

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – ICIAG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL – PPGMQ
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MEIO AMBIENTE E QUALIDADE AMBIENTAL

LETÍCIA LEMOS DE SOUZA

**DIAGNÓSTICO DA SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA PARA O PROCESSO
DE URBANIZAÇÃO EM ÁREAS RURAIS ÀS MARGENS DE LAGOS ARTIFICIAIS
COM USO DE GEOTECNOLOGIAS**

UBERLÂNDIA

2023

LETÍCIA LEMOS DE SOUZA

**DIAGNÓSTICO DA SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA PARA O PROCESSO
DE URBANIZAÇÃO EM ÁREAS RURAIS ÀS MARGENS DE LAGOS ARTIFICIAIS
COM USO DE GEOTECNOLOGIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (PPGMQ/ICIAG/UFU), para a obtenção do título de Mestre em Qualidade Ambiental.

Eixo Temático: Gestão e Monitoramento Ambiental

Orientação: Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva

UBERLÂNDIA

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S729 2023	<p>Souza, Leticia Lemos de, 1973- Diagnóstico da supressão de vegetação nativa para o processo de urbanização em áreas rurais as margens de lagos artificiais com uso de geotecnologias [recurso eletrônico] / Leticia Lemos de Souza. - 2023.</p> <p>Orientador: Claudionor Ribeiro da Silva. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Qualidade Ambiental. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.622 Inclui bibliografia.</p> <p>1. Desenvolvimento sustentável. I. Silva, Claudionor Ribeiro da, 1981-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Qualidade Ambiental. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 502.33</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

LETÍCIA LEMOS DE SOUZA

DIAGNÓSTICO DA SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA PARA O PROCESSO DE
URBANIZAÇÃO EM ÁREAS RURAIS ÀS MARGENS DE LAGOS ARTIFICIAIS COM
USO DE GEOTECNOLOGIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (PPGMQ/ICIAG/UFU), para a obtenção do título de Mestre em Qualidade Ambiental.

Eixo Temático: Gestão e Monitoramento Ambiental

Aprovada em: 30 de novembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva – Presidente e Orientador
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Profª. Dra. Elaine Saraiva Calderari – Membro Interno
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Prof. Dr. Angelo Evaristo Sirtoli – Membro Externo
Universidade Federal do Paraná (UFPR)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental
 BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6717 - www.ppgmq.iciag.ufu.br - ppgmq@iciag.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Qualidade Ambiental (PPGMQ)				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 10/2023, PPGMQ				
Data:	30 de novembro de 2023	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:00
Matrícula da Discente:	12112MQA016				
Nome da Discente:	LETICIA LEMOS DE SOUZA				
Título do Trabalho:	DIAGNÓSTICO DA SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA PARA O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO EM ÁREAS RURAIS ÀS MARGENS DE LAGOS ARTIFICIAIS				
Área de concentração:	Meio Ambiente e Qualidade Ambiental				
Linha de pesquisa:	Processos Ambientais				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Sem vínculo				

Reuniu-se no Bloco 1H do *Campus* Santa Mônica, na sala 1H2A, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ), assim composta: Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva (Orientador); Dr.^a Elaine Saraiva Calderari (UFU); e Prof. Dr. Ângelo Evaristo Sirtoli (UFPR).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Claudionor Ribeiro da Silva, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/11/2023, às 17:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Elaine Saraiva Calderari, Pró-Reitor(a)**, em 15/01/2024, às 14:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Angelo Evaristo Sirtoli, Usuário Externo**, em 01/02/2024, às 17:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4303644** e o código CRC **D454467A**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores e orientadores que conheci no Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (PPGMQ/ICIAG/UFU), pela dedicação, humanidade, carinho e equilíbrio, em que me impactaram positivamente com exemplos que tentarei replicar na minha vida pessoal e profissional e para o mundo. São pessoas admiráveis que nunca esquecerei!

À UFU, à Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação (PROPP/UFU), ao Iciag e ao PPGMQ, pelo incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento sustentável e ambiental, com um espaço saudável e propício ao compartilhamento de experiências.

E à Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU), à Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (SEPLAN), às Diretorias de Urbanismo e Pesquisas Integradas, aos diretores, coordenadores e colegas, pelas informações prestadas ou concedidas que permitiram a realização desta pesquisa.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ALP	Área Legalmente Protegida
AMBEV	<i>Americas' Beverage Company</i> (Companhia de Bebidas das Américas)
APP	Área de Preservação Permanente
AOE	Área Objeto de Estudo
BA	Bahia
BM	Banco Mundial
CBERS	<i>China-Brazil Earth Resources Satellite</i> (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres)
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CF	Código Florestal
CODEMA	Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP26	Conferência das Partes n. 26
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil
CQNUAC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas
DIG	Diretoria de Pesquisas Integradas
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgoto
DN	Deliberação Normativa
ENVI	<i>Environment for Visualizing Images</i> (Ambiente para Visualização de Imagens)
ERTS	Satélite Tecnológico de Recursos Terrestres (<i>Earth Resources Technology Satellite</i>)
EUA	Estados Unidos da América
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i> (Sistema Global de Navegação por Satélite)
GWh	Gigawatt-hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICIAG	Instituto de Ciências Agrárias
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IG	Instituto de Geografia

IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
kW	Kilowatt
LC	Lei Complementar
LF	Lei Federal
LO	Lei Ordinária
MG	Minas Gerais
Mha	Milhões de hectares
MIR	<i>Medium Infrared</i> (Infravermelho Médio)
MP	Ministério Público
MPE	Ministério Público Estadual
MS	Mato Grosso do Sul
mW	Megawatt
MZTL	Macrozona de Turismo e Lazer
NAPS	Núcleo de Aprovação de Parcelamento do Solo
NAPCI	Núcleo de Análise de Parcelamento do Solo Clandestino e Irregular
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> (Administração Aeronáutica e Espacial Nacional)
NDBI	<i>Normalized Difference Built-up Index</i> (Índice Acumulado de Diferença Normalizada)
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)
NIR	<i>Near Infrared</i> (Infravermelho Próximo)
ODS	Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável
OLI	<i>Operational Land Imager</i> (Imageador Terrestre Operacional)
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PACUERA	Plano Ambiental, de Conservação e Uso do Reservatório Artificial
PIB	Produto Interno Bruto
PDI	Processamento Digital de Imagens
PMU	Prefeitura Municipal de Uberlândia
PNMA	Plano Nacional de Meio Ambiente

PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPGMQ	Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental
PRAD	Projeto de Recuperação Ambiental Áreas Degradadas
PROURBI	Programa de Regularização de Núcleos Urbanos Irregulares
PTRF	Plano Técnico de Recuperação Florístico
RAD	Relatório Anual de Desmatamento
RED	<i>Red</i> (Banda do Vermelho)
REURB-E	Regularização Fundiária Específica
REURB-S	Regularização Fundiária de Interesse Social
RJ	Rio de Janeiro
S	Sul
SA	Sociedade Anônima
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SEPLAN	Secretaria Municipal de Planejamento Urbano
SIG/GIS	Sistema de Informação Geográfica/ <i>Geographic Information System</i>
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SP	São Paulo
TM	<i>Thematic Mapper</i> (Mapeador Temático)
UC	Unidade de Conservação
UEPGRH	Unidade Estadual de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
UERJ	Universidade Estadual do Rio de Janeiro
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UHE	Usina Hidrelétrica
UN-HABITAT	<i>United Nations Human Settlements Programme</i> (Programa de Assentamentos Humanos das Nações Unidas)
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social
ZUE 5	Zona de Urbanização Específica 5

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização e panorama censitário do município de Uberlândia (MG)	51
Figura 2. Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UEPGRHs) de MG	52
Figura 3. Municípios que confrontam com o Rio Araguari	53
Figura 4. Município de Uberlândia (MG), zona urbana e UHEs no Rio Araguari	54
Figura 5. Distribuição das sub-bacias na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari	55
Figura 6. Vista dos vertedouros do Reservatório da UHE Miranda.....	56
Figura 7. Acesso à UHE Miranda pela BR-452	56
Figura 8. Loteamentos clandestinos ou irregulares na zona urbana de Uberlândia (MG)	59
Figura 9. Loteamentos clandestinos ou irregulares na zona rural de Uberlândia (MG).....	60
Figura 10. Perímetro de Uberlândia (MG), do Parque do Pau Furado e da ZUE 5	61
Figura 11. Mapa de classificação NDVI na AOE – 2000	83
Figura 12. Mapa de classificação NDVI na AOE – 2008	84
Figura 13. Mapa de classificação NDVI na AOE – 2016	88
Figura 14. Mapa de classificação NDVI na AOE – 2019	89
Figura 15. Método de classificação NDBI	95
Figura 16. Mapa de classificação NDBI na AOE – 2000.....	97
Figura 17. Mapa de classificação NDBI na AOE – 2008.....	98
Figura 18. Mapa de classificação NDBI na AOE – 2016.....	102
Figura 19. Mapa de classificação NDBI na AOE – 2019.....	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. População urbana e taxa de urbanização de 2015 a 2050 – em milhões.....	29
Quadro 2. População urbana e taxa de urbanização de 2015 a 2050 – em %.....	29
Quadro 3. Perímetros em análise <i>versus</i> recorte temporal na AOE.....	68
Quadro 4. Relação entre características e cor utilizada para os maciços florestais	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características das bandas espectrais do satélite <i>Landsat 5</i>	63
Tabela 2. Características das bandas do satélite <i>Landsat 8</i>	64
Tabela 3. Áreas dos polígonos da AOE – 2000 e 2008	83
Tabela 4. Dimensão das partições das classes na AOE – 2000 e 2008	85
Tabela 5. Áreas dos polígonos na AOE – 2016.....	87
Tabela 6. Áreas dos polígonos na AOE – 2019.....	87
Tabela 7. NDVI – dimensão das partições na AOE – 2016	90
Tabela 8. NDVI – dimensão das partições na AOE – 2019	90
Tabela 9. NDVI – dimensão das partições das classes na AOE – 2000, 2008, 2016 e 2019 ..	93
Tabela 10. NDVI – dimensão das partições das classes na AOE – 2000 e 2008	96
Tabela 11. NDBI – área dos polígonos – 2016.....	101
Tabela 12. NDBI – área dos polígonos – 2019.....	101
Tabela 13. NDBI – dimensão das partições das classes na AOE – 2016 e 2019	101
Tabela 14. NDBI – dimensão das partições das classes na AOE nos anos de 2000, 2008, 2016 e 2019	106
Tabela 15. NDVI <i>versus</i> NDBI – dimensão das partições das classes (em km ²) na AOE – 2000, 2008, 2016 e 2019	109
Tabela 16. NDVI <i>versus</i> NDBI – dimensão das partições (em %) na AOE – 2000, 2008, 2016 e 2019	109

