadas como: soja, cana e café; permitindo uma melhor visualização da área de estudo.

TABELA 3 - Quantificação da Cobertura do Solo área urbana de Apucarana

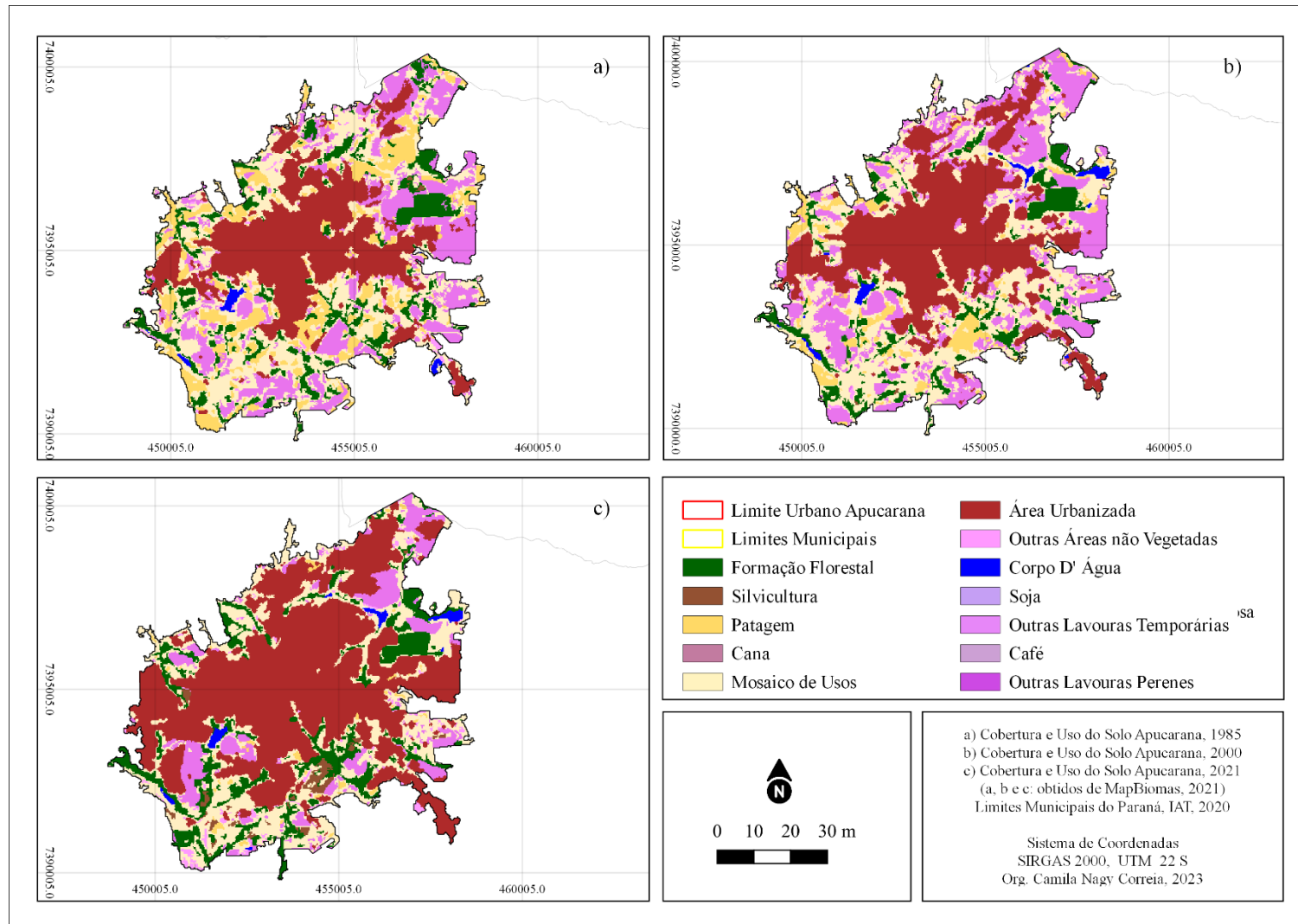
Classes	1985	2000	2021
	Área em Km ²		
Formação Florestal	6,65	4,94	7,22
Pastagem	7,93	3,43	0,55
Agricultura	10,96	12,98	5,10
Silvicultura	0,03	0,04	0,80
Mosaico de Usos	16,37	17,38	13,95
Área Urbanizada	16,04	19,07	29,96
Outras Áreas Não Vegetadas	0,41	0,22	0,13
Corpo D'Água	0,33	0,60	0,54

FONTE: Autoria própria (2023)

Como apresentado anteriormente, a expansão urbana em Apucarana foi horizontal, do centro para áreas periféricas, resultando na expansão de alguns bairros, e criação de novos. Com a industrialização e processo crescente da urbanização, a área de agricultura tende a diminuir.

A Figura 14 indica a região de área de estudo e a classificação do uso do solo conforme as classes de nível 2 do MapBiomias. Comparando os mapas dos respectivos anos, é muito perceptível o aumento da urbanização, onde a área construída é indicada pela cor vermelha, o que mais recebe destaque nos mapas.

FIGURA 14 - Transformação da Cobertura do Solo na área Urbana de Apucarana: 1985, 2000 e 2021



FONTE: Autoria própria (2023)

No mapa referente ao ano de 1985 as áreas de pastagem, mosaico de usos e agricultura ficam bem mescladas, principalmente na região sul da área de estudo. O maior destaque refere-se à urbanização no centro e a área de agricultura concentrada principalmente na região leste do mapa.

O mapa correspondente ao ano de 2000 apresenta uma diminuição em relação a área florestal, indicada pela cor verde, conforme os dados da Tabela 3, essa diminuição foi de aproximadamente 25,66%. A expansão da agricultura também é perceptível, principalmente na região norte, indicada pela cor lilás, o aumento corresponde a aproximadamente 18,40%.

Outro destaque no mapa do ano de 2000, é a presença de novos corpos d'água, que são indicados pela criação de lagos artificiais na parte nordeste, esses lagos correspondem a criação do Parque Ecológico Raposa, criado em 1989, enquadrado na categoria de Unidade de Conservação – UC. Os lagos represados são: Lago da Raposa e Lago Schmidt (APUCARANA, 2023). Ainda em relação ao corpo d'água é possível visualizar a redução de um lago presente na região sudeste, que pode ser explicado pela presença de uma pedreira na região, que cria lagos artificiais devido à chuva em determinados períodos.

No mapa de 2021, as alterações são mais consideráveis em relação as outras classes de uso do solo. As políticas de reflorestamento indicadas anteriormente, refletem muito bem na área urbana, principalmente na região sul, indicando uma recuperação das APPs, com um aumento de aproximadamente 46,15% se comparado ao período anterior.

Ainda na região sul, é possível verificar a presença de silvicultura, com um aumento significativo, de 3 ha para 80 ha no período de 36 anos. O avanço da urbanização em áreas de agricultura também fica muito visível, principalmente na região leste e norte. A agricultura chegou a diminuir cerca de 53,83%, refletindo a expansão urbana na transformação do uso e cobertura do solo. O crescimento territorial também ocorre nos outros sentidos, na região sul e oeste avança sobre o mosaico de usos e área de pastagem.

Ao relacionar a Tabela 3 com a Figura 14, além da urbanização é importante considerar as alterações correspondentes a formação florestal e corpo d'água. Seguindo a mesma tendência do município como todo, a formação florestal diminui no período de 1985 a 2000, com cerca de 1,71 km² de redução florestal. Em compensação, no ano de 2021 ocorre o aumento para 7,22 km² de área florestal.

A evolução urbana de Apucarana está intrinsecamente ligada à sua história econômica. A partir da década de 1990, diversos fatores impulsionaram o crescimento dos centros urbanos do Norte do Paraná, incluindo Apucarana. Dentre eles, destacam-se as atividades secundárias e

a prestação de serviços, que se tornaram independentes das atividades agropecuárias (FARIA, 2015).

No entanto, é importante ressaltar que esses novos vetores não suprimiram a relevância das atividades rurais, as quais ainda exercem uma forte influência na economia local. Ao longo do tempo, o desenvolvimento da cidade conferiu um arranjo funcional peculiar ao espaço urbano, condicionado tanto pelas características físicas da região quanto pela concentração de atividades em determinadas áreas específicas (FARIA, 2015).

Com o aumento da urbanização e a expansão territorial, as alterações não são apenas na cobertura e uso do solo. Assim como outros centros urbanos que experimentaram um rápido crescimento populacional sem um planejamento adequado, Apucarana enfrenta desafios decorrentes dessas mudanças, como a carência de infraestrutura.

O aumento da mancha urbana em Apucarana é nítido, e apresenta uma evolução significativa. As alterações causadas na cobertura do solo refletem em diversos impactos ambientais. Por mais que a Lei Complementar nº 5, de 31 de dezembro de 2020 tenha como um de seus objetivos direcionar o crescimento da cidade para áreas aptas à urbanização e impedir a urbanização em áreas de declividade, na prática acontece um pouco diferente.

A seguir são apresentados a relação entre a urbanização e a disposição do relevo e cursos d'água na área de estudo, em seguida são indicados os principais impactos causados pela pressão urbana nos cursos hídricos e os problemas ambientais apresentados pelo crescimento e expansão urbana.