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Participação de setores nas emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) no Brasil – 2018 e 2019	15
Gráfico 2. Emissões de GEE no Brasil por setor – 2010 a 2019	16
Gráfico 3. Remoções de CO ₂ ocasionadas por florestas – em milhões de toneladas	16
Gráfico 4. Crescimento da população urbana – 1950 a 2030	28
Gráfico 5. Classificação de área das classes em % – CF 1965, Conama 100 e ZUE 5 – 2000 e 2008	85
Gráfico 6. Classificação de área em % – CF 1965 e Conama 100 – 2000 e 2008	85
Gráfico 7. Distribuição de área em % – CF 2012, Conama 100 (2016), Conama 30 (2019) e ZUE 5	90
Gráfico 8. Distribuição de área em % – CF 2012, Conama 100 (2016) e Conama 30 (2019)	91
Gráfico 9. Distribuição de área em % – ZUE 5 – 2016 e 2019	91
Gráfico 10. Distribuição de área em % – CF 2012 – 2016 e 2019	92
Gráfico 11. Distribuição de área em % – área total – 2000, 2008, 2016 e 2019	94
Gráfico 12. Distribuição da área em % – CF 1965, Conama 100 e ZUE 5 – 2000 e 2008	99
Gráfico 13. Distribuição de área em % – CF 100 – 2000 e 2008	99
Gráfico 14. Distribuição de área em % – ZUE 5 – 2000 e 2008	99
Gráfico 15. Distribuição de área em % – CF 2012, Conama 30, Conama 100 e ZUE 5 – 2016 e 2019	104
Gráfico 16. Distribuição de área em % – CF 2012 e Conama 30 e Conama 100 – 2016 e 2019	104
Gráfico 17. Distribuição de área em % – CF 2012 – 2016 e 2019	105
Gráfico 18. Distribuição de área em % – ZUE 5 – 2016 e 2019	106
Gráfico 19. Distribuição de área em % – área total – 2000, 2008, 2016 e 2019	107
Gráfico 20. Distribuição de área em % – área total – 2000, 2008, 2016 e 2019	109
Gráfico 21. Distribuição de área em % – área total – 2000	110
Gráfico 22. Distribuição de área em % – área total – 2008	111
Gráfico 23. Distribuição de área em % – área total – 2016	111
Gráfico 24. Distribuição de área em % – área total – 2019	112

RESUMO

SOUZA, Leticia Lemos. **Diagnóstico da supressão de vegetação nativa para o processo de urbanização em áreas rurais às margens de lagos artificiais com uso de geotecnologias.** 2023. 125 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023¹.

Terras rurais podem ser urbanizadas por normativas destinadas ao desenvolvimento econômico de uma região e, por consequência, clandestinas, ao promoverem a dispersão urbana em direção a áreas que deveriam ser preservadas. Contrariamente à questão ambiental, a Lei Federal (LF) n. 13.465 (Brasil, 2017) passou a permitir a regularização de núcleos urbanos informais consolidados independentes de sua localização, o que beneficiou tanto ocupações por população de baixa renda localizadas em zonas especiais de interesse social (REURB-S), quanto outras empreendidas por grupos com diversos interesses (REURB-E), a exemplo da maioria dos loteamentos clandestinos no entorno da Represa de Miranda, um dos reservatórios artificiais formados com a implantação de Usinas Hidrelétricas (UHEs) no Rio Araguari em Uberlândia, Minas Gerais, beneficiados não apenas pela referida LF, mas também pela criação, em 2019, da normativa municipal que transformou a área rural em Zona de Urbanização Específica (ZUE). Para compreender os impactos ambientais causados pelo princípio dessa urbanização, seria necessário diagnosticar o que foi suprimido de vegetação nativa devido ao parcelamento do solo. Aliás, o levantamento do uso e da cobertura do solo por técnicas tradicionais seria moroso e oneroso, dadas as dimensões da área; porém, imagens de satélite e técnicas de processamento digital (PDI) têm sido amplamente utilizadas, em especial por cobrir grandes áreas com menor custo na etapa de levantamento. Dentre as técnicas de PDI, o Índice Acumulado de Diferença Normalizada (*Normalized Difference Built-up Index* – NDBI) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) se sobressaem pela variedade de aplicações em estudos de uso e cobertura do solo, cujos interesses se referem, respectivamente, à área construída ou com vegetação. Diante disso, mapearam-se a evolução da supressão de vegetação nativa por meio do NDVI e o acréscimo de área construída pelo NDBI, ao registrar o avanço da antropização na ZUE 5, o que confirmou a perda de áreas de vigor vegetativo (natural, de agricultura ou pastagens) e o aumento do parcelamento do solo (regular ou irregular) para fins habitacionais. A urbanização por vetores de desenvolvimento urbano ocasiona a perda de biodiversidade, a impermeabilização do solo, a geração e o carreamento de resíduos sólidos para a represa, entre outros. O diagnóstico ora realizado subsidia a definição de diretrizes que mitigam os impactos urbanos e ambientais e levam à preservação ambiental e a ecologia urbana.

Palavras-chave: Urbanização; Preservação ambiental; Geoprocessamento.

¹ Orientador: Prof. Dr. Claudionor Ribeiro da Silva – UFU

ABSTRACT

SOUZA, Leticia Lemos. **Diagnosis on the suppression of native vegetation for the urbanization process in rural areas on the shores of artificial lakes using geotechnologies.** 2023. 125 p. Dissertation (Master's in Environmental Quality) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2023¹.

Rural lands can be urbanized by regulations aimed at the economic development of a region and, consequently, clandestine, by promoting urban dispersion towards areas that should be preserved. Contrary to the environmental issue, Federal Law (LF, in Portuguese abbreviation) no. 13,465 (Brazil, 2017) started to allow the regularization of consolidated informal urban centers independent of their location, which benefited both occupations by low-income populations located in special zones of social interest (REURB-S), and others undertaken by groups with various interests (REURB-E), such as the majority of clandestine subdivisions around the Miranda Reservoir, one of the artificial reservoirs formed with the implementation of Hydroelectric Power Plants (UHEs) on Araguari River in Uberlândia, Minas Gerais, benefiting not only from the aforementioned LF, but also due to the creation, in 2019, of municipal regulations that transformed rural area into a Specific Urbanization Zone (ZUE). To understand the environmental impacts caused by the principle of this urbanization, it would be necessary to diagnose what native vegetation was removed due to the land subdivision. In fact, surveying soil use and coverage using traditional techniques would be time-consuming and costly, given the size of the area; however, satellite images and digital processing techniques (PDI) have been widely used, especially because they cover large areas at a lower cost in the survey stage. Among the PDI techniques, the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) stand out for their variety of applications in use and coverage studies. land, whose interests refer, respectively, to the built or vegetated area. In view of this, the evolution of the suppression of native vegetation was mapped through the NDVI and the increase in area built by the NDBI, by recording the advance of anthropization in ZUE 5, which confirmed the loss of areas of vegetative vigor (natural, agricultural or pastures) and the increase in land division (regular or irregular) for housing purposes. Urbanization due to urban development vectors causes the loss of biodiversity, the sealing of the soil, the generation and transport of solid waste to the dam, among others. The diagnosis now carried out supports the definition of guidelines that mitigate urban and environmental impacts and lead to environmental preservation and urban ecology.

Keywords: Urbanization; Environmental preservation; Geoprocessing.

¹ Advisor: PhD. Claudionor Ribeiro da Silva – UFU

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS.....	18
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos específicos	19
1.2 JUSTIFICATIVA	19
1.3 HIPÓTESE	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1 MEIO AMBIENTE, DESENVOLVIMENTO E URBANIZAÇÃO	22
2.2 SUSTENTABILIDADE NAS CIDADES: ECOLOGIA URBANA E URBANISMO BIOFÍLICO	27
2.2.1 A ecologia urbana	30
2.2.2 Em busca do urbanismo sustentável ou de cidades menos insustentáveis?	35
2.3 GEOTECNOLOGIAS NA GESTÃO URBANA E AMBIENTAL	42
2.3.1 Índices espectrais	44
2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA	47
3 MATERIAIS E MÉTODOS	51
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	51
3.1.1 Impactos ambientais no entorno de UHEs	57
3.1.2 Loteamentos irregulares e clandestinos no entorno da UHE Miranda em Uberlândia (MG)	57
3.2 MATERIAIS	63
3.3 MÉTODOS.....	66
3.3.1 Análise qualitativa com base nas normativas federais e municipais	66
3.3.2 Análise quantitativa com produtos cartográficos	66
3.3.3 Processamento do NDVI	68
3.3.4 Processamento do NDBI	70
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
4.1 ANÁLISE QUALITATIVA DAS NORMATIVAS DE INTERESSES FEDERAIS E MUNICIPAIS.....	71
4.1.1 Normativas municipais	72
<i>4.1.1.1 LF n. 13.465/2017 – regularização fundiária pelo Reurb</i>	<i>72</i>
<i>4.1.1.2 LC n. 432/2006 – plano diretor de Uberlândia (MG)</i>	<i>74</i>

4.1.1.3 LO n. 10.700/2011 – política ambiental de Uberlândia (MG).....	75
4.1.2 LFs de interesse com polígonos aplicados nos mapas NDVI e NDBI	77
4.1.2.1 LF n. 4.771/1965 – CF antigo/polígono CF 1965.....	77
4.1.2.2 Resolução Conama n. 302/2002 – Polígono Conama 100 (áreas rurais – 2000, 2008 e 2016) e Conama 30 (áreas urbanas – 2019).....	77
4.1.2.3 LF n. 12.651/2012 – CF atual – polígono CF 2012.....	78
4.1.2.4 LF n. 13.465/2017 – regularização fundiária pelo Reurb	80
4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA – NDVI E NDBI.....	82
4.2.1 Identificação da cobertura vegetal por meio do NDVI – 2000 e 2008	83
4.2.2 Identificação da cobertura vegetal por meio do NDVI – 2016 e 2019	87
4.3 ANÁLISE NDVI GERAL.....	93
4.3.1 Identificação das áreas construídas por meio do NDBI.....	95
4.4 ANÁLISE NDBI PARA OS ANOS DE 2000 E 2008.....	96
4.5 ANÁLISE NDBI PARA OS ANOS DE 2016 E 2019	100
4.6 ANÁLISE NDBI GERAL	106
4.7 COMPARATIVO DA ANÁLISE GERAL NDVI <i>VERSUS</i> NDBI.....	108
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113
REFERÊNCIAS	116

1 INTRODUÇÃO

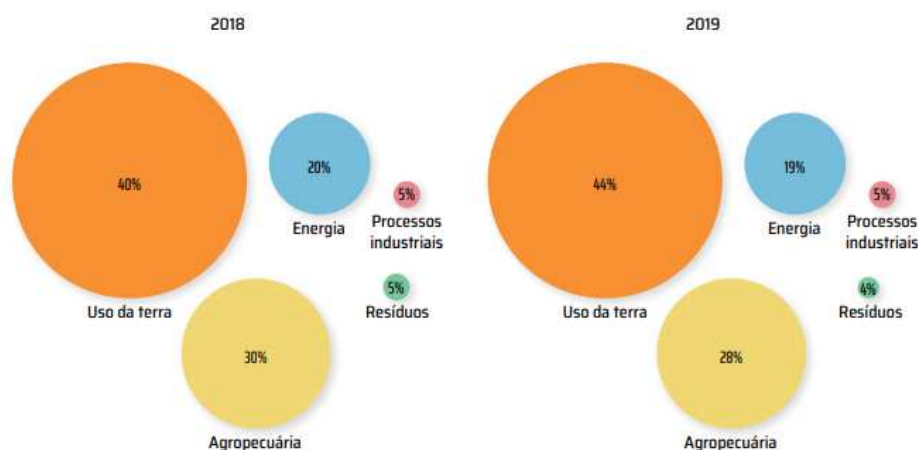
Pressões sofridas pelo meio ambiente têm sido discutidas há décadas por estudiosos e governantes em eventos mundiais, desde Estocolmo, em 1972, e, mais recentemente, na Conferência das Partes (COP26), realizada durante a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC).

Sob coordenação da Organização das Nações Unidas (ONU), tal encontro levou à elaboração de metas e ações para 2030, com o intuito de alcançar estabilidade ambiental em acordos internacionais e compromissos de médio e longo prazo entre os países participantes; minimizar e, se possível, reverter o aquecimento global do planeta; mitigar a emissão de poluentes na atmosfera; erradicar o desmatamento de florestas; e preservar os recursos naturais que paulatinamente modificaram o clima e têm ocasionado catástrofes ambientais.

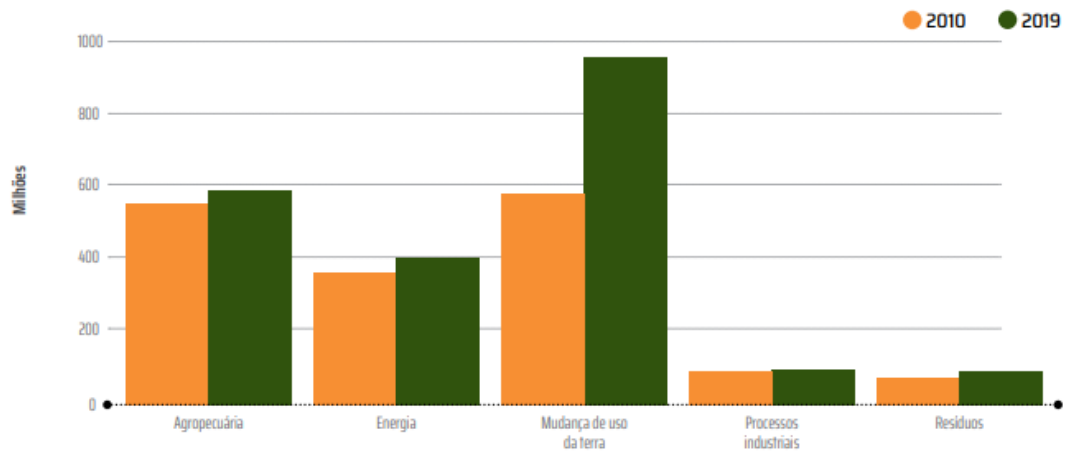
Como um dos países integrantes e voluntários da COP26, o Brasil se comprometeu com uma agenda estratégica para a neutralidade climática, ou seja, conter os impactos climáticos com o aumento máximo de 1,5 °C na temperatura média da Terra, em comparação ao período pré-industrial, ao se atentar à redução do gás metano (CH₄) proveniente de atividades agropecuárias e do desmatamento florestal.

Dados revelam que as alterações no uso da terra representam uma das maiores contribuições nas alterações climáticas (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, 2023). Na sequência, os Gráficos 1 e 2, elaborados a partir de dados do Inventário Nacional de Emissões de Gases Estufa no Brasil, apresentam o cenário nacional de contribuições de cada segmento de mercado no tocante à referida emissão:

Gráfico 1. Participação de setores nas emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) no Brasil – 2018 e 2019

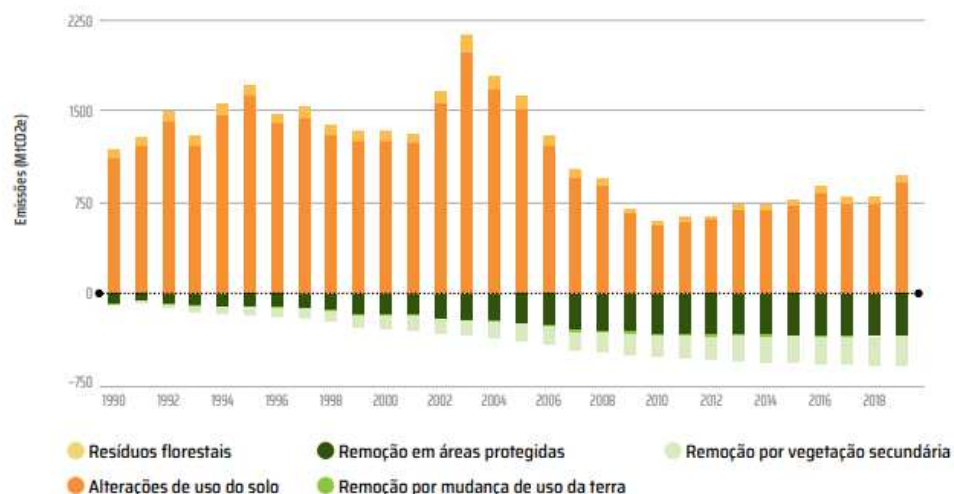


Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (2023).

Gráfico 2. Emissões de GEE no Brasil por setor – 2010 a 2019

Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (2023).

Por sua vez, o Gráfico 3 ilustra a relação entre a capacidade de remoção de CO₂ da atmosfera por florestas em seus diferentes estágios: primário (vegetação em vigor), secundário (em recuperação ou reflorestadas) e em áreas onde o uso da terra foi alterado e a cobertura vegetal, removida, independentemente da finalidade ou atividade. Ressalta-se que uma floresta primária intocada e com vigor vegetativo possui capacidade maior de sequestrar o carbono da atmosfera em comparação às florestas secundárias (Observatório do Clima, 2023).

Gráfico 3. Remoções de CO₂ ocasionadas por florestas – em milhões de toneladas

Fonte: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (2023).

Segundo o Relatório 2023 de Análise de Emissões de Gases Estufa e suas implicações, que analisa dados de 1970 a 2021, do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), o Brasil é o sétimo maior emissor de GEE do mundo, e as mudanças de uso da terra responderam por 49% das emissões brutas no país, contra 46% em 2020. A alta

denota um aumento no desmatamento e, apesar de ter cumprido a meta numérica da Política Nacional sobre Mudança do Clima, não alterou a trajetória de emissões e, tampouco, o perfil de poluição pelo desmatamento (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, 2023).

Todavia, de acordo com o Relatório Anual de Desmatamento (RAD), a área desmatada no Brasil cresceu 22,3% em 2022 – do total, 90% correspondem à Amazônia e ao Cerrado e se originam da ilegalidade. Apesar dos dados do impacto nas alterações do uso da terra se referirem principalmente a atividades agrícolas, extrativistas ou pecuárias, reforça-se a importância da preservação do patrimônio natural para manter o equilíbrio entre a quantidade de área depredada e subtraída do meio ambiente. Ademais, verificam-se os elementos necessários no ambiente para reequilibrar os resíduos e as consequências das mesmas atividades para manter o planeta conhecido até os dias atuais (MapBiomas, 2023).

Esses dados levam a refletir também sobre os vetores de expansão urbana promovidos pelas normativas, com o intuito de desenvolver economicamente novas áreas de cidades que forcem os limites do perímetro urbano, em sua maioria, com o parcelamento do solo para fins residenciais. Nesses casos, não há seleção de área, em que a vegetação nativa pode ser removida em áreas urbanas e rurais juntamente a Áreas de Preservação Permanente (APPs) próximas a nascentes ou em áreas de recarga de corpos d'água.

A expansão urbana pode acontecer de forma regular e planejada pelo parcelamento do solo de um município ou de forma espontânea e clandestina, com a ocupação irregular de áreas nas periferias das cidades. Parte dessa irregularidade é causada por pessoas economicamente desfavorecidas que não conseguem pagar pelo valor da terra no perímetro urbano, seja em virtude da grande valorização da terra, com os vazios urbanos produzidos pela especulação imobiliária, ou até mesmo pela ausência de um planejamento urbano efetivo que promova aumentos na densidade populacional.