6.4 HIDROGRAFIA E HIPSOMETRIA DA ÁREA URBANA

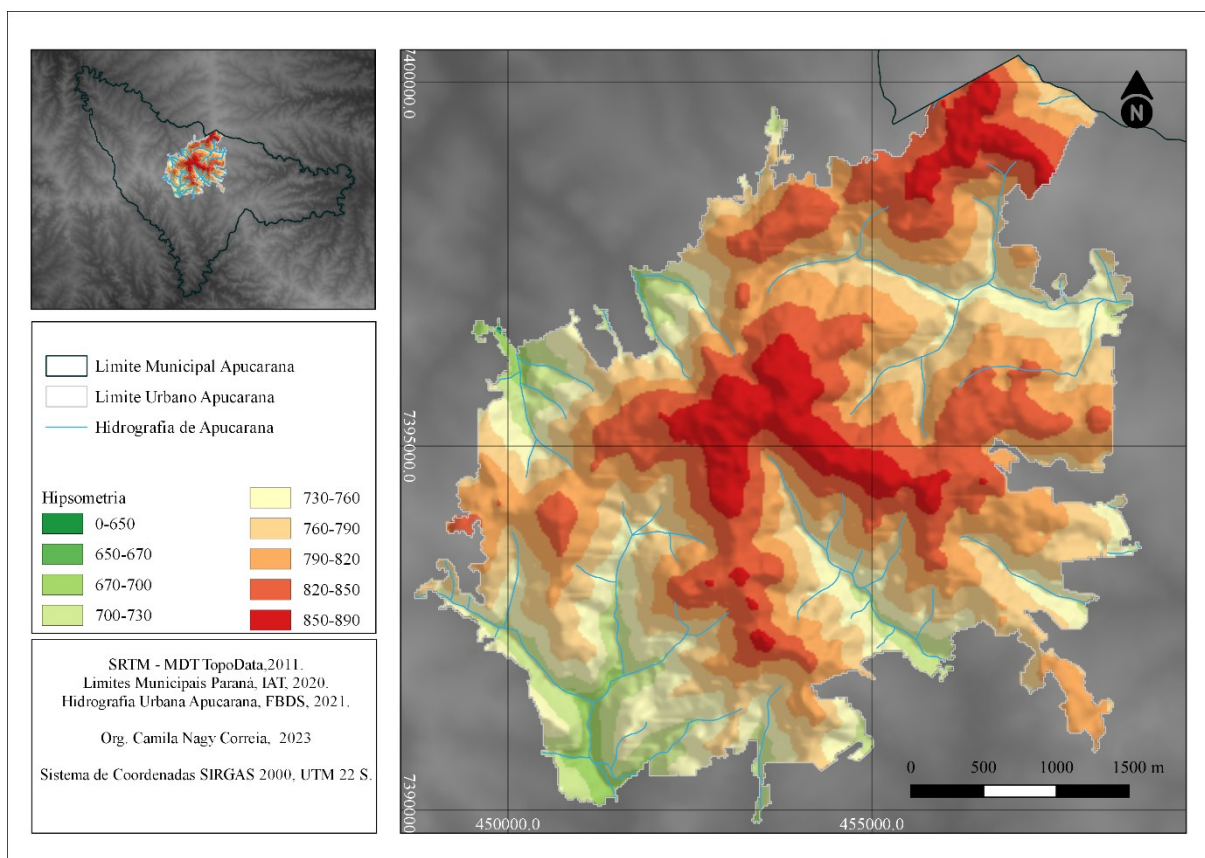
O relevo de Apucarana apresenta uma variação altimétrica devido à sua localização. Isso resulta em uma paisagem que engloba áreas mais elevadas e áreas mais planas. Essa diversidade altimétrica exerce influência direta na hidrografia local, uma vez que os cursos d'água seguem o fluxo das partes mais altas em direção às mais baixas. As cabeceiras de drenagem, situadas nas áreas elevadas, desempenham um papel importante no abastecimento dos rios e riachos, sendo fundamentais para a drenagem pluvial e o fornecimento de água para a cidade.

A Figura 15 apresenta a hipsometria e a hidrografia da área urbana de Apucarana, com uma classificação de altitude indicada por uma escala de cores e os cursos d'água indicados por linhas azuis. As áreas em vermelho representam as regiões de maior altitude na cidade, com

valores que variam de 850 a 890 metros, enquanto as áreas em verde indicam as regiões mais planas e baixas, com valores entre 650 e 670 metros.

É possível observar que a área de estudo apresenta uma distribuição de altitudes variadas. As áreas com altitude mais baixas correspondem aos vales e cursos de água, como os rios Pirapó e Ivaí, enquanto as áreas com altitudes elevadas estão associadas a morros e colinas.

FIGURA 15 - Hipsometria e hidrografia da Área Urbana de Apucarana



FONTE: A autoria própria (2023)

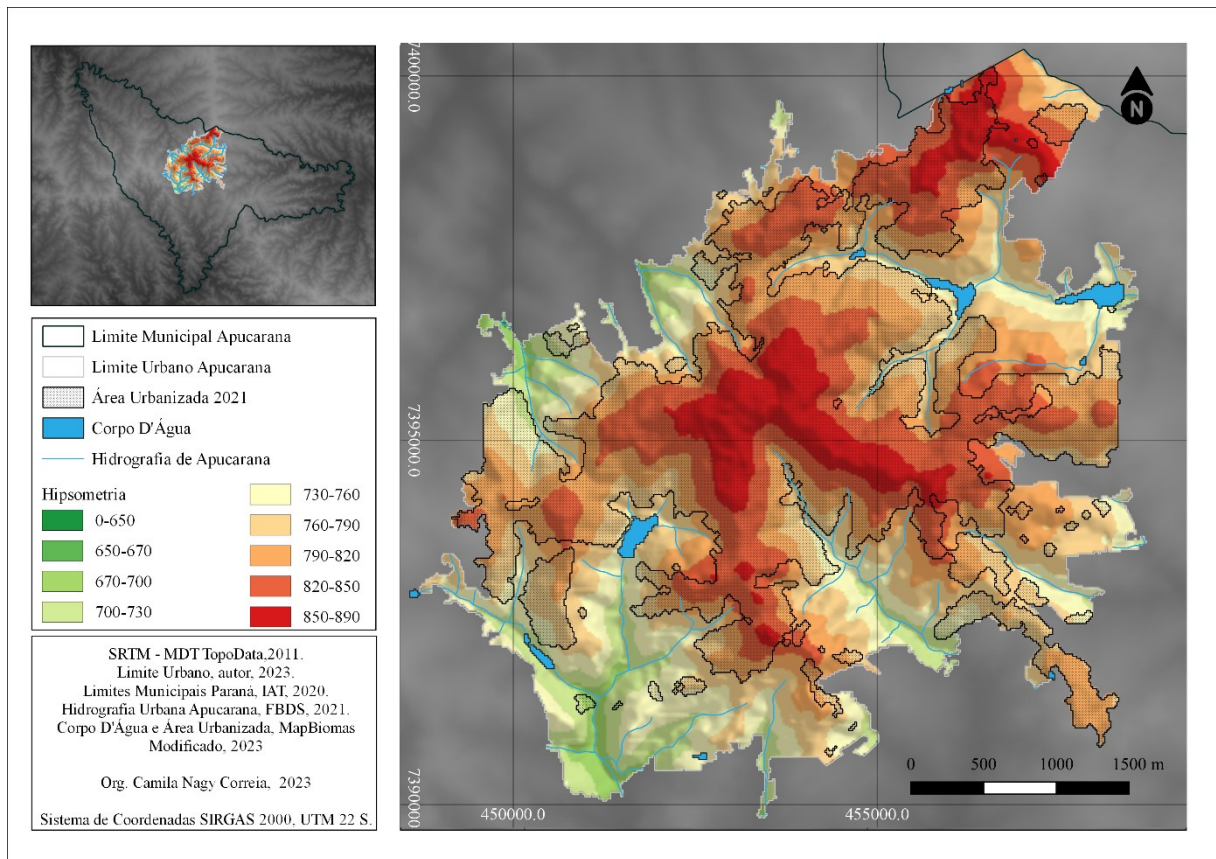
A declividade do relevo é um fator importante para a dinâmica das águas na região. A declividade do terreno é variável, possui áreas de maior e menor inclinação, o que influencia o escoamento das águas superficiais e subterrâneas. As áreas com declividades mais acentuadas tendem a concentrar os fluxos de água, enquanto as áreas com menor declividade apresentam fluxos mais lentos.

Com o passar dos anos, a expansão urbana ocorreu em direção às cabeceiras de drenagem, impactando diretamente as áreas de nascente dos cursos d'água. Alguns desses impactos são indicados por afetar a qualidade da água e de nascente, sendo presente a contaminação e soterramento, interferindo em alguns casos no abastecimento na cidade. O sistema de drenagem pluvial existente não conta com dissipadores de energia hídrica

adequados, o que contribui para a erosão na área urbana, principalmente nos bairros localizados nas extremidades da cidade (MANOSSO, 2005; APUCARANA, 2017).

O mapa a seguir (Figura 16) representa uma relação entre a hipsometria de Apucarana, a área urbanizada de 2021, apresentando também os corpos d'água presentes na região. Como a expansão da cidade ocorreu do centro para as áreas periféricas, é possível observar que as construções iniciais se concentraram nas áreas mais elevadas do terreno, indicadas pela coloração vermelha.

FIGURA 16 - Hipsometria, Área Urbanizada e Corpos D'Água: Apucarana - 2021



FONTE: Autoria própria (2023)

Como observado na Figura 16, as nascentes quando não estão inseridas na área urbanizada, estão muito próximas. Vale destacar que as informações de hidrografia obtidas, correspondem aos principais cursos d'água presentes na região. A Figura 17 apresentada a seguir, indica a presença de diversos cursos d'água em área urbana, correspondente à delimitação mais atualizada, seguindo as diretrizes da Lei de Uso e Ocupação do Solo propostas pelo Plano Diretor de 2020. Além dos rios principais, é possível observar os afluentes presentes na cidade.

FIGURA 17 – Mapa da Sede Urbana: Plano Diretor de 2020



A área cinza indica o perímetro urbano estabelecido, a delimitação urbana é representada pela linha na cor azul. Os cursos d'água são mostrados por linhas azuis mais finas, seguidos da delimitação de APPs na cor verde claro. A Figura 17 é importante para identificar a disposição dos cursos d'água no município, mostrando como essa variedade de rios estão suscetíveis aos impactos causados pela urbanização.

O próprio processo de urbanização causa diversos impactos em áreas naturais. Quando combinada à ocupação irregular, além de oferecer riscos para a população, esses impactos são intensificados. A ocupação em áreas com declividade acentuada representa um ambiente de risco, assim como a urbanização ilegal de áreas de preservação permanente ao longo das margens dos rios e nascentes, propensas a vulnerabilidades ambientais (MANOSSO, 2005; EMBRAPA, 2017; MAIA, et. al, 2023).

6.5 ANÁLISE E DINÂMICA DO USO DO SOLO NA ÁREA URBANA : IMPACTOS NOS CORPOS HÍDRICOS

Conforme detalhado no Quadro 2 e na Figura 8, as Seções de análise foram previamente apresentadas a fim de indicar os impactos derivados da urbanização sobre os corpos d'água. Os resultados a seguir indicam a dinâmica do uso do solo na região urbana da cidade, tendo como base as Seções Amostrais selecionadas.

6.5.1 Seção Amostral 1: Região do Parque da Raposa

A Seção Amostral 1 está localizada na região do Parque da Raposa, próximo a represa. O Parque é classificado como UC, abriga um lago represado que passou por um processo de canalização. Para evitar o assoreamento das margens, são realizados cuidados contínuos, como manutenção da barragem, reforma do canal em concreto, manutenção da escadaria presente no canal etc. (SOBRINHO, NIGRO, 2014).

A região sofre com o processo de assoreamento, como apresentado na Figura 18 a), quando a erosão do solo nas áreas adjacentes a corpos d'água, causada por atividades humanas, como desmatamento, agricultura inadequada ou construção civil, leva a uma quantidade excessiva de sedimentos sendo carregados pela água. Esses sedimentos são então depositados nos corpos d'água, reduzindo sua profundidade e causando o estreitamento dos canais, o que pode levar a inundações mais frequentes e a redução da capacidade de armazenamento de água.

No caso específico do Lago do Parque da Raposa, em 2019, foi realizado um processo de revitalização com melhorias locais para a população, incluindo a recuperação do canal extravasor e a implementação de um dissipador de energia em modelo de escada (APUCARANA, 2020), conforme apresentado na Figura 18 b). No entanto, em visitas realizadas em 2022 e 2023, ainda foram constatados problemas persistentes, como acúmulo de resíduos sólidos, erosão e questões relacionadas à segurança urbana.

FIGRURA 18 - Registros Curso do Ribeirão da Raposa no Parque da Raposa



Figura 18 - Registro fotográfico da Seção 1 - Ribeirão da Raposa, a) Detalhe de processo de assoreamento do curso d'água; b) Dissipador de energia em modelo de escada.

FONTE: Autoria própria (2021)

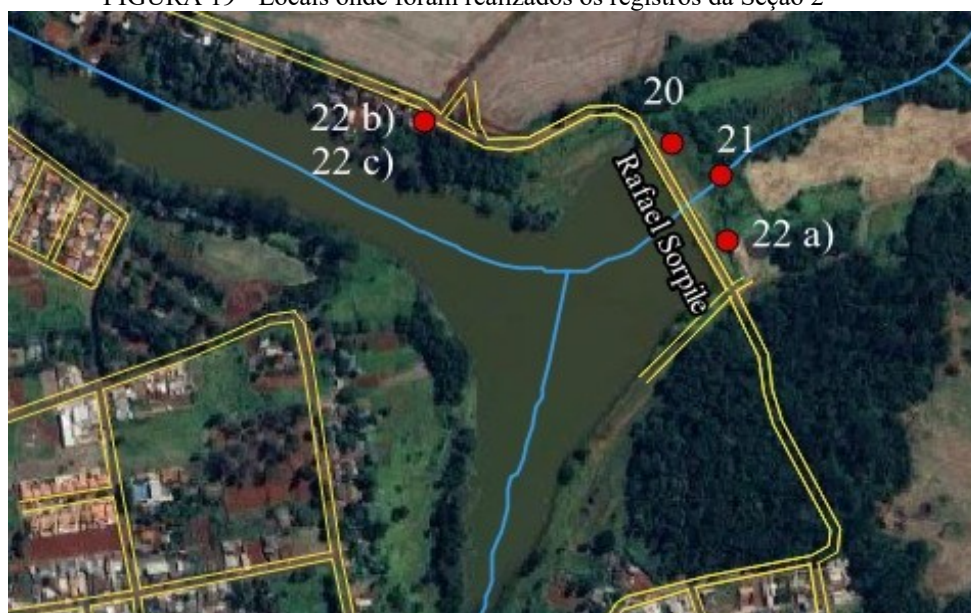
O dissipador de energia é um componente fundamental para mitigar os efeitos das forças da água em movimento, o modelo de escada é uma estrutura frequentemente utilizada em cursos d'água para permitir a passagem de peixes por obstáculos artificiais, como barragens ou quedas d'água naturais (ANA, 2016).

6.5.2 Seção Amostral 2: Região do Lago Schmidt

A Seção 2 fica na região do Lago Schmidt, no local foram registrados tipos diferentes de problemas causados devido à pressão urbana. A Figura 19 apresenta os locais que foram visitados para realizar os registros, com as fotografias correspondentes.

Em primeiro momento identifica-se a erosão fluvial, em seguida, no mesmo percurso encontra-se uma barragem em estado de “alto risco”, e ainda na região foi registrado a ocupação irregular em APP. Os outros registros foram realizados próximos às margens do lago, identificando poluição e ocupação irregular.

FIGURA 19 - Locais onde foram realizados os registros da Seção 2



FONTE: Autoria própria (2023)

O primeiro registro é apresentado o Córrego Ouro fino, curso d'água que forma o Lago Schmidt e segue curso até desaguar no Ribeirão da Raposa. A área do registro corresponde ao outro lado da Avenida Rafael Sorpile, à jusante do Lago. A Figura 20 a) indica a canalização do córrego, onde os tubos de concreto foram danificados e o barranco sofreu desmoronamento, indicando o processo erosivo agravado pelas chuvas. Esse fenômeno é desencadeado pela ação da água corrente, que atua como um agente escavador, erodindo e carregando materiais do leito e das margens do rio. Na Figura 20 b) destaca-se esses materiais em concreto que foram rompidos.

A erosão no local, acontece devido à combinação de fatores como o impacto direto das chuvas, a presença de água fluindo com maior velocidade nos pontos onde os tubos de concreto se partiram, e a vulnerabilidade do barranco que desmoronou. As chuvas intensas aumentam o volume de água no lago e conseqüentemente no córrego, criando uma força erosiva mais significativa. Quando os tubos de concreto estão partidos, a água se infiltra e flui de maneira concentrada, o que acelera a erosão do solo circundante. Além disso, o desmoronamento do barranco compromete a estabilidade das margens, contribuindo para a exposição do solo e para o desgaste contínuo.

FIGURA 20 – Erosão Córrego Ouro Fino à jusante do Lago Schmidt



Figura 20 - Registro fotográfico da Seção 2 – Lago Schmidt, a) Processo erosivo observado na continuidade do Córrego Ouro Fino; b) Destaque para os tubos de concreto danificados.

FONTE: Autoria própria (2023)

O processo erosivo pode resultar em um ciclo de aprofundamento do canal, alargamento das margens e aumento da instabilidade das estruturas presentes. A remoção constante do solo e dos sedimentos ao redor dos tubos de concreto e das margens do rio pode levar à progressiva degradação da área afetada, afetando tanto a infraestrutura quanto a saúde do próprio corpo d'água (FONTES, 2010; BRITO, 2012).

Seguindo o Córrego Ouro Fino, encontra-se a Barragem 2 do Lago Schmidt, que segundo o IAT (2023), é considerada de “alto risco”. Isso significa que há uma considerável probabilidade de ocorrerem problemas, falhas e rupturas em sua estrutura. A classificação leva em consideração critérios como características técnicas, estado de conservação, plano de segurança e o potencial de dano associado (IAT, 2021). Também considera aspectos como o volume do reservatório, o risco potencial para vidas humanas e os impactos ambientais e socioeconômicos (IAT, 2023).

A administração da barragem em questão recai sob a responsabilidade da Prefeitura, conforme informado pela Secretária Municipal de Obras de Apucarana, o órgão municipal está em processo de elaboração de planos de segurança e emergência específicos para essas barragens (KLEIN, 2023).

A Figura 21 apresenta registros da situação da infraestrutura da Barragem 2 do Lago Schmidt no ano de 2023. Na Figura 21 a) observa-se o rompimento de parte da estrutura de concreto, em 21 b) observa-se processos de erosão e desgaste, ocorridos devido a força da água em movimento, que exerce uma pressão erosiva contra a superfície da barragem. Isso causa erosões, desgaste, enfraquecimento do concreto e dos materiais da barragem, especialmente em áreas de maior exposição à corrente.

FIGURA 21 – Infraestrutura da Barragem 2 do Lago Schmidt sob processos de desgaste e erosão



Figura 21 - Registro fotográfico da Seção 2 – Lago Schmidt (Barragem 2) a) Rompimento ocorrido em parte da barragem; b) Processo de erosão e desgaste da estrutura.

FONTE: Autoria própria (2023)

O colapso de uma barragem é uma situação perigosa e de alto risco que ocorre quando a estrutura da barragem não consegue mais conter a água armazenada, resultando em seu rompimento total ou parcial. As principais causas para o colapso de uma barragem podem incluir: acúmulo de sedimentos, chuvas intensas, erosão etc. (IAT, 2021).

O último registro feito na região, corresponde a poluição presente nas margens do lago e APP, e casas construídas em área irregular. A região em análise exemplifica a influência direta da pressão urbana sobre o corpo hídrico em questão. Isso permite observar e evidenciar claramente a intervenção da urbanização em zonas que, de acordo com a legislação, têm a designação de preservação. O Artigo 3º da Resolução Conama nº 302/2002 estabelece que as APP são determinadas em relação aos reservatórios artificiais com uma largura mínima definida em projeção horizontal a partir do nível máximo normal. Para os reservatórios em áreas urbanas consolidadas, essa largura é de trinta metros.

Na Figura 22 a) é possível identificar poluição na margem do Lago Schmidt. Em 22 b) observa-se o descarte de lixo, como embalagens de alimentos e bebidas, telhas, pedaços de móveis, brinquedos de plástico etc., a região também contava com o mal cheiro correspondente à urina. Enquanto na Figura 22 c) encontram-se as construções em APPs, as casas estão à beira do lago em situação de vulnerabilidade, não respeitando as leis ambientais.

FIGURA 22 - Registros de irregularidades encontradas nas margens do Lago Schmidt



Figura 22 - Registro fotográfico da Seção 2 – Lago Schmidt (Margens do lago) a) Resíduos sólidos acumulados à beira do Lago; b) Rejeitos urbanos em APP próximo ao lago e às construções. c) Construções próximas ao Lago, sendo possível visualizar o mesmo no fundo do quintal.

FONTE: Autoria própria (2023)

A conservação de lagos urbanos apresenta desafios significativos, especialmente quando se trata da degradação da mata ciliar. Essas questões não apenas afetam negativamente o meio ambiente, mas também têm impactos diretos no desenvolvimento econômico da região. Essas mudanças estão intimamente relacionadas com o crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e as atividades de construção urbana (WEN et al., 2021).

6.5.3 Seção Amostral 3: Região do Ribeirão Biguaçu

A Seção Amostral 3 representa a região onde é percorrido o Ribeirão Biguaçu, uma área dividida entre dois parques: o Parque São Francisco de Assis e o Parque da Bíblia. Ambos são parques temáticos religiosos que incorporam elementos de paisagismo, estando situados inteiramente em zonas urbanas. Consequentemente, a influência das atividades humanas nesses espaços é significativa.

Como áreas urbanas, os parques desempenham um papel importante na qualidade de vida da população em geral. É importante compreender os espaços verdes urbanos como UC, considerando-os como extensões significativas de um quintal, uma calçada ecológica, uma avenida, uma praça, além dos próprios parques mencionados (TORRES, 2014).