Nas áreas rurais, afirma-se que a expansão urbana espontânea (irregularidade ou clandestinidade) acontece por diversos motivos, como existir morosidade no processo de aprovação de loteamentos, parcelar sem considerar os parâmetros definidos nas normativas, não doar áreas públicas (aspecto obrigatório no parcelamento do solo urbano ou rural) ou evitar as custas do processo ou da implantação de infraestrutura urbana.

Onde antes se verificava o parcelamento de fazendas em áreas maiores (glebas) ou menores (módulos rurais), para implantar atividades voltadas ao primeiro e segundo setor da sociedade (agropastoril e industrial), nas últimas décadas se observa a comercialização de pequenas porções (lotes), em especial por meio dos contratos de compra e venda em cartórios

notariais. Com isso, divide-se a terra em frações ideais, modalidade de alienação da terra coibida apenas nos últimos anos, com a interferência do Ministério Público (MP).

Em Uberlândia (MG), o uso da terra na zona rural tem se desvinculado completamente da implantação de atividades agropastoris, em que loteamentos clandestinos são comuns e motivados pelo parcelamento do solo para fins habitacionais. Por conseguinte, a disseminação de loteamentos clandestinos e irregulares nas últimas décadas se tornou uma tendência e demonstra mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo rural. Esse tipo de irregularidade sempre surgiu de forma espontânea nas imediações do perímetro urbano, fomentado pelo déficit habitacional ou por movimentos sociais da reforma agrária, seja com ocupações ou assentamentos. Porém, a intensa disseminação do mesmo fenômeno, de modo espraiado na zona rural, indica um novo padrão adotado para uso das terras rurais no município, assim como outra lógica na produção do espaço urbano.

De acordo com informações obtidas no portal da Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU) são contabilizados, atualmente, 17 loteamentos na zona urbana e 146, na rural, em situação de irregularidade – destes últimos, 38% estão às margens da Represa da Usina Hidrelétrica (UHE) de Miranda (Uberlândia, 2023). Ao longo dos anos, a referida região, que possuía chácaras e sítios de recreio, fazendas e módulos rurais, tem sofrido alterações significativas que culminaram na atual situação de irregularidade/clandestinidade e, conseqüentemente, alteração no uso e na cobertura do solo.

Diante disso, a presente pesquisa propõe um estudo acerca do comportamento do uso e cobertura do solo no contexto da ilegalidade, conforme um recorte temporal e geográfico da região da Represa da UHE Miranda. De forma qualitativa, revisamos as normativas ambientais e urbanas nas esferas federal e municipal; e, sob o viés quantitativo, realizamos um diagnóstico com imagens de sensoriamento remoto e técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI), mais especificamente os índices espectrais, com o intuito de quantificar a remoção de vegetação nativa e o conseqüente aumento de áreas antropizadas.

1.1 OBJETIVOS

Elucidar a dinâmica de uso e cobertura do solo entre a expansão urbana e a preservação ambiental na zona rural de Uberlândia, Minas Gerais (MG), especialmente devido à proliferação de loteamentos clandestinos na região.

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o uso e a cobertura do solo em consonância ao contexto legal, no recorte temporal e geográfico da região da Represa da UHE Miranda, por meio de imagens dos satélites *Landsat 5* e *Landsat 8*.

1.1.2 Específicos

- Revisar as normativas urbanas e ambientais federais, estaduais e municipais, em busca das diretrizes que regulamentam, condicionam, restringem ou permitem remover a vegetação nativa às margens de reservatórios artificiais para o adensamento urbano.
- Quantificar a remoção da cobertura vegetal, por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI), ao longo de uma cronologia alinhada com as normativas de interesse na subárea da Zona de Urbanização Específica 5 (ZUE 5).
- Mensurar o processo de antropização e da área de solo exposto em virtude do parcelamento ou de edificações construídas, por meio do Índice Acumulado de Diferença Normalizada (*Normalized Difference Built-up Index* – NDBI), na mesma cronologia e área analisada com NDVI, na subárea da ZUE 5.

1.2 JUSTIFICATIVA

A expansão urbana é um fenômeno amplamente estudado de que resulta da intensa urbanização no Brasil a partir de 1950, motivada por Revolução Industrial, vetores de desenvolvimento ou especulação imobiliária. Esse processo transformou o país, que passou de rural para urbano, assim como multiplicou a quantidade de cidades novas e avolumou as existentes.

Nesse ínterim, a migração populacional ocorreu em uma velocidade não acompanhada pelo planejamento urbano, o que acarretou problemas como a marginalização. Esse contingente de pessoas advindas das áreas rurais e que se instalaram nas urbanas resultou gradativamente em um déficit de moradias nas cidades. As mais afetadas foram, sobretudo, as populações de baixa renda, que ocuparam áreas nos limites do perímetro urbano, desprovidas de infraestrutura urbana; e outras de fragilidade ambiental, seja por motivos topográficos, riscos geológicos ou proximidade com nascentes e veredas.

O rápido crescimento de cidades também incide na vulnerabilidade social, pois não garante a segurança da posse da terra aos moradores que se mantêm nessas ocupações informais, popularmente conhecidas como invasões em áreas de particulares ou públicas, seja dentro ou fora do perímetro urbano, pois reconhecem que, em algum momento, serão alcançados pelas benesses de infraestrutura, tais como rede de água e esgoto e pavimentação. Por um lado, a urbanização é um processo desejado, pois dota as áreas brutas de infraestrutura e de comodidades que as qualificam com o convívio social e público, mas, por outro, a depender da localização das ações de expansão urbana sem planejamento, irão interferir e desequilibrar o meio ambiente natural.

Nas áreas rurais, verificaram-se dois tipos de ocupações informais: (a) as invasões conhecidas como assentamentos, cujos grupos empreendem atividades agrícolas ou de pecuária em partes de fazendas não produtivas, ao integrarem o movimento de reforma agrária, em que o processo de regularização fundiária de sua condição é dada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA); e (b) ocupações informais resultantes da comercialização de frações da terra por proprietários de chácaras, áreas, módulos rurais ou até mesmo fazendas, com a finalidade de moradia. Ambas as categorias de ocupação informal são consideradas irregulares e clandestinas: parte delas é fomentada pela busca por terras de menor custo para morar; e a outra advém da especulação imobiliária que promove, divulga e comercializa parcelas do solo rural sem a devida regularização junto aos órgãos de prefeituras.

A região no entorno do reservatório artificial da UHE Miranda reflete essa realidade em um mosaico de fazendas ou módulos rurais regulares perante o Incra ou a PMU, subdivididas via processos de desmembramento; e outras redivididas em parcelas menores que, de alguma forma, descumpriram a lei de parcelamento do solo do município pelas dimensões e áreas das parcelas comercializadas, especialmente no quesito ambiental.

Localizar e mapear as áreas ocupadas por meio de técnicas tradicionais é um processo moroso e oneroso que dificulta o trabalho de agentes gestores, em especial a fiscalização. Um recurso frequentemente utilizado para reduzir tempo e custo de tais ações é o sensoriamento remoto, em que as imagens de satélites são importantes ferramentas pelo fato de cobrirem grandes áreas e serem obtidas por custo relativamente baixo. Podem ser usadas para detectar, extrair e analisar o fenômeno de expansão de cidades, o que auxilia no planejamento urbano e ambiental de cidades, na criação de diretrizes que protejam o meio ambiente e na simulação de cenários futuros.

Nesse ínterim, a pesquisa pretende analisar as ocupações na região da UHE Miranda, que podem servir de parâmetro ou ferramenta a governantes para mediar interesses entre a

promoção de desenvolvimento econômico e a preservação ambiental que coincidem com o conceito mais atual de urbanismo: as cidades biofílicas. Assim, visa-se proporcionar sustentabilidade nas relações entre o homem e a natureza em consonância a cidades compactas, com alta densidade, resilientes e que apresentam equidade social.

1.3 HIPÓTESE

Hipoteticamente, a dinâmica de expansão urbana das cidades se fomenta pela legislação que, por sua vez, caso não possua diretrizes ecológicas nas diretrizes urbanas, produzirão vetores que induzirão a clandestinidade, a especulação imobiliária e os vazios urbanos; e a criação de ZUEs desenvolverá uma cidade fragmentada por maior tempo e com elevado custo para a gestão urbana, o que precisa ser considerado no planejamento urbano e ambiental das cidades. Em quaisquer objetivos da remoção da cobertura no meio ambiente natural, as consequências econômicas, sociais e climáticas desse cenário corroboram outro aspecto: o de aquecimento global do planeta a ser evitado.

Ademais, o desenvolvimento econômico e a urbanização são buscados com frequência, ao aproveitar os potenciais disponíveis na região e criar uma zona de urbanização de ocupações consolidadas, cuja regularização era praticada anteriormente. Também se constitui enquanto vetor econômico e imobiliário, em uma oportunidade para gestores municipais de inserir, nas normativas municipais, princípios de ecologia urbana e de urbanismo sustentável destinados a aspectos como equidade social, qualidade e equilíbrio ambiental para monitorar e proteger o patrimônio natural para gerações futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MEIO AMBIENTE, DESENVOLVIMENTO E URBANIZAÇÃO

Na produção das cidades, o meio ambiente e o urbanismo se encontram onde os ideais de qualidade de vida deveriam convergir para uma relação equilibrada entre o meio ambiente natural e áreas antropizadas, seja nas áreas urbanas ou rurais. Conhecer as características físicas de um meio natural, as dinâmicas ambientais da fauna ou da flora que acontecem nele e observar a fisionomia da paisagem existente deveriam ser o princípio da sabedoria para alcançar o equilíbrio entre homem e natureza que norteiam como a ocupação humana em um território.

Nesse ínterim, geografia e urbanismo se complementam para compatibilizar os assentamentos humanos com o próprio modo de interagir com o meio ambiente. Somados à aplicação de tecnologias nas ciências agrárias para a produção agropastoris ou preservação do meio natural e às ciências ambientais, os ecossistemas dos quais o homem faz parte completam as ciências que estudam o território e suas dinâmicas e usos, voltadas ao desenvolvimento econômico sob o ponto de vista social e ambiental.