O Ribeirão Biguaçu, um dos afluentes do Rio Bom, tem sua nascente localizada a cerca de 817 metros de altitude. A nascente encontra-se em meio urbano, completamente canalizada, surgindo em uma área residencial (FERREIRA, 2006; FARIA, 2007).

A partir da década de 1970, a cobertura vegetal nativa estava quase completamente desaparecida. A impermeabilização intensa da área superior da bacia e a falta de vegetação resultaram em escoamento superficial acentuado durante as chuvas, levando à erosão e à formação de voçorocas. Essa erosão foi particularmente problemática no fundo do vale entre o final dos anos 70 e início dos anos 80. Como resposta a esse cenário, o vale do Ribeirão Biguaçu foi canalizado (FERREIRA, 2006; FARIA, 2007).

O projeto urbanístico do Parque Biguaçu, aprovado em 1978, incluiu o desvio e a canalização da calha original do Ribeirão Biguaçu como parte das ações de combate à erosão. O objetivo era conter o processo erosivo que afetava a área. A canalização do córrego resultou na recuperação de vastas áreas urbanas, abordando diversos aspectos, desde a preservação ambiental até o uso público (TORRES, 2014).

A canalização de rios urbanos é uma prática que envolve modificar o curso natural de um rio, córrego ou curso d'água, geralmente por meio da construção de estruturas de concreto, revestimentos de paredes e outras intervenções. Essa abordagem é frequentemente adotada em áreas urbanas para fins de controle de enchentes, aumento da capacidade de drenagem e criação de espaços para construções, vias e infraestrutura (GRAF, ARDOIN, 2006; RAMOS, et. al., 2018).

No entanto, a canalização de rios urbanos tem implicações significativas para o meio ambiente, como impactos ambientais, visto que causa a alteração do ecossistema natural do rio, afetando a fauna, flora e os processos ecológicos associados. Além disso, a canalização pode afetar a qualidade da água, uma vez que os processos naturais de filtragem e autodepuração da água são prejudicados. Isso pode resultar em acúmulo de poluentes, contaminação e aumento da carga de sedimentos nos corpos d'água (RAMOS, et. al., 2018; PEREIRA, LISBOA, 2019).

A Figura 23 a) Apresenta uma captura realizada por imagem de satélite, localizando onde foram tiradas as fotografias na sequência. Em 23b) é apresentado a localização da nascente do Ribeirão Biguaçu, no Parque São Francisco de Assis, ao lado da Rua João Cardoso Sobrinho. Em 23 c) é indicado a canalização no início do Parque Biguaçu, atravessando a Rua Ítalo Ado Fontanini. Na sequência da canalização, a Figura 23 d) Indica a continuidade do corpo d'água, situado no Parque Biguaçu, próximo à rua Nações Unidas.

FIGURA 23 – Seção Amostral 3: Ribeirão Biguaçu



Figura 23 - Registro fotográfico da Seção 3 – Região do Parque Biguaçu a) Indicação de onde foram feitos os registros fotográficos seguintes. b) Nascente do Ribeirão Biguaçu, localizado no Parque São Francisco de Assis; c) Canalização iniciada no Parque Biguaçu; d) Sequência da canalização do Ribeirão Biguaçu.
 FONTE: Autoria própria (2023)

Embora a canalização seja muitas vezes adotada para controlar enchentes, ela pode, em alguns casos, agravar os problemas de inundação. As estruturas rígidas de concreto podem

acelerar o fluxo da água, causando enchentes mais graves rio abaixo e reduzindo a capacidade de absorção natural do solo (PEREIRA, LISBOA, 2019).

Na localidade da Seção 3, a canalização se mostrou eficaz ao trazer resultados positivos, promovendo a recuperação e revitalização da área. Os parques urbanos compõem um papel fundamental na preservação dessa região. Em contrapartida, levando em consideração a legislação referente, as margens de rios canalizados também são consideradas APPs. Em áreas urbanas consolidadas, a faixa de APP é de 15 metros contados a partir do nível mais alto do rio, independentemente da largura do rio canalizado (CONAMA, 2002).

Essa distância de 15 metros pode estar sendo respeitada na margem esquerda da canalização, porém, ao considerar o lado direito, paralelo à rua Paulo Setúbal, fica evidente que a faixa de APP não está sendo mantida conforme as diretrizes estabelecidas. A faixa de preservação possui a finalidade de conservar a vegetação que desempenha um papel crucial na estabilidade do solo e na qualidade da água. Apesar das medidas de revitalização adotadas na região, ainda há o descumprimento de algumas diretrizes ambientais.

6.5.4 Seção Amostrai 4: Região da Praça dos 70 anos

A Seção Amostrai 4 fica na região da Praça dos 70 anos, o local surgiu de um projeto de restauração ambiental abrangendo um trecho que de acordo com a prefeitura seria do Córrego Jaboti. Com uma extensão abrangendo aproximadamente 7 mil metros quadrados, esse espaço foi concebido com o propósito de celebrar o 70º aniversário da emancipação política e administrativa do município (APUCARANA, 2023).

O Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB de 2017, indica que neste ponto percorre o Córrego Jaboti, sendo um local onde ocorriam problemas relacionados a bocas de lobo (APUCARANA, 2017). Em outros registros encontrados, o curso d'água em questão seria o Ribeirão Barra Nova (DAMAS, 2006; SOUZA, et. al, 2015; OLIVEIRA e JABUR, 2022; DIAS et. al. 2022).

Neste estudo, considera-se o Córrego Barra Nova como curso d'água presente na região, fundamentado nas referências bibliográficas disponíveis e na continuidade do mesmo estabelecido com base nas cartas hidrográficas.

A nascente do Ribeirão Barra Nova segue um percurso subterrâneo através de galerias pluviais até emergir em uma canalização no final da rua Nagib Daher. Ao longo da extensão do Ribeirão Barra Nova, foram implementadas medidas de canalização do curso d'água, incluindo a construção de um bueiro hidráulico. Essas intervenções têm como objetivo otimizar a

drenagem da região e assegurar a segurança na construção da rodovia à qual está associada (DAMAS, 2006; OLIVEIRA, JABUR, 2022).

Na visita *in loco*, pode-se destacar três momentos específicos por onde passa o curso d'água. A Figura 24 a) indica a localização de onde foram feitos os registros fotográficos seguintes. A Figura 24 b) apresenta o início da canalização presente no final da rua Nagib Daher. Ainda, como evidenciado na Figura 24 b), a presença de espuma na área pode ser um indicativo de poluição causada por agentes químicos, orgânicos ou outros contaminantes presentes na água. Algumas possíveis causas para a formação de espuma incluem: detergentes e sabões, poluentes industriais, esgotos domésticos, despejo de produtos químicos, poluição orgânica.

Em 2020, no mesmo local, houve ocorrências de residências que descartavam esgoto de forma inadequada. Essas conexões irregulares à rede de esgoto têm um impacto direto na qualidade da água que eventualmente alcança o Lago Jaboti. Durante períodos chuvosos, a proximidade da rua ao ponto é marcada por um odor intenso, identificado como associado a resíduos orgânicos (BOLDRIN, 2020).

Prosseguindo ao longo do Córrego, ao adentrar a área revitalizada da praça, a cena se transforma em uma canalização limpa, como demonstrado nas Figura 24 c). Nesse ponto, que coincide com a região da Praça dos 70 anos, a canalização parece ocorrer sem contratemplos, respeitando as margens. No entanto, ao cruzar a rua Urânio, uma perspectiva distinta se apresenta, conforme ilustrado na Figuras 24 d). O trecho anteriormente canalizado, que já havia sido implementado, sofreu uma fragmentação em decorrência de chuvas intensas e da força das águas, levando a uma significativa erosão do terreno.

Ainda na Figura 24 d), é indicado o bueiro composto por concreto ciclópico, o dispositivo conta com um total de cinco aberturas, sendo três na parte inferior e duas na parte superior, que teria a função de dissipador de energia, bem como controlar enchentes e inundações. Com uma extensão de aproximadamente 17 metros, o bueiro teve seu processo de construção iniciado em 1979. Seu entorno, é cercado por taludes e apresenta um topo revestido de gramíneas. Uma proteção ao longo de todo o canal assegura a montante, enquanto a jusante, a vegetação densa não é acompanhada por uma proteção lateral, resultando em deterioração (OLIVEIRA e JABUR 2022).

FIGURA 24 – Trecho do Ribeirão Barra Nova presente na Seção Amostral 4: Praça dos 70 anos



Figura 24 - Registro fotográfico da Seção Amostral 4 – Região da Praça dos 70 anos: a) Localização de onde foram feitos os registros seguintes; b) Início da canalização na rua Nagib Daher, demonstrando poluição em forma de espuma, antes do Córrego chegar até a Praça dos 70 anos; c) Canalização presente na Praça; d) Sequência da canalização, logo após atravessar a rua Urânio.

FONTE: Autoria própria (2023)

Na mesma localização foi registrado a presença de erosão (Figura 25) causada pela falta de capacidade da estrutura hidráulica e que resulta na desconcretização dos barrancos que pode

ter efeitos significativos nos cursos d'água e nas áreas circundantes. A capacidade hidráulica se refere à habilidade de um sistema de drenagem ou canalização de gerenciar o fluxo de água de forma eficaz, especialmente durante eventos de chuvas intensas.

FIGURA 25 – Presença de erosão na sequência da canalização do Córrego Barra Nova



FONTE: Autoria própria (2023)

Logo após o bueiro, é possível observar a presença de entulhos compostos por pedras e argamassa, essa disposição sugere a possibilidade de que esse conjunto funcione como um dissipador de energia. No entanto, não é possível confirmar a existência do dispositivo de dissipação, uma vez que não existem registros de projeto ou imagens que comprovem sua construção (OLIVEIRA, JABUR, 2022).

A presença de concreto nas paredes das margens do curso d'água é comum em canais ou áreas urbanas onde se busca controlar o fluxo de água e evitar a erosão. No entanto, quando a capacidade hidráulica é inadequada e o fluxo de água excede a capacidade de drenagem, a força da água pode superar a resistência do concreto, levando à desconcretização dos barrancos (DIAS, et. al, 2022). Isso ocorre quando a água retira o solo ao redor do concreto, enfraquecendo a estrutura e causando sua desintegração.