Diante disso, Gonçalves (2010, p. 18) destaca que:

Durante muito tempo, a cidade foi analisada pela geografia apenas como base em seus aspectos exteriores, descrevendo o sítio topográfico em que o plano modelava a forma da cidade. Também a arquitetura tem tido essa prática de analisar a cidade pelo seu traçado, pela sua forma exterior, sobrepondo, portanto, a forma ao conteúdo. Pensar a cidade, hoje, implica pensar espacialidades e temporalidades, ou seja, as cidades são produzidas em determinados espaços, em determinados tempos históricos, em que a dinâmica da sociedade vai modelando seus contornos.

Reitera-se que a sociedade avança e modifica os modos de fazer e viver – inclusive, há novas formas de valorizar o espaço para atender às novas demandas de consumo:

Novos territórios são estabelecidos, e a cidade é redesenhada para atender, em sua forma e dinâmica, às necessidades do capital globalizado. Criam-se necessidades materiais e simbólicas, preparando os seres urbanos para se tornarem consumidores de tudo que possa ser vendido (Gonçalves, 2010, p. 19).

Souza (2005) define a cidade como um espaço da produção, do comércio e dos serviços, sob o ponto de vista do uso do solo ou das atividades econômicas que a caracterizam de fato. Ademais, pode ser conceituada como espaço da vida urbana, onde a busca crescente pela satisfação das necessidades humanas básicas (i)materiais impulsiona sua dinâmica. Nesse

último caso, se materializa em conformidade aos anseios de diversos atores e das forças dominantes que moldam o tecido urbano segundo seus interesses, no qual a relação do ser humano está, na maioria das vezes, dissociada da natureza.

O homem considera formas de atender às próprias necessidades na natureza e, quando isso ocorre, modifica as condições de vida e o seu meio em um processo contínuo e constante, majorado pelo aumento de habitantes no planeta. A relação entre meio ambiente e seres humanos sempre existiu, independentemente do modelo econômico em vigor, para exploração de seus recursos; porém, mais recentemente na história, isso aconteceu de modo desenfreado e sem limites, com crescente degradação do meio ambiente (Capra, 2012).

No discurso progressista preconizado na sociedade contemporânea, os indivíduos que detêm o poder de decidir ou o capital para empreender tentam vender a cidade e as possibilidades de crescimento econômico. Dessa forma, segundo Sánchez (2003), a cidade passa a ser sinônimo de oportunidades de cultura, educação, turismo, ou seja, é comercializada como mercadoria.

Gonçalves (2010, p. 21) argumenta sobre a criação de uma demanda atendida pelo capital especulador “sem nenhuma responsabilidade ou preocupação com a criação de espaços que venham contribuir para uma melhor qualidade de vida da cidade”. Tal dinâmica sutil é despercebida no dia a dia, gerida pela força daqueles que possuem recursos – nesse caso, a propriedade da terra – ou os investimentos para empreendê-la, assistidos pelos órgãos fiscalizadores ou legisladores que veem a cidade e sua expansão sob a perspectiva da legislação e da visão do “agora”.

Enquanto isso, Carlos (2003, p. 22) assevera que:

[...] a cidade não está descolada da sociedade. A cidade é o reflexo da concepção da sociedade da qual é a sua base material e imaterial. Os valores éticos, políticos, ecológicos e sociais de seus cidadãos orientam e guiam o projeto da cidade. Lembra que a cidade é um objeto muito complexo. Ela também pode se tornar uma mercadoria.

Em razão do poder econômico exacerbado pelo capitalismo global, autores como Carlos (2003) e Sánchez (2003) citam uma tendência de dotar determinadas cidades de equipamentos modernos para vendê-las a turistas e aos grandes incorporadores como uma mercadoria. Segundo Magalhães (2006), no discurso estabelecido dos projetos urbanos, a temática ambiental não se insere no centro das preocupações, o que igualmente é informado por Jacobs (2003), ao complementar com o ponto de vista do provimento de áreas livres nos espaços urbanos. Em razão do desejo de qualidade de vida, de qualidade ambiental, a expansão das

cidades deveria prever sustentabilidade e equidade na forma como os espaços são produzidos e apropriados.

Ainda de acordo com Magalhães (2006), a equidade social seria um dos predicados da sustentabilidade. Para Gonçalves (2007), o acesso aos espaços públicos de qualidade é um fator de sustentabilidade urbana, assim como a habitação qualificada, o acesso aos serviços de saúde, educação, transporte coletivo, água potável e rede de esgotamento sanitário, entre outros, seriam fatores de garantia da sustentabilidade.

Gonçalves (2010, p. 20) reitera que:

[...] a cidade como urbanidade tem uma dimensão ética, pois ela é condição espacial da realização dos valores humanos solidários forjados na coletividade, na vida pública, formal ou informal. As políticas públicas urbanas são a condição efetiva do exercício da cidadania. A condição espacial para esse exercício são os espaços públicos, os espaços de fala, as praças, os parques, as calçadas, as ruas, os locais onde se edificam as instituições. A cidade com urbanidade não edificada sobre riscos, não deixa sua população desprotegida, vulnerável, prevê catástrofes e se prepara para enfrentá-las, utiliza a tecnologia a seu favor e desenvolve continuamente o espírito de cooperação e ajuda mútua.

Como ciência e técnica, o urbanismo se volta à sociedade de mercado, se expressa no grau mais exacerbado na produção e reprodução das espacialidades das atividades humanas na urbe, especialmente no que tange à indústria da construção civil e ao respectivo mercado imobiliário (Gonçalves *et al.*, 2010).

Em se tratando do reconhecimento dos problemas da cidade, torna-se relevante a inclusão das questões ambientais nas áreas de arquitetura e urbanismo; logo, é premente o desenvolvimento de uma teoria da interdisciplinaridade norteadora nos processos da formação acadêmica aplicada à metodologia de ensino e às práticas requeridas no enfrentamento do atual quadro socioambiental urbano. Tais práticas são expressas nas políticas públicas para um planejamento urbano democrático e participativo em prol do equilíbrio ambiental, o que garante o direito das cidades sustentáveis (Farr, 2013).

Nessa conjuntura, o Estatuto das Cidades – Lei Federal (LF) n. 10.257, de 10 de julho de 2001 – estabelece objetivos de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental, com o intuito de ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana. Com isso é garantido, às presentes e futuras gerações, o direito a cidades sustentáveis, ou seja, à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à

infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho, ao lazer e à gestão democrática (Brasil, 2001).

Porém, há um abismo entre os mundos real e legal que evidencia morosidade ou, até mesmo, a incapacidade do poder público em colocar em prática princípios ou teorias conhecidas e que tem sido exaustivamente discutida em produções científicas. Na prática do urbanismo urge o reconhecimento de:

[...] um novo padrão emergente de sociedade, cujas distorções de funcionamento podem ser captadas através da simplificação hegemônicas nas suas diferentes esferas: econômica (mercado), de consumo (indústria cultural), nível de vida (quantidade em detrimento da qualidade), sem deixar de considerar as profundas distorções sociais e ambientais produzidas pela (des)organização sistêmica: agravamento da violência, exclusão social, contaminação dos ecossistemas, esgotamento dos recursos não renováveis, deterioração crescente dos recursos renováveis (Floriani; Leff, 2006).

Em outras obras, tais autores mencionam as mudanças de postura da sociedade organizada e de grupos e segmentos setoriais, em que o cidadão e os profissionais da cidade constatarem os efeitos do desenvolvimento conforme um urbanismo incompleto e de risco. Olhares e esforços perpassam a crítica do modelo econômico, especificamente sua forma de apropriação e produção da habitação e do solo urbano; e se dirigem a uma tomada de posição e atuação na busca de respostas e soluções técnicas e científicas no tocante ao meio ambiente urbano. Exige-se, pois, um esforço de articulação e negociação de saberes, ciência e sociedade, na interdisciplinaridade enquanto construção do conhecimento e ação transformadora (Floriani, 2000, 2004; Leff, 2003, 2006).

Necessita-se, ainda, correlacionar as práticas para pensar a cidade com as áreas além dela. O reconhecimento da arquitetura e do urbanismo enquanto ciências humanas no âmbito da produção de conhecimentos, com a respectiva relação às ciências da Terra em seus processos de apropriação e transformação do espaço, levam à imediata aproximação do conceito de meio ambiente em sua indissociável relação entre os componentes naturais e a ação humana ou em uma dinâmica própria de transformação do meio (Campos, 1989).

O risco de degradação ambiental está relacionado ao impacto antrópico e, nesse sentido, a urbanização desde o momento da apresentação de um anteprojeto urbanístico deveria apresentar soluções que prevejam os riscos, pois, ao empreender loteamentos e expandir as cidades, se propõe um modo de ocupação do território, relações sociais e, conseqüentemente, impactos ambientais. Portanto, o risco não se resume a catástrofes ambientais ou a desastres naturais, uma vez que deveria nortear as escolhas e decisões políticas que, somadas à legislação,

correspondem à premissa-base que concretizará a organização do território e o uso de recursos (Farr, 2013).

Sob a perspectiva biológica, o planeta Terra pode ser considerado um organismo vivo, ao ser composto por um enorme número de seres que vivem em estreita interdependência. Uma série de fatores pode limitar ou extinguir tais unidades para repercutir em todo o conjunto; por conseguinte, o ser humano possui grande poder de interferência nesse equilíbrio (Soares, 1998).

Jacobi (2004) sublinha que, de modo geral, o agravamento crescente dos problemas ambientais nas metrópoles é alimentado pelo modelo de apropriação do espaço, o qual reflete as desigualdades socioeconômicas vigentes. Estas últimas são aliadas à ineficácia das políticas públicas e à inércia da administração pública na detecção, coerção, correção e proposição de medidas que visem ao ordenamento territorial e à garantia de melhorias na qualidade de vida da população.