6.5.5 Seção Amostral 5: Região do Parque Jaboti

A Seção 5, situada na região do Parque Jaboti, é destacada pela presença de um lago artificial, resultado da interligação dos rios: Córrego Água da Lagoa, Córrego Jaboti e Ribeirão

Barra Nova (Figura 26 a)). O Lago Jaboti em questão é ilustrado na Figura 26 b), que proporciona uma perspectiva panorâmica da área, exibindo a presença marcante da urbanização em segundo plano. Essa configuração destaca a harmoniosa coexistência entre o ambiente natural e o ambiente urbanizado.

FIGURA 26 – Registro do Lago Jaboti com cenário urbano de fundo



Figura 26 - Registro fotográfico da Seção Amostral 5 – Região do Parque Jaboti: a) Imagem de Satélite 2023, indicando os cursos d'água que formam o lago, e a urbanização a sua volta; b) Vista do lago com a urbanização sem segundo plano.

FONTE: Autoria própria (2023)

O Parque Jaboti, inaugurado em 30 de janeiro de 1983, teve um papel importante na recuperação de uma área altamente degradada. Com uma extensão total de 230 mil metros quadrados, o espelho d'água abrange 150 mil metros quadrados, medindo 700 metros de comprimento por 200 metros de largura (APUCARANA, 2023).

Logo após sua construção, a região experimentou uma valorização significativa, levando à urbanização e à especulação imobiliária em seus arredores. A partir de 1995, a urbanização no entorno do lago atraiu a população de maior poder aquisitivo, resultando em uma paisagem urbana diversificada, onde edificações se misturam com lotes utilizados para atividades agrícolas, criando um grande mosaico urbano (DAMAS, 2005).

Essa configuração de mosaico urbano continua por existir mesmo 18 anos após, visto que no entorno da região, existem áreas destinadas a agricultura, a urbanização, industrialização e lazer, como observado anteriormente na transformação da cobertura e uso do solo. O entorno do lago Jaboti apresenta uma urbanização que ocorreu especialmente em sua margem esquerda, correspondendo principalmente pela expansão e/ou criação dos bairros: Vila Formosa, Jardim Menegazzo, Jardim El Dorado, Jardim Interlagos e Cazarin. Ainda na região é possível identificar áreas em processo de loteamento e construção.

É importante considerar uma avaliação acerca da barragem presente na região, visto que a expansão urbana tem um grande impacto na segurança dessas construções, por influenciar o

escoamento superficial devido à impermeabilização do solo. Os dimensionamentos atuais confirmam a segurança das estruturas hidráulicas, apesar da expansão urbana, mantendo a capacidade de vazão planejada. Na avaliação das estruturas, é identificado a vegetação abundante e acúmulo de resíduos no vertedor. O sangradouro apresenta rachaduras, fissuras e buracos, permitindo infiltração de água e erosão (RIBEIRO e JABUR, 2022). Ainda conforme os autores, é recomendado o monitoramento contínuo diante da expansão urbana que afeta o escoamento superficial.

No que se refere à qualidade da água, no ano de 2019, foi observada a presença de coliformes totais, indicando uma carga poluidora ao longo do curso do manancial. Além disso, a identificação de *E. coli* também foi confirmada, sendo esta bactéria associada à presença de animais nos que córregos que deságuam no lago e possível descarte de efluentes domésticos (SCHUBERT, MIKALOUSKI, 2019). A ocorrência de capivaras na região também é relevante nesse contexto.

Vistorias realizadas em 2020 nas residências vizinhas ao lago com o objetivo de identificar potenciais fontes de poluição também apresentaram resultados relacionados a qualidade da água. Durante as inspeções, constatou-se o despejo irregular de esgoto proveniente de ligações impróprias à rede coletora. Os tanques de lavanderia foram identificados como fontes comuns de despejo, assim como interligações inadequadas das galerias de águas pluviais, resultando muitas vezes em espumas que chegam ao lago. Entre as 50 casas inspecionadas, 28 estavam inadequadamente conectadas à rede coletora, enquanto 11 faziam uso de fossas sépticas. Além disso, 6 imóveis estavam lançando esgoto diretamente nas galerias pluviais, contribuindo para a poluição do Lago Jaboti (BOLDRIN, 2020).

A Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Barra Nova está localizada a jusante da barragem do lago Jabuti. O esgoto bruto coletado que chega na ETE Barra Nova é proveniente dos bairros situados no entorno do lago Jabuti e demais bairros de Apucarana.

No ano de 2023, foi anunciado um significativo investimento na ETE Barra Nova, visando atender à crescente demanda do Residencial Interlagos e de outros três bairros na área. O projeto envolve melhorias na própria estação de tratamento, a construção de uma nova estação elevatória de esgoto e a implantação de 32 quilômetros de tubulações, abrangendo rede coletora, linha de recalque e interceptores. Com tais ações, a obra resultará no aumento do índice de atendimento para cerca de 85% da população local (APUCARANA, 2023; AEN-PR, 2023).

6.5.6 Seção Amostral 6: Região da Nascente do Rio Pirapó

A Seção 6 apresenta a indicação da nascente do Rio Pirapó, situada em uma área urbana. Por encontrar-se soterrada justifica a ausência de sua representação nas cartas hidrográficas que delimitam os corpos d'água. Estudos realizados revelam tanto a localização precisa dessa nascente como os desafios enfrentados na região, o que inclui problemas relacionados ao seu estado atual e às consequências ambientais decorrentes dessa situação (GRIZIO e CANEZIN 2018; CESSSEL et. al 2019; GONÇALVES, et. al. 2019).

As evidências apontam que a nascente do Rio Pirapó se dá por meio de um modesto fluxo hídrico que emerge em uma propriedade, sendo posteriormente canalizado para se juntar às galerias pluviais. Essa convergência de água culmina na formação do leito do Rio Pirapó, cuja trajetória estende-se por 168 quilômetros, atravessando um total de 28 municípios em seu percurso (DONIZETE, 2018; GATTI, 2018).

A Figura 27 apresenta um mapa detalhado da área de estudo da Seção 6, indicando a localização da nascente, com uma delimitação manual realizada a partir das curvas de nível e imagem de satélite que representa o curso d'água canalizado até o encontro do curso d'água representado pela FBDS na camada hidrográfica utilizada.

A nascente contava com a proteção e preservação realizada pelo Sr. Hiroshi Fukumoto, residente na propriedade. Seu empenho na preservação desse espaço era notório, mantendo-o limpo e com vegetação. Pouco mais de um ano após ter sido homenageado pela Câmara de Maringá durante a Semana de Defesa do Meio Ambiente, Fukumoto faleceu. O prefeito de Apucarana anunciou que a modesta casa de madeira, sob a qual a nascente se encontra, seria alvo de uma revitalização completa, garantindo sua preservação a longo prazo (APUCARANA, 2019).

FIGURA 27 – Mapa de localização da nascente do Rio Pirapó e seu trajeto hídrico



FONTE: Autoria própria (2023)

A Figura 28 retrata a propriedade que estava sob os cuidados do Sr. Fukumoto. Na Figura 27 a), há uma imagem capturada do site de notícias Maringá Post, em um artigo datado de 2018, onde é evidente a presença da nascente logo abaixo da estrutura de madeira. Enquanto na Figura 28 b), também de 2018 é possível observar a região preservada, conforme registrado pela equipe do site FolhaPress.

FIGURA 28 - Propriedade onde encontra-se a nascente do Rio Pirapó (2018)



Figura 28 - Registro fotográfico da propriedade onde encontra-se a nascente do Rio Pirapó. a) Registro realizado por Murilo Gatti para o Maringá Post Indicando a nascente presente abaixo da construção de madeira. FONTE: GATTI (2018). b) Registro realizado por Airton Donizete, para o Folhapress, em colaboração para a Folha em Apucarana-PR. Indicando a casa de madeira sobre onde está a nascente do Rio Pirapó. FONTE: DONIZETE (2018).

A Figura 29 a) indica uma captura realizada a partir do Google Street View, no ano de 2017, onde é possível visualizar a construção de madeira que foi apresentada na Figura 28 . A Figura 29 b) indica a captura do mesmo local, mas referente ao ano de 2022 onde a antiga casa de madeira que cumpria o papel de preservar a nascente foi removida. No contexto de 2023, a região que outrora estava sob preservação encontra-se em uma condição diferente, como visto em 29 c). A Figura 29 d) dá destaque para a região da então nascente, proporcionando uma visão da situação presente no local, com vista para o terreno úmido.

FIGURA 29 – Propriedade onde encontra-se a nascente do Rio Pirapó



Figura 29 - Propriedade onde encontra-se a nascente do Rio Pirapó. a) Captura de imagem a partir do Google Street View, ano de 2017. b) Captura de imagem a partir do Google Street View, ano de 2022. c) Registro fotográfico da propriedade, no ano de 2023. d) Destaque para a área de nascente, no ano de 2023. FONTE: Autoria própria (2023)

A Seção 6 experimenta uma densa expansão urbanística, mesmo em área com a presença de um corpo d'água. Conforme estabelecido pelo Código Florestal, expresso na Lei 12.651 a preservação das nascentes é uma obrigatoriedade, sendo designadas como parte das APPs. Isso é válido em um raio de 50 metros, uma extensão ainda maior do que aquela definida para a faixa de proteção ao longo da maioria dos cursos d'água sendo de 30 metros (BRASIL, 2012). Como visto na imagem, essa área não é respeitada.

Ainda na Seção Amostral 6, não se observam delimitações nem cercamentos no local, e a vegetação característica de brejos da Mata Atlântica predomina, coexistindo com árvores

que também fazem parte da paisagem urbana. O solo, apresentando umidade e baixa compactação, propicia a permeabilização das águas pluviais (GRIZIO e CANEZIN 2018).

A revitalização anunciada pela prefeitura ocorreu no ano de 2019. No entanto, a nascente do Pirapó, segundo a perspectiva da prefeitura, não estava localizada na propriedade de Fukumoto, mas sim em um local próximo, correspondente aos fundos do terreno. A área serviria como um tributo aos pioneiros portugueses, com a inclusão de um memorial. Contudo, embora a intenção fosse preservar árvores nativas, a vegetação local foi diminuindo cada vez mais (38 NEWS, 2019).

A Figura 30 a) ilustra uma imagem de satélite da área, capturada pelo serviço Google, no ano de 2017, destacando a significativa quantidade de cobertura vegetal presente. Por outro lado, na Figura 30 b) é possível identificar a falta de vegetação na região, representando o ano de 2019, quando haviam se iniciado as obras para a criação do memorial. Na Figura 30 c) é indicado um registro de imagem de satélite do ano de 2023, apresentando a cobertura vegetal atual. E na Figura 30 d) é apresentado o registro da frente do Memorial, destacando a falta de vegetação presente no local.

FIGURA 30 - Imagem de satélite sob região da Casa de Portugal – 2017, 2019 e 2023



Figura 30 - Registro fotográfico da Seção Amostral 6 – Região da nascente do Rio Pirapó: a) Imagem de satélite referente ao ano de 2018, antes da criação do memorial b) Imagem de satélite referente ao ano de 2019, no processo de criação do memorial; c) Imagem de satélite referente ao ano de 2023, mostrando a cobertura vegetal atual; d) Frente do Memorial Casa de Portugal, praça dos portugueses.
FONTE: Autoria própria (2023)

O destaque em vermelho aponta para a área onde foi erguido o Memorial, enquanto o destaque em amarelo indica a região onde anteriormente se encontrava a construção de madeira de Fukumoto, destinada à preservação da nascente.

O incidente levantou a percepção sobre a complexa relação entre desenvolvimento urbano e preservação ambiental em Apucarana. As discussões sobre a preservação da área continuaram a gerar controvérsias, visto que moradores da região denunciaram o desmatamento. A situação levantou preocupações com a derrubada indiscriminada de árvores. O processo de urbanização e preservação da nascente contou com a autorização do IAP e o aval do Ministério Público do Meio Ambiente (38 NEWS, 2019).

A falta de vegetação na região, gera preocupação devido ao curso d'água do rio Pirapó, que passa pela região. A nascente está localizada na região central de Apucarana, proporciona uma clara demonstração das implicações da urbanização em locais que, conforme as diretrizes legais, deveriam ser mantidos intocados.

Em relação à qualidade da água, é importante considerar as ações antrópicas, que causam a contaminação por processos da industrialização e/ou urbanização. Com a variedade de corpos d'água presentes em Apucarana, alguns acabam por sofrer os impactos causados pelo processo da expansão urbana.

Na situação específica da Seção 6, um estudo de 2019 apontou que o nível de oxigênio dissolvido, um indicador essencial da sua qualidade da água, não atendeu aos valores recomendados conforme a legislação. A baixa concentração de oxigênio dissolvido sugere a presença de matéria orgânica, possivelmente de origem de esgotos. Além disso, a bactéria *E. coli* excedeu o limite estabelecido, possivelmente devido ao lançamento de esgotos (CESSEL et al., 2019).

Sendo assim, a região da nascente do Rio Pirapó apresenta diversos problemas em relação aos impactos ambientais causados pela urbanização, e a sua preservação.

6.6 DESAFIOS DA EXPANSÃO URBANA EM APUCARANA

O avanço da urbanização resultou em uma significativa expansão da pavimentação nas áreas urbanas. Esse desenvolvimento traz benefícios para a qualidade de vida nas cidades, em contrapartida é importante ressaltar que essas construções frequentemente ocorrem em locais impermeáveis, onde a água não consegue penetrar no solo, levando a um aumento no escoamento superficial, intensificando os processos erosivos.

A expansão urbana desordenada resulta em diversos problemas, incluindo a disposição inadequada dos arruamentos, que seguem o sentido da vertente e dificultam o escoamento adequado das águas pluviais. A impermeabilização e canalização das áreas urbanas aumentam a vazão de cheias e a carga de resíduos sólidos, comprometendo a qualidade da água e colocando em risco o abastecimento da população (TUCCI, 2008; CARDOSO, BAPTISTA, 2011).

Em projetos de loteamentos, a prefeitura exige a implementação de sistemas de esgoto pluvial capazes de drenar a água. Entretanto, a falta de fiscalização pode levar a situações críticas (MATOS, 2023). A crescente impermeabilização causada por estradas, prédios e calçadas limita a infiltração de água no solo. Isso torna as superfícies urbanas impermeáveis propícias para o transporte de poluentes para corpos d'água próximos por meio das águas pluviais (LIMA et al., 2007; HALL, HOSSAIN, 2020).

A busca pela harmonia entre o ambiente natural e o espaço urbano nos parques urbanos exige uma abordagem consciente e sustentável. A transformação dessas áreas em destinos de lazer deve ser cuidadosamente planejada para assegurar tanto a preservação do meio ambiente quanto a qualidade de vida da comunidade. A valorização desses espaços naturais não pode acontecer à custa da degradação ambiental. O desenvolvimento das áreas circundantes aos parques e lagos requer um equilíbrio sensato, com medidas destinadas a conservar as áreas verdes, manter os recursos hídricos e facilitar o acesso.

Para enfrentar esses desafios e garantir a preservação eficaz dos lagos urbanos, é crucial um esforço contínuo e colaborativo entre autoridades municipais, entidades ambientais e a população local. É imperativo implementar estratégias eficazes de planejamento urbano que preservem as zonas ripárias e controlem o crescimento desordenado. Além disso, é fundamental investir em programas de educação ambiental para conscientizar a população sobre a importância da conservação dos recursos hídricos e a redução do descarte inadequado de resíduos sólidos.

Um planejamento adequado pode reduzir os impactos negativos da expansão urbana e garantir o manejo sustentável das águas pluviais, protegendo os recursos hídricos e a qualidade de vida da população.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frequentemente, os estudos sobre a transformação da cobertura vegetal concentram-se em políticas e regulamentos de uso do solo, deixando de considerar as mudanças no uso do solo urbano e suas repercussões nos corpos d'água. A alteração da cobertura do solo devido à pressão urbana resulta em diversos problemas relacionados ao escoamento e à impermeabilização do solo, impactando negativamente os corpos d'água nas áreas urbanas.

Os materiais cartográficos que representaram a cobertura e o uso do solo do município, nos anos de 1985, 2000 e 2021, permitiu avaliar o crescimento populacional e a dinâmica do uso e cobertura do solo ao longo do período estudado, classificando e identificando as mudanças ocorridas na área urbana. O principal destaque vai para a área de urbanização que aumenta com o passar dos anos, a transformação da agricultura é característica principalmente pela predominância de soja em 2021. Em relação a vegetação, ocorreu grandes alterações durante o período estudado, sua recuperação após a redução nos anos anteriores, representam que as políticas de reflorestamento podem e devem ser seguidas.

A apresentação do mapa de expansão urbana de Apucarana, possibilitou a correlação com o aumento populacional da cidade, constatando que a expansão territorial foi acompanhada pelo crescimento da população. A expansão urbana se estendeu horizontalmente em direção às cabeceiras de drenagem, criando um cenário singular, onde a urbanização coexiste de maneira intrínseca com diversos cursos d'água.

Os mapas de hidrografia e hipsometria da área urbana permitiram a relação com as nascentes e a área urbanizada. Essa análise permitiu compreender a influência da ocupação urbana nas características e no funcionamento hidrográfico da região, as visitas *in loco* comprovam esses impactos e pressão exercida.

A relação entre os dados de uso e ocupação do solo, a expansão urbana e as transformações ocorridas nos corpos hídricos presentes na cidade de Apucarana foram obtidas a partir das visitas *in loco*, e junto aos registros fotográficos evidenciaram diversos problemas ocorridos a partir das interferências humanas em áreas naturais.

A Seção 1 apresenta assoreamento, o que causa a redução da capacidade de armazenamento de água. O dissipador de energia serve para mitigar os efeitos das forças da água em movimento, mas necessita de manutenções constantes para seu funcionamento.

A Seção 2 indicou vários problemas causados pelas ações antrópicas., identificam-se a construção de barragens, a poluição do lago e suas margens, e a construção em área irregular.

Uma variedade de questões, as quais refletem de maneiras distintas os impactos potenciais gerados pela urbanização sobre os corpos hídricos.

Na Seção 3 a revitalização que ocorreu na região, resultou na recuperação e renovação da área. No entanto, é importante notar que a legislação referente às APPs foi estabelecida após a criação dos parques ao longo do córrego. Embora medidas de revitalização tenham sido implementadas, ainda persiste o não cumprimento de algumas diretrizes ambientais.

Na Seção 4, ainda que a canalização na Praça dos 70 anos tenha sido realizada para a revitalização, os desafios subsequentes ao longo do córrego reforçam a influência crescente da pressão urbana sobre os cursos d'água. Isso é especialmente acentuado devido a registros de despejo irregular de esgoto na área canalizada, e à insuficiência, ou mesmo à ausência, de infraestrutura hidráulica adequada para lidar com o fluxo hídrico gerado pelas atividades naturais e urbanas.

Na Seção Amostral 5, foi possível identificar a existência da urbanização próximo a um corpo d'água, além de constatar os outros usos do solo. Em relação a barragem, atualmente se configura como adequada, embora seja necessário seu acompanhamento contínuo. Os problemas relacionados a qualidade da água se tornam presentes nos últimos anos, e como constado na figura 24 b) que apresenta um trecho do Ribeirão Barra Nova que deságua no Jaboti, essa poluição ainda se faz presente. A ampliação da ETE indica uma solução positiva para o atendimento dos bairros.

No que diz respeito à Seção 6, é crucial garantir a preservação da área de nascente e seu curso d'água. Até 2018, a preservação estava sendo observada, mas após esse período, é notória a diminuição da cobertura vegetal na região. Tal redução pode acarretar uma série de complicações. Se a intenção ao criar o memorial era conservar o curso d'água na região, a manutenção da vegetação se fazia necessária. Além disso, devido à sua localização no centro da zona urbana, essa área específica também está sujeita à poluição do curso hídrico e à degradação da qualidade da água.

Como sugestão para trabalhos futuros, fica a relevância do mapeamento das nascentes no município. Visto que material cartográfico disponível não apresenta uma completude total, e uma das dificuldades enfrentadas ao longo da condução deste estudo foi a obtenção de informações pertinentes aos cursos d'água, considerando que muitos deles foram canalizados.

Destacando-se a expansão urbana de Apucarana em direção às nascentes, torna-se evidente que a configuração do relevo em conjunto com a hidrografia requer um olhar atento para as atividades urbanas, já que estas têm um impacto direto nos corpos d'água, como demonstrado anteriormente.

A abordagem eficaz dessas questões exige uma integração interdisciplinar nas pesquisas em planejamento urbano, hidrologia, gestão ambiental e outras áreas afins. Paralelamente, é vital conscientizar a população sobre a relevância da preservação dos recursos hídricos e fomentar práticas de uso responsável da água em seu cotidiano. A promoção de iniciativas de educação ambiental e a adoção de estratégias para incentivar a eficiência hídrica desempenham um papel central na conservação dos cursos d'água e na promoção da sustentabilidade nas áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

AEN-PR. Agência Estadual de Notícias do Paraná. Nos primeiros meses de 2023, Sanepar avança com obras de esgotamento sanitário no Estado. 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Nos-primeiros-meses-de-2023-Sanepar-avanca-com-obras-de-esgotamento-sanitario-no-Estado>. Acesso em: 26 ago. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas Brasil - Abastecimento Urbano de Água**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/assuntos/qualidade-da-agua/atlasbrasil>. Acesso em: 16 abr. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjunto extravasor**. Disponível em: [aula-4-segur-barragem-2016-ext.pdf \(ana.gov.br\)](#). Acesso em: 16 abr. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?** Brasília, 2011. 66 p.