Nesse prisma, os riscos ambientais urbanos são associados aos impactos socioambientais decorrentes do processo de urbanização, com base na Região Metropolitana de São Paulo (SP), em que elenca as seguintes questões: (1) a redução de áreas verdes resulta na excessiva impermeabilização do solo que, por sua vez, multiplica as áreas sujeitas a enchentes e aos consequentes impactos ambientais, sociais e econômicos; (2) faltam medidas práticas para controlar a poluição do ar; (3) procrastina-se a ampliação e a adequação da rede de transporte público e de medidas que estimulem a redução do uso do automóvel; (4) demora-se para expandir a rede de esgotos (coleta e tratamento); (5) existe contaminação dos mananciais de abastecimento de água e dos rios existentes nas áreas urbanas; (6) há exaustão das alternativas convencionais de destinação final dos resíduos sólidos e problemas resultantes da contaminação das águas subterrâneas e de superfície pelo chorume. Vale ressaltar que a maior parte dos riscos ambientais urbanos se encontra na esfera de competência municipal e diretamente vinculada ao uso e à ocupação do solo.

Em se tratando dos riscos ambientais, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) – LF n. 6. 938, de 31 de agosto de 1981 – visa à preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida. Seus princípios contemplam a racionalização do uso do (sub)solo, da água e do ar; o planejamento e a fiscalização do uso dos recursos ambientais e proteção das áreas ameaçadas de degradação (Brasil, 1981, art. 2º, incisos II, III e IX); e os instrumentos a serem compatibilizados com os princípios da qualidade ambiental.

Segundo o PNMA, para implementar a gestão de riscos em áreas urbanas e rurais, foram previstos a) o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental; b) o zoneamento ambiental; c) a avaliação de impacto ambiental; d) o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou

potencialmente poluidoras; e) a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público Federal, Estadual e Municipal, além do sistema nacional de informações sobre meio ambiente (Brasil, 1981, art. 9º, incisos I, II, III, IV, VI e VII).

Segundo Mello (2012, p. 67), as margens de corpos d'água definidas com APPs são um “mecanismo legal criado para proteção de áreas ambientalmente vulneráveis entre outras de margens de rios e lagos nos quais se embute o Princípio da Intangibilidade: a proibição de qualquer forma de uso e ocupação”. No caso do recorte geográfico proposto à pesquisa, a APP que circunda as margens de um reservatório artificial é, *per se*, palco e objeto de ambiguidades e dualidades: por um lado, atrai diversos usos e atividades de lazer e recreativas; e por outro lado, deve representar uma APP de fato.

Dentre as diversas funções da APP às margens de um reservatório artificial, destacam-se: conter as variações dos níveis da água conforme períodos de seca ou cheia; estabilizar o solo da margem contra possíveis erosões; conter o carreamento de sedimentos ou resíduos para o lago; e proteger a biodiversidade. Tais funções, inclusive, devem ser garantidas pelo planejamento territorial e urbano, pois, com a mesma intensidade de valorização do corpo d'água, uma região urbanizada possui uma proteção premente, frente à expansão urbana. Diariamente se presenciam as interferências negativas do homem sobre o meio ambiente, em ações como desmatamento, poluição, expansão sem planejamento, queimadas, enchentes etc.

Como consequência disso, há degradações no cotidiano e diminuição da qualidade de vida. Entretanto, diversos autores apresentam outras perspectivas para enxergar e interagir com o meio vivido, menos agressoras, impositivas e destrutivas, com vistas à valorização e conservação dos benefícios da interação entre a humanidade e a vida urbana, a exemplo da ecologia urbana e do urbanismo sustentável.

2.2 SUSTENTABILIDADE NAS CIDADES: ECOLOGIA URBANA E URBANISMO BIOFÍLICO

A ONU, organização intergovernamental fundada em 1945 com o intuito de promover a cooperação internacional, atua desde 1972 na busca de um mundo sustentável. Dentre seus programas de apelo global, visa-se acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e clima e garantir paz e prosperidade às pessoas. Existem iniciativas, inclusive, que convergem com o tema desta pesquisa, como o Programa de Assentamentos Humanos das Nações Unidas (*United*

Nations Human Settlements Programme – UN-HABITAT) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

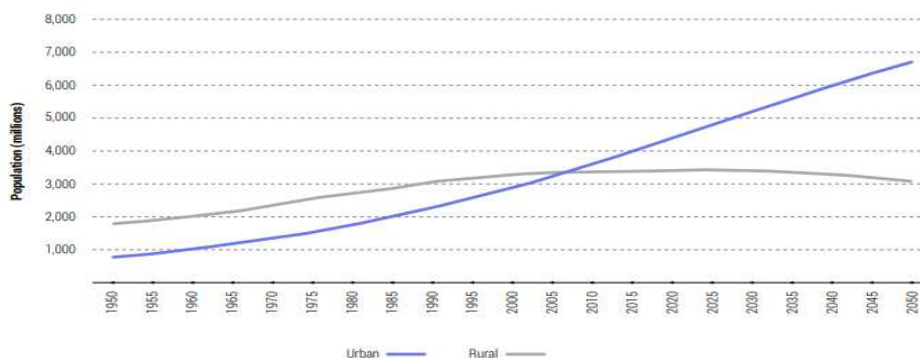
De cunho social, econômico, alimentar, de infraestrutura e ambiental, tais iniciativas visam liderar e incentivar parcerias no cuidado com o meio ambiente, ao atuarem nas causas profundas de três crises planetárias: as mudanças climáticas; a perda de natureza e de biodiversidade; e a poluição e o desperdício. Por isso, são realizados encontros para formalizar acordos de colaboração e parceria internacional entre os 193 Estados-membros e outros grupos (Organização das Nações Unidas, 2021).

Ações do UN-Habitat estão voltadas à promoção de cidades sociais e ambientalmente sustentáveis, em razão dos desafios da urbanização e das ações do PNUMA, plano global de vivência em harmonia com a natureza; de ações climáticas para descarbonização; e de erradicação da poluição com produtos químicos e plásticos. As áreas urbanas abrigam 55% da população mundial e esse número deve crescer para 68% até 2050 (Organização das Nações Unidas, 2021, 2022).

No último relatório elaborado pela ONU, o *World Cities Report 2022* – pautado nos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) acordados desde 2015 com metas a serem atingidas para todas as nações voluntárias até 2030, que perpassam questões de ordem econômica, de segurança, de direitos humanos, ambientais e climáticas e sociais –, os dados apresentados revelam que até 3,6 bilhões de pessoas vivem em lugares altamente vulneráveis às mudanças climáticas (Organização das Nações Unidas, 2022).

Subsequentemente, o Gráfico 4 e os Quadros 1 e 2 apresentam a projeção do crescimento da população urbana e o aumento da taxa de urbanização até 2050 em algumas regiões do mundo (Organização das Nações Unidas, 2022):

Gráfico 4. Crescimento da população urbana – 1950 a 2030



Fonte: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf. Acesso em: 27 abr. 2023.

Quadro 1. População urbana e taxa de urbanização de 2015 a 2050 – em milhões

Região	População Urbana (milhões)							
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Mundo	3981	4378	4774	5167	5555	5938	6312	6680
MDR*	979	1003	1027	1049	1070	1090	1108	1124
LDR**	3002	3375	3747	4117	4485	4847	5204	5556
África	491	587	698	824	966	1125	1299	1489
Ásia	2119	2361	2589	2802	2998	3176	3335	3479
Europa	547	556	565	572	580	587	593	599
América Latina	505	539	571	600	626	649	669	685
América do Norte	290	304	319	334	349	362	375	386
Oceania	26	28	30	32	34	36	39	41

Legenda: *MDR: *More Developed Region* (Região Mais Desenvolvida); **LDR: *Less Developed Region* (Região Menos Desenvolvida).

Fonte: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf. Acesso em: 27 abr. 2023.

Quadro 2. População urbana e taxa de urbanização de 2015 a 2050 – em %

Região	População Urbana (%)							
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Mundo	53.9	56.2	58.3	60.4	62.5	64.5	66.4	68.4
MDR*	78.1	79.1	80.2	81.4	82.7	84	85.4	86.6
LDR**	49	51.7	54.3	56.7	59	61.3	63.4	65.6
África	41.2	43.5	45.9	48.4	50.9	53.6	56.2	58.9
Ásia	48	51.1	54	56.7	59.2	61.6	63.9	66.2
Europa	73.9	74.9	76.1	77.5	79	80.6	82.2	83.7
América Latina	79.9	81.2	82.4	83.6	84.7	85.8	86.9	87.8
América do Norte	81.6	82.6	83.6	84.7	85.8	86.9	88	89
Oceania	68.1	68.2	68.5	68.9	69.4	70.2	71.1	72.1

Legenda: *MDR: *More Developed Region* (Região Mais Desenvolvida); **LDR: *Less Developed Region* (Região Menos Desenvolvida).

Fonte: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf. Acesso em: 27 abr. 2023.

A Nova Agenda Urbana “Cidades para Todos” evidencia que o modo de reprodução do tecido urbano está equivocado e a relevância das decisões relacionadas ao planejamento urbano e tomada de decisões para fundamentar tais ações em direção de um futuro urbano sustentável. Aqui, vale destacar as seguintes premissas direta e intimamente relacionadas à organização territorial e que deveriam alcançar o planejamento urbano e ambiental local: (i) cumprir a função social e ecológica da Terra; (v) cumprir funções territoriais para além das fronteiras administrativas e atuar como polos de desenvolvimento urbano, territorial equilibrado, sustentável e integrado; (vi) adotar e aplicar a redução e a gestão de riscos de catástrofes, ao minimizar a vulnerabilidade, reforçar a capacidade de resistência e respostas aos riscos naturais e de origem humana, atenuar e adaptar às alterações climáticas; (vii) proteger, conservar, restaurar e promover os ecossistemas, a água, os habitats naturais e a biodiversidade, minimizar

o seu impacto ambiental e mudar para padrões de consumo e produção sustentáveis (UN-Habitat, 2022).

Além das ações da ONU, a responsabilidade e a necessidade de adaptação são prementes e possuem, nos conceitos e na visão da ecologia urbana e do urbanismo sustentável, a convergência dos objetivos e resultados a serem alcançados em cidades equilibradas e sustentáveis, os quais serão apresentados para fundamentar a pesquisa.

2.2.1 A ecologia urbana

A ecologia urbana propõe a análise de inter-relações entre sociedade e natureza, ao observar o meio ambiente e os sistemas naturais nas áreas urbana e propor um modo consciente de viver e de relacionar com o planeta sob a perspectiva da visão ecológica. Como parte integrante de todos os ecossistemas, o homem deveria abandonar modelos econômicos predatórios e adotar um novo modelo para se equilibrar com a natureza, o que se refletiria no modo de produzir e iria de encontro ao ideal de sustentabilidade almejado (Capra, 2012).

Ainda segundo Capra (2012), o modelo de produção e consumo dos espaços ora praticado é predatório, desconsidera os sistemas naturais e pressiona os recursos naturais, ao culminar na escassez de recursos em algumas comunidades, na degradação ambiental e em desastres e consequências climáticas globais atuais e futuras. A mudança para uma visão ecológica como modelo econômico, com vistas ao equilíbrio entre homem e natureza, solucionaria a desaceleração ou a reversão de pressões ao meio ambiente, principalmente em áreas urbanas. Nessa nova visão de mundo, o referido autor propõe a ecologia urbana, com o estudo de ecossistemas, corpos hídricos, regimes de chuvas, fauna e flora e como tais aspectos são afetados pela antropização.

Entretanto, a expansão urbana em áreas urbanas ou rurais, de forma espontânea ou planejada, força o equilíbrio natural existente na natureza e compromete a demanda de recursos naturais que, por sua vez, são utilizados de maneira desenfreada, seja para produzir produtos ou serviços. Isso ocasionou o aquecimento global ou a emissão de GEEs com consequências para o meio ambiente natural, ações incompatíveis com a velocidade de recuperação da natureza (Leite, 2012).

No âmbito mundial, a problemática do meio ambiente começou a integrar as preocupações do país nos anos 1960. Por um lado, em razão dos padrões insustentáveis de consumo e, por outro, da degradação ambiental causada por industrialização e aumento da urbanização (Acsegrad, 2001). Enquanto isso, a década de 1970 marcou o início da

institucionalização do pensamento ecológico, em que um dos marcos se refere à I Conferência Internacional do Meio Ambiente, promovida pela ONU em Estocolmo, em 1972, como dito anteriormente. Naquele momento, a vertente do debate entre os integrantes do movimento se voltava, sobretudo, à preservação.

No Brasil, mais precisamente em 1985, o Ministério do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente foi criado, mas sua atuação não foi efetiva, em razão das escassas atribuições – alguns anos depois, inclusive, as ações foram destinadas a uma secretaria vinculada ao gabinete da presidência da república. Somente em 1992, voltou a se tornar um ministério, desta vez em caráter definitivo, com missão e atribuições definidas, além da constituição de instrumentos legais para a gestão ambiental. Nesse ínterim, a década de 1990 foi também o início da integração da problemática ambiental ao planejamento e à gestão urbana brasileira, em diferentes esferas governamentais. Além da criação de órgãos e da promulgação de leis especializadas no tema, a política urbana passou a incorporar medidas de preservação e recuperação ambiental (Albernaz, 2021).

Em um contexto de urgência, as premissas da ecologia urbana, se forem consideradas diretrizes norteadoras do planejamento urbano e ambiental, podem contribuir (ou até reverter) os prejuízos ambientais que alteraram o (e continuam com mudanças no) meio ambiente natural, em busca de um desenvolvimento econômico a qualquer custo. Segundo Soares (1998) e Milano e Dalcin (2000), a vegetação apresenta aspectos a serem mensurados, avaliados e monitorados, os quais constituem benefícios que podem (e devem) ser objetivados em um planejamento urbano atinente a melhorias de qualidade ambiental e, conseqüentemente, da vida em si.

Estudos afirmam que, apesar do crescente interesse em aplicar os conhecimentos das ciências ambientais nas cidades como suporte à tomada de decisões, as contribuições ainda estão em estágio inicial e se resumem a investigações sobre a interrelação entre as funcionalidades urbanas e o meio ambiente (Hassan, 2005, Kumar, 2012, Rojo *et al.*, 2014, Guerry *et al.*, 2015, Organização das Nações Unidas, 2017, *apud* Hernandez, 2021). Nesse contexto, a integração de tais pesquisas com a prática de planejamento urbano e territorial é um desafio, sobretudo nas áreas urbanas onde a sustentabilidade não foi integrada às estratégias de planejamento.

Em meados da década de 1970, Bertrand (1971) introduziu no Brasil os geossistemas com a construção de conhecimentos sobre a ciência da paisagem, cujos estudos sob o ponto de vista ecológico poderiam ser comparados a ecossistemas que reagrupam todos os elementos da paisagem, inclusive os de origem antrópica. Porém, até aqui, essa teoria representa inicialmente

um forte viés agrônomo-ambiental, mas insuficiente para os propósitos voltados ao planejamento ambiental, o qual demanda um conhecimento completo das demandas sociais, culturais, econômicas e políticas das sociedades humanas para estabelecer diretrizes gerais e específicas do referido planejamento, seja ele urbano ou rural.

As bases da ecologia urbana se modificaram e evoluíram ao ponto de novos autores proporem outras classificações dos geossistemas, em função de sua dinâmica e, conseqüentemente, dos diferentes estágios de evolução. Nessa conjuntura, há três elementos: o sistema de evolução, o estágio atual e o sentido de sua dinâmica, em que demandam pesquisas temporais, espaciais e de aporte experimental (Bertrand, 1971).

O tempo do geossistema corresponde à natureza antropizada presa ao cômputo de massas, volumes e funcionamentos bio-físico-químicos; o do território refere a elementos sociais e econômicos, da distribuição e da (des)poluição, com a respectiva interpretação socioeconômica do geossistema; e o da paisagem é cultural, do patrimônio, da identidade, das representações sociais e da natureza, do ressurgimento do simbólico, mito e rito (Bertrand, 1971).

Há, ainda, outros autores que propõem combinações para reforçar que as atividades antrópicas são importantes no estudo dos ecossistemas de áreas urbanas. Monteiro (2000), por exemplo, estabelece que a integração antrópica nos geossistemas deve ser considerada em função de variantes importantes, ao configurar o trinômio de elementos que podem interagir entre si em diferentes arranjos e combinações, a saber: (1) extensão do território focalizado, que conduz a escolha da escala de abordagem (espaço); (2) duração histórica da ocupação humana e sua importância processual no jogo de relações do geossistema (tempo); (3) grau de intensidade sob o qual se manifestam as ações antropogênicas em suas relações com as diferentes partes da subdivisão dos geossistemas (estrutura interna e dinamismo funcional).

O grau de intervenções no meio ambiente altera a paisagem natural, ao produzir paisagens artificiais que, a depender da ambiência ou não dos fluxos da natureza em determinado espaço geográfico, determinará a qualidade ambiental dos próprios ocupantes. Santos (1996) argumenta que:

Todos os espaços são geográficos porque são determinados pelos movimentos da sociedade, da produção. Mas tanto a paisagem quanto o espaço resultam de movimentos superficiais e de fundo, da sociedade, uma realidade de funcionamento unitário, um mosaico de relações, de formas, funções e sentidos. Tudo naquilo que vemos, que nossa visão alcança é a paisagem. Esta pode ser definida como o domínio do visível, aquilo que a vista abarca. Não é formada apenas de volumes, mas também de cores, movimentos, odores e sons.

A dimensão da paisagem é a dimensão da percepção, o que chega aos nossos sentidos [...], a percepção é sempre um processo seletivo de apreensão [...]. A configuração territorial que em realidade é formada pela constelação de recursos naturais, lagos, rios, planícies, florestas, montanhas e pelos recursos criados pelo homem como estradas de ferro, estradas de rodagem, condutos, açudes, cidades. A paisagem é o conjunto das coisas que dão diretamente aos nossos sentidos; a configuração territorial é o conjunto total, integral de todas as coisas que formam a natureza em seu aspecto superficial e visível. O espaço é o resultado de um matrimônio ou um encontro entre a configuração territorial, a paisagem e a sociedade.

Evidentemente, a fragilidade dos ambientes naturais será maior ou menor em função da intensidade na exploração dos recursos naturais para gerar riquezas, conforto, prazer e lazer à sociedade. Por isso, qualquer intenção de desenvolvimento econômico deve ser feita com cuidado para propor, via políticas públicas, um ordenamento territorial com o escopo de valorizar a conservação e a preservação da natureza, sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável. “As sociedades humanas precisam ser vistas como parte fundamental dessa dinâmica de fluxos energéticos que fazem funcionar o sistema como um todo” (Santos, 2006).

Ross (2006) reitera que não se trabalha com o presente e o futuro das relações entre sociedade e natureza sob os aspectos das fragilidades dos ambientes naturais, potencialidades dos recursos naturais, planejamento ambiental, zoneamento ambiente e gestão de territórios dentro da abordagem ambiental de preservação, conservação ou recuperação ambiental, sem envolver as análises sobre questões sociais, culturais e econômicas. Interferências decorrentes das referidas relações produzem concretamente espaços territoriais que podem ser mais ou menos modificados de modo intenso pelas inserções tecnológicas dos diferentes grupos sociais.

Nessa perspectiva, os espaços naturais se transformam aos poucos, onde a natureza modificada cede lugar à implantação de cidades com diversas atividades econômicas e infraestruturas, tais como rodovias, ferrovias e barragens. Em núcleos urbanos existentes, tal transformação do ambiente natural acontece nos limites da cidade, com a expansão urbana que altera sobremaneira o clima (Ross, 2006).

Cavalheiro, Andrade e Cardoso (1983) tecem críticas acerca dos desafios da ecologia urbana nas cidades no Brasil, *in verbis*:

O planejamento urbano está, portanto, inserido na estratégia geral de consumo; grande preocupação com o sistema viário eficiente, a setorização das atividades, visando a funcionalidade e proporcionalização dos espaços com o objetivo numérico das diversas áreas urbanas. Com relação ao equilíbrio numérico, foram criadas áreas mínimas e índices de ocupação que em muito facilitam a deturpação e degradação da qualidade dos espaços urbanos e, conseqüentemente, da qualidade de vida. No Brasil, para as áreas verdes, por exemplo, sufocam-se as habitações em lotes desnudos, numa união

de concreto e asfalto, enquanto em trechos isolados reserva-se, em parques monumentais, um pouco do ambiente natural. Nascem então os desequilíbrios, provenientes do desprezo aos aspectos naturais integrados às áreas construídas. E a mentalidade brasileira no que se refere ao planejamento urbano tende, portanto, à valorização dos grandes lotes, dos afastamentos generosos e aleatórios, da modernização indiscriminada dos materiais e disposições casuais dos mesmos e principalmente do tratamento paisagístico voltado simplesmente para satisfação visual e especulativa.