APUCARANA. **Apucarana 70 anos: uma cidade em movimento**. Disponível em: <http://www.apucarana.pr.gov.br/arquivos/2013/01/23/anexo/Anexo-%2020130116204857.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2023.

APUCARANA, **Lei Complementar nº 5, de 31 de dezembro de 2020**. Dispõe sobre a revisão do Plano Diretor Municipal de Apucarana. Disponível em: <https://sapl.apucarana.pr.leg.br/ta/2615/text?print>. Acesso em: 01 jul. de 2022.

APUCARANA. Prefeitura Municipal (2022). **Sobre a cidade**. Disponível em: <http://www.apucarana.pr.gov.br/apucarana/historia/sobre-a-cidade>. Acesso em: 18 abr. 2023.

APUCARANA. Prefeitura Municipal. **Plano de desenvolvimento Rural Sustentável Municipal 2017-2020**. Secretaria da Agricultura de Apucarana, 2017. http://www.apucarana.pr.gov.br/site/wp-content/uploads/2021/08/plano_rural_sustentavel_municipal-2017.pdf. Acesso em: 25 jun. 2023.

APUCARANA. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Secretaria Municipal do Meio Ambiente; Secretaria de Obras. Prognóstico. 2017. http://www.apucarana.pr.gov.br/site/wp-content/uploads/2021/07/PMSB_Apucarana_PROGNOSTICO-2017.pdf. Acesso em: 25 jun. 2023.

APUCARANA. Prefeitura Municipal. **Prefeito lamenta morte do pioneiro conhecido como o “Guardião da nascente do Rio Pirapó”**. Portal Notícias, 2019. Disponível em: www.apucarana.pr.gov.br/site/prefeito-lamenta-morte-do-pioneiro-conhecido-como-o-guardiao-da-nascente-do-rio-pirapo/. Acesso em: 25 ago. 2023.

APUCARANA. Prefeitura Municipal. **Seguem obras de revitalização da nascente do Rio Pirapó**. 2019. Disponível em: <http://www.apucarana.pr.gov.br/site/seguem-obras-de-revitalizacao-da-nascente-do-rio-pirapo/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

APUCARANA. Prefeitura Municipal. **Apucarana recebe investimento de R\$41,6 milhões para ampliação da ETE Barra Nova.** 2023. Disponível em: <http://www.apucarana.pr.gov.br/site/apucarana-recebe-investimento-de-r416-milhao-para-ampliacao-da-ete-barra-nova/>. Acesso em: 25 ago. 2023.

AZEVEDO, T. Ir; et. al. **MapBiomias initiative:** Mapping annual land cover and land use changes Brazil from 1985 to 2017. American Geophysical Union, 2018.

BALDISSERA Jr, R. **Contribuição ao estudo do desmatamento da Mata Atlântica no Estado do Paraná.** Floresta e Ambiente, 10(1), 156-163, 2003.

BOLDRIN, R. **Diagnóstico da qualidade das águas do Lago Jaboti, no município de Apucarana - PR:** 2020. 140f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná - Campus de Apucarana/Londrina, 2020.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.** Coleção de leis da República Federativa do Brasil. Brasília. DF, 23 p., 2005

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado, 2003.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001:** regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Dispõe sobre o Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 set. 1965.

BRASIL. Resolução CONAMA n.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

BRITO, A. O. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Publicação PPG EFL. UnB, Brasília, 2012. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10876/1/2012_AnnanerydeOliveiraBrito.pdf. Acesso em: 20 ago. 2023.

CARDOSO, A. S.; BAPTISTA, M. B. **Metodologia para Avaliação de Alternativas de Intervenção em Cursos de Água em Áreas Urbanas.** RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 16 n.1 Jan/Mar 2011, 129-139.

CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. Capítulo 7. **Escoamento Superficial.** In: Hidrologia. Rio de Janeiro: Instituto It/Deng, 2006. p. 95-115.

CARVALHO, G.R. **Evolução da cafeicultura no Estado do Paraná**: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/10483>. Acesso em 25 jun. 2023.

CAVALCANTI, E.; CAVALCANTE, T. **Considerações sobre a política nacional de recursos hídricos**. 2016. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/50056/consideracoes-sobre-a-politica-nacional-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 15 nov. 2021.

CAVALCANTE, L. B. **Análise da vulnerabilidade ambiental do município de Apucarana - PR. 2014**. Dissertação de mestrado em Geografia, Universidade Estadual de Maringá.

CESSEL, G. M. et. al. **Análise da qualidade de água nas nascentes do Rio Pirapó-Apucarana – PR**. 28º EAIC. UEM, Maringá-PR. 2019. Disponível em: <http://www.eaic.uem.br/eaic2019/anais/artigos/3456.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

CHRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia Fluvial: bases para mapeamento geomorfológico**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1980.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Histórico de Conjunturas de Soja**. Histórico Semanal, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-de-conjunturas-de-soja>. Acesso em: 24 jun. 2023.

DIAS, et. al. **Análise Hidráulica e hidrológica do canal retificado da nascente do Ribeirão Barra nova e propostas de melhorias**. IV SRRU; XIV ENAU. Brasília/DF, 2022. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/189/XIV-ENAU_IV-SRRU0075-1-20220719-204249.pdf. Acesso em: 25 ago. 2023.

DONIZETE, A. **Homem cuida há 60 anos de nascente de rio em seu quintal no norte do PR**. Folhapress, Folha de São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2018/01/1949283-homem-cuida-ha-60-anos-de-nascente-de-rio-em-seu-quintal-no-norte-do-pr.shtml>. Acesso em: 20 ago. 2023.

DUTRA, M. A; TORRES, E. C. **Origem do solo de “Terra roxa” no norte do Paraná: O município de Apucarana e suas singularidades**. In: Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE. Governo do estado do Paraná, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção de Soja - Paraná 2019**. Embrapa Soja, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1123942/1/sistema-de-producao-de-soja-2019-web.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Uso adequado do solo é premissa fundamental para a sustentabilidade**. Manejo de Recursos Hídricos, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/25557460/uso-adequado-do-solo-e-premissa-fundamental-para-a-sustentabilidade>. Acesso em: 09 out. 2023.

FARIA, M. do C. **Apucarana – Processo de ocupação e colonização**. VII Congresso Internacional de História, 2015. Disponível em: 1430.pdf (uem.br). Acesso em 28 ago. 2022.

FARIA, M. do C. **As Transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Biguaçu – Apucarana/PR.** Dissertação de Mestrado, UEM, Maringá, 2007. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/2794>. Acesso em 21 ago. 2023.

FBDS, Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Camada de Hidrografia de Apucarana-PR.** 2021. Disponível em: <https://geo.fbds.org.br/PR/APUCARANA/HIDROGRAFIA/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

FERREIRA, R.B. et al. **Análise da evolução do cultivo da cana-de-açúcar e da produção de etanol no estado do Paraná.** Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 6, n. 2, p. 172-187, 2017.

FERREIRA, J. M. **Parque Biguaçu: uma proposta de educação ambiental na escola de tempo integral, Apucarana – PR.** 2006. 72f. Monografia (Bacharel em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, departamento de Geociências, Londrina, 2006.

FILHO, F. A. G. **História do desmatamento no estado do Paraná e sua relação com a reforma agrária.** In: O desflorestamento do Paraná em um século. IAT. Instituto de Água e Terra. 2020.

FIORESE, G. **Ocupação do solo e qualidade das águas em áreas urbanas: estudo de caso em Apucarana - PR.** (Tese de doutorado, Universidade Estadual de Maringá, 2020).

FONTES, A. L. **Geomorfologia Fluvial e Hidrografia.** São Cristóvão Universidade Federal de Sergipe CESAD, 2010. Disponível em: https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15504916022012Geomorfologia_Fluvial_e_Hidrografia_aula_1.pdf. Acesso em: 21 ago. 2010.

GATTI, M. **Aos 87 anos, o guardião da nascente do Rio Pirapó vai ser homenageado em Maringá.** Maringá Post, 2018. Disponível em: <https://maringapost.com.br/cidade/2018/06/04/aos-87-anos-o-guardiao-da-nascente-do-rio-pirapo-vai-ser-homenageado-em-maringa-luiz-hiroshi-fukumoto-mora-ha-70-anos-na-propriedade-onde-nasce-o-manancial/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

GOMES, L.C. et. al. **Land use and land cover scenarios: An interdisciplinary approach integrating local conditions and the global shared socioeconomic pathways.** Land Use Policy, Vol. 97,2020. doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104723. Acesso em: 24 jun. 2023.

GRAF, W. H; ARDOIN, N. M. The Effects of Channelization on the Geomorphic and Ecological Characteristics of Streams. Environmental Management, 37(3), 340–355. doi:10.1007/s00267-004-0285-8. 2006.

GONÇALVES, F. D. **Análise da qualidade da água da nascente do rio Pirapó em área urbana do município de Apucarana - PR de seu afluente receptor.** Maringá-PR. 2019. Disponível em: <https://rdu.unicesumar.edu.br/xmlui/handle/123456789/5256>. Acesso em: 16 ago. 2023.

GRIZIO, E. V. CANEZIN, M. O. V. **Considerações sobre a qualidade de água do Rio Pirapó na porção urbana de Apucarana/PR.** Sinagget, Londrina, UEL. 2018. Disponível em: <http://anais.uel.br/portal/index.php/sinagget/article/view/415/334>. Acesso em: 15 ago. 2023.

GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 337-339, 1996.

HALL, J.; HOSSAIN, A.K.M.A. **Mapping Urbanization and Evaluating Its Possible Impacts on Stream Water Quality in Chattanooga, Tennessee, Using GIS, and Remote Sensing.** Sustainability 2020.

HOFFMANN, R. M.; FERREIRA, V. F. (orgs.). **História de Apucarana.** Apucarana: Editora do Livro, 2007.

IAT, Instituto Água e Terra, Paraná. **Programa de Segurança de Barragens.** 2023. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Programa-de-Seguranca-de-Barragens>. Acesso em: 15 ago. 2023.