De maneira igualmente importante, a proteção e a conservação da vegetação nativa em APPs garante o abastecimento de água potável (Teixeira; Rizzatti, 2022), sobretudo ao longo de cursos d'água. Em se tratando da hidrologia do solo, auxiliam-se os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água pelos lençóis freáticos, o que reduz o escoamento superficial de sólidos nos cursos d'água e, conseqüentemente, a erosão e o assoreamento. Esses autores indicam ainda que o desmatamento da cobertura vegetal, com a intensificação de atividades humanas, leva à substituição das paisagens por outros usos e ocupações do solo, com a conversão de florestas em fragmentos florestais, o que afeta a disponibilidade de recursos naturais.

Metzger (2000) leciona que a riqueza e a abundância das espécies dependem das características estruturais dos fragmentos de vegetação nativa. O sucesso de adaptação de espécie em determinado meio advém da interação dos fatores (a)bióticos sob um limite de tolerância, ou seja, quanto maior a área de refúgio natural para os organismos, maiores as chances de se dispersar e aumentar a variabilidade genética. A cidade se transforma a todo momento e, para cada cenário onde outros loteamentos ou empreendimentos são construídos ou uma via é aberta, há poluição do ar e do solo, remoção de vegetações, mudanças nos fluxos de animais e, muitas vezes, indisponibilidade de alimentos e presas.

Essas alterações são despercebidas no cotidiano e, por esse motivo, dificultam a avaliação de pressões e impactos sofridos por um ecossistema em determinada área urbana. Isso se deve, principalmente, à ausência de dados anteriores e posteriores a essas intervenções para avaliar, por exemplo, “as modificações de temperatura ou microclima, regular o ciclo e a qualidade das águas e para a proteção de riscos como erosão dos solos e deslizamentos de terra” (Hernandez, 2021, p. 20-21).

2.2.2 Em busca do urbanismo sustentável ou de cidades menos insustentáveis?

Com o intuito de desenvolver cidades mais sustentáveis (ou menos insustentáveis) para o futuro, pesquisadores têm se debruçado sobre a formulação de teorias que proporcionam

modos de vida e de ocupação territorial com baixo impacto ao meio ambiente (Acsehrad, 2004). Propostas de organização das funções urbanas na malha das cidades são antigas, mas a tendência de integrá-las ao contexto regional e a manutenção da qualidade ambiental são preocupações mais recentes.

Inegavelmente, as cidades brasileiras se reproduzem sob um mix de estratégias que contemplam princípios de várias fases do urbanismo, influenciadas por teóricos de outros países e com realidades diversificadas. A propósito, uma cidade abriga diversas fases de desenho urbano e lógicas de períodos com estratégias socioeconômicas específicas no tecido urbano, em que se espera conectar com novas expansões urbanas e novos valores enquanto o mundo gira nesse contexto.

Os esforços de civilizações antigas voltados à organização de cidades remontam ao Oriente Médio, antes das conhecidas teorias gregas ou romanas, pois as civilizações deixaram de ser nômades e se estabeleceram em locais onde julgavam que as condições geográficas favoreciam a própria defesa. Localidades na Grécia, em Roma ou até mesmo no Egito eram planejadas de acordo com a função religiosa ou político-administrativa, em que detinham forte identidade e simbologia reforçadas pelo traçado ou arquitetura.

Na Idade Média, as cidades se diferenciavam em função de diversos fatores e começaram a crescer de forma desordenada – paulatinamente, inclusive, se modificaram com maior velocidade, sobretudo com o advento da Revolução Industrial. Leite (2012) relembra que, durante os primeiros séculos da Era Cristã, Roma teve cerca de três quilômetros de comprimento e aproximadamente a mesma largura, onde os romanos sabiam como preenchê-la; e a população era, provavelmente, de um a dois milhões de pessoas. Ruas eram congestionadas e, por isso, os cavalos e as carruagens não eram permitidos. A única maneira de percorrer toda a cidade era andar a pé ou transportado em uma maca, e somente os ricos poderiam evitar andar naquele contexto.

Reitera-se que a visão ecológica de urbanistas no planejamento de cidades, conhecida como urbanismo ecológico ou novo urbanismo – denominado nesta pesquisa como “urbanismo sustentável” –, também propõe uma reconciliação da cidade e do meio ambiente com a revisão do desenho, a partir dos condicionantes da paisagem e das limitações dos recursos naturais existentes. Propunha-se, assim, o desenvolvimento de cidades a partir de áreas verdes, não somente como locais contemplativos ou recreativos, mas como soluções naturais para retenção e amortecimento de águas pluviais, por exemplo (Farr, 2013).

Com isso, seria possível adotar uma ecologia da (e não na) cidade ou a natureza como um sistema separado da cidade, cujo ecourbanismo (ou ecologia urbana) se refere a questões

sérias e prementes (Leite, 2012). Aliás, o urbanismo sustentável deriva de três movimentos de reforma, no que tange a assentamentos humanos e ao ambientalismo do final do século XX, que passaram a ressaltar os benefícios da integração de sistemas urbanos e naturais: *smart growth* (crescimento urbano inteligente), novo urbanismo e construções sustentáveis. Vale informar que cada um resultou em uma “miopia”, no que diz respeito a buscas por soluções a longo prazo (Farr, 2013).

Gehl (2013) defende espaços *people friendly*, ou seja, lugares planejados pelas (e para as) pessoas, com o intuito de buscar cidades habitáveis, saudáveis, seguras e sustentáveis. A urbanização esparsa desafia as cidades que podem se tornar locais suscetíveis a crises energéticas, hídricas e de combustíveis fósseis. Sob o prisma do desenvolvimento urbano sustentado, voltar a crescer em direção à metrópole, sem expandi-la, é outro aspecto relevante nesses casos, dado que reciclar o território é mais inteligente do que o substituir, obviamente. Também é possível (e desejável) reestruturá-lo no modo produtivo do planejamento estratégico metropolitano, ou seja, regenerar produtivamente os territórios metropolitanos existentes deve ser uma pauta a ser considerada em novos processos de inovação econômica e tecnológica. O desenvolvimento sustentável se apresenta mais urgentemente onde há o problema, em que as cidades fornecerão as respostas para um futuro verde, pois nelas se consomem os maiores recursos do planeta e são geradas elevadas quantidades de resíduos (Leite, 2012).

O urbanismo sustentável representa a evolução de tais movimentos, ao propor a mudança de uma geração, no que se refere ao projeto e à construção dos assentamentos humanos, ou à adoção de estratégias de uso do solo que possam, inclusive, proteger coberturas vegetais e bacias hidrográficas, bem como criar corredores ecológicos que voltados à biodiversidade (Farr, 2013). Na prática, tais ideias dificilmente são executadas ou, ainda, parcialmente propostas em novos loteamentos onde se atende tão somente aos percentuais de áreas verdes públicas segundo as normativas, sobretudo com a implantação dos equipamentos urbanos, como a impermeabilização de grandes áreas para estacionamento.

Um resultado importante foi obtido com a aprovação da Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB), na qual determinadas medidas legais passaram a priorizar a política urbana juntamente às demais políticas setoriais. Depois disso, aprovou-se o Estatuto da Cidade, que finalmente reconheceu a “função social da cidade”, ou seja, o direito a todos de terem acesso aos bens e serviços ora ofertados; e a “função social da propriedade”, ou seja, a prevalência dos interesses coletivos sobre os individuais no imóvel urbano (Brasil, 1988, 2001; Coulon; Silva, 2016).

Gradualmente, no movimento pela reforma urbana, a dimensão ambiental foi reconhecida como um problema impossível de ser dissociado das questões sociais. A partir disso, criticou-se o planejamento urbano tradicional, que alimentava uma fragmentação estrutural da cidade em decorrência da proposta de especialização espacial das funções urbanas, além da segregação socioespacial pela definição de parâmetros diferentes para distintas porções dos territórios (Fernandes *et al.*, 2016).

No passado, bairros inteiros foram desenvolvidos com total remoção da vegetação, sobre áreas de recarga de córregos ou com a drenagem de olhos d'água, principalmente em loteamentos voltados à população de baixa renda. Sob a lógica da especulação imobiliária, o solo foi parcelado para dar espaço a novos loteamentos, áreas verdes públicas que não possuem utilidade definida ou tratamento adequado para a apropriação de tais localidades pelos municípios ou que simplesmente correspondem a arbustos decorativos (Farr, 2013).

Diante disso, a expansão urbana ocorreu nas periferias das cidades, ou seja, em áreas semirrurais ou de expansão, onde se espera uma transição entre o urbano e o rural, ou até em áreas rurais como as do recorte geográfico desta pesquisa, onde se verificam impactos negativos em florestas, pastagens e áreas agrícolas. Romero (2009) acrescenta que o planejamento do solo urbano, quando não estabelece um diálogo com a dinâmica natural da cidade e modifica a topografia, impõe-se a ocupação de áreas sensíveis às alterações antrópicas, com a destruição da mata nativa em detrimento de um paisagismo cênico e formal definido pelo desenho artificial da paisagem. Isso leva os espaços urbanos à impessoalidade, com eliminação de um valor simbólico como referência para edificações, neutralização do entorno e diminuição do sentido de vizinhança, o que resulta no abandono do espaço público e na rápida obsolescência urbana.

Ainda de acordo com Romero (2009), o resgate de referências históricas na relação entre a civilização e seu modo de ocupação sustentável transcende estratégias locais de ocupação urbana no âmbito da sustentabilidade, onde a urbanização sustentável é menos impactante ao meio ambiente.

Villaça (2004) divide a história do planejamento urbano no Brasil em três períodos: de 1875 a 1930, com os planos de embelezamento e otimização que destruíram a forma urbana colonial e exaltavam a burguesia, a exemplo de Versalhes, Washington, Haussmann e Pereira Passos; de 1930 a 1990, relativo à ideologia de planos técnicos e de base científica; e