IAT, Instituto Água e Terra, Paraná. **Segurança de Barragens no Paraná: Avanços e desafios.** Osneri Roque Andreoli, Engenheiro Civil. 2021. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2021-05/4._seguranca_de_barragens_no_parana.pdf. Acesso em: 15 ago. 2023.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório de desmatamento do Estado do Paraná.** Brasília, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3143>. Acesso em 23 jun. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2021.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/apucarana.html>. Acesso em: 04 mai. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População rural e urbana.** 2015. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 13 nov. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura.** 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9109-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html>. Acesso em: 25 jun. 2023.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de dados Geomorfométricos do Brasil.** Topodata, 2008. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Manuais: Tutorial de Geoprocessamento.** 2018. Divisão de Processamento de Imagens. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/descricao_geral.html. Acesso em: 30 set. 2021.

IPARDES. **Paraná em dados 2019**. Curitiba, 2019. Disponível em: <https://www.ipardes.gov.br>. Acesso em: 25 jun. 2023.

ITB. Instituto Trata Brasil. **Esgoto: principais estatísticas no Brasil**. Principais estatísticas no Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 10 nov. 2021.

KLEIN, F. **Região tem quatro barragens classificadas de "alto risco", segundo IAT**. Tn Online, Apucarana, 2023. Disponível em: <https://tnonline.uol.com.br/noticias/apucarana/regiao-tem-quatro-barragens-classificadas-de-alto-risco-segundo-iat-735931?d=1>. Acesso em: 15 ago. 2023.

MAIA, S. A. et. al. **A influência da declividade no uso e ocupação da terra em uma microbacia da cidade de Manaus/AM**. XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2023, Florianópolis, 2023.

MAPBIOMAS. Download. 2023. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 20 set. 2022.

MAPBIOMAS. Códigos de Legenda. **Códigos da legenda - coleção 7 e 7.1 e descrição da legenda**. 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/codigos-de-legenda>. Acessado em: 10 out. 2022.

MASCARÓ, Juan Luis. **Manual de Direito Urbanístico**. Editora Atlas, 2016.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Cadernos de recursos hídricos: ciclo hidrológico**. Brasília: MMA, 2010.

MATOS, A. B. de. et. al. **Diagnóstico do Manejo de águas pluviais em uma grande cidade sem um plano diretor de drenagem**. XXX Congresso Latinoamericano de Hidráulica, v. 5, Madrid, Espanha, 2023.

NAYAN, N. K. et. al. **Spatio-temporal dynamics of water resources of Hyderabad Metropolitan Area and its relationship with urbanization**. Land Use Policy, Vol. 99, 2020. doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105010. Acesso em 24 jun., 2023.

OLIVEIRA, C. V. de. JABUR, A. S. **Análise hidráulica do bueiro localizado no Ribeirão Barra Nova, Apucarana – PR**. XXX CLH, Brasil, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/28214/LeccionesAprendidasAplicaci%C3%B3n.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 26 out. 2022.

ONU (Organização das Nações Unidas). 2020. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: ONU. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em 14 nov. 2021.

PACHECO, F. A. L., NASCIMENTO, N. O., & MENDES, T. A. S. **A Importância do Degelo na Hidrologia de Montanha: Um Estudo de Caso na Serra do Espinhaço Meridional**. Revista de Geografia, Recife-PE, 2015.

PARANÁ. Companhia Melhoramentos Norte do. Colonização e desenvolvimento do Norte do Paraná. Publicação Comemorativa do Cinquentenário da Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP). São Paulo, 1975.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA. **Bacias Hidrográficas do Paraná**. 2015. 140 p.

PEREIRA, I. R. de S. LISBOA, A. H. **Canalizar córregos e rios: Solução ou mais um problema?** Projeto Manuelzão, UFMG, 2019.

PEREIRA, V. C. A. **Estudo da aptidão agrícola das terras do município de Apucarana - PR. 2016**. Dissertação de mestrado em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá.

PEREIRA, M.F. **O café na economia do estado do Paraná: evolução, crise e desestruturação produtiva**. Tese de Doutorado - UNICAMP, Campinas, 2002. Disponível em: https://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/285559/1/Pereira_MarceloFernandes_D.pdf f. Acesso em: 25 jun. 2023.

RAMOS, R. J. P. S. et. al. **Manual de Referência para Projetos de Canalização de Cursos d'Água**. 2018. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/32925/1/2018_tese_rjpsramos.pdf. Acesso em: 23 ago. 2023.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, Planta e Atmosfera** .2. ed. São Paulo: Manole, 2012.

RIBEIRO, M. L. C. **Análise das Características Hipsométricas e Morfométricas da Bacia do Ribeirão Jacutinga, Apucarana (PR)**. Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Maringá, 2015.

RIBEIRO, T. F. K. JABUR, A. S. **Diagnóstico Hidrológico e Hidráulico de uma Barragem de Pequeno Porte: Estudo de Caso da Barragem do Lago Jaboti, Apucarana – Paraná**. XXX CLH, Brasil, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/28214/LeccionesAprendidasAplicaci%C3%B3n.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 26 out. 2022.

RIBEIRO, W. C. **A ordem ambiental internacional**. 1. Ed. São Paulo: Contexto, 2001.

RICARDO, A. C. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4ª ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SALGADO, L. R. et al. **Trends in vegetation cover and fragmentation in the Brazilian Cerrado, 1985-2020**. Remote Sensing, v. 13, n. 2, p. 255, 2021.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: EDUSP, 1994.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova**. São Paulo: HUCITEC, 1978.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**; São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SCHUBERT, B. J. MIKALOUSKI, U. Análise microbiológica do Lago Jaboti. Revista: Terra & Cultura, Londrina, v. 35. n. 68, 2019. Disponível em: <http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistatestes/article/view/1027>. Acesso em: 26 ago. 2016.

SEAB/DERAL. Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Departamento de Economia Rural. **Cana-de-açúcar e o setor sucroalcooleiro**. Paraná, Governo do Estado, 2013. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Cana-de-Acucar-55>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SEAB/DERAL. Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Departamento de Economia Rural. **Soja: Análise da Conjuntura**. Paraná, Governo do Estado, 2019. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/deral/safras>. Acesso em 25 jun. 2023.

SIMEPAR. Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. **Apucarana/PR**. 2023. Acesso em: 28 jan. 2023.

SOATO, J. M. de A. **A indústria do boné em Apucarana – Estudo de caso**. Dissertação Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento Econômico, Setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, 2009.

SOBRINHO, A. P. de M. NIGRO, G. T. **Os parques da cidade de Apucarana – PR**. I Encontro Regional de Geografia XXII e Semana de Geografia, Maringá, 2014.

SOSMA. **A Mata Atlântica é a floresta mais devastada do Brasil**. SOS Mata Atlântica, 2019. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

SOUZA, C.M. et al. **Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine**. Remote Sens. 2020, 12, 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>. Acesso em: 04 mai. 2023.

SOUZA, et. al. **Estrutura ictiofaunística na zona litorânea de um lago urbano na bacia do Rio Ivaí**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR), 2015. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/3392/2543>. Acesso em: 25 ago. 2023.

SPOSITO, Maria Encarnação. **Urbanização e geografia urbana no Brasil**. São Paulo: Contexto, 2000.

SPOSITO, M. E. **Urbanização e Geografia da População**. São Paulo: Editora UNESP, 2001.

SPOSITO, M. E. **Urbanização e Meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2015.

STEFFEN, C. A.; **Introdução ao sensoriamento remoto**. Divisão de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE, São José dos Campos São– SP. Disponível em: <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>. Acesso em: 20 jul. 2022.

SYEED, M. M. M., et. al. **Surface water quality profiling using the water quality index, pollution index and statistical methods: A critical review.** Environmental and Sustainability Indicators, V. 18. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100247>. Acesso em: 24 jun. 2023.

TAKEDA, Tatiana. Uso e Ocupação do solo urbano. 2013. **Revista JurisWay.** Disponível em: https://www.jurisway.org.br/v2/dhall.asp?id_dh=12363. Acesso em: 15 nov. 2021.

TAVARES, G. C. (2018). Impacto Ambiental. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, 14(25), 971-986. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2018b/Meio%20Ambiente/Impacto%20Ambiental.pdf>. Acesso em: 08 out. 2023.

TERNUS, R. Z. et. al. **Influence of urbanization on water quality in the basin of the upper Uruguay River in western Santa Catarina, Brazil.** Chemical Limnology, Acta Limnol. Bras. 23 (2), 2011.

TORRES, E. C. **Um território em busca de suas paisagens: O ribeirão Biguaçu em Apucarana-PR-Brasil.** Pará de Minas, MG: VirtualBooks Editora, Publicação 2014.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas.** Estudos Avançados, 22 (63), 97-112. 2008.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas.** Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Recursos hídricos no século XXI.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TYUKAVINA, A. et al. **Combining global tree cover loss data with historical national forest cover maps to look at six decades of deforestation and forest fragmentation.** Nature Communications. V. 11, n. 1, p. 1-14, 2020.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **World Water Development Report 2018: Nature-based Solutions for Water.** 2018. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002605/260571e.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2023.

USGS. United States Geological Survey, US Department of the Interior. **Water Science School. Ice, Snow, and Glaciers and the Water Cycle.** Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-cycle>. Acesso em: 08 out. 2023.

VILLELA, S.M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada;** São Paulo: McGraw Hill, 1975. 250p.

WEN, C et. al. **Spatiotemporal Evolution of Lakes under Rapid Urbanization: A Case Study in Wuhan, China.** Water 2021.

WHO. World Health Organization. **Water Sanitation Hygiene: Waterborne Disease.** Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/water-sanitation-hygiene>. Acesso em: 23 jun. 2023.

YANG, X. et. al. **Spatio-temporal variation of groundwater pollution in urban wetlands and management strategies for zoning**. Journal of Environmental Management, Volume 342, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118318>. Acesso em: 24 jun. 2023.

38 NEWS, Redação. **Moradores denunciam desmatamento feito pela prefeitura em nascente do Rio Pirapó em Apucarana**. Canal 38. Apucarana, 2019. Disponível em: <https://www.canal38.com.br/moradores-denunciam-desmatamento-feito-pela-prefeitura-em-nascente-do-rio-pirapo-em-apucarana/>. Acesso em: 16 ago. 2023.

38 NEWS, Redação. **Prefeitura de Apucarana tenta aterrar mina d'água em nascente do Rio Pirapó**. Canal 38. Apucarana, 2022. Disponível em: <https://www.canal38.com.br/prefeitura-de-apucarana-tenta-aterrar-mina-dagua-em-nascente-do-rio-pirapo/>. Acesso em: 16 ago. 2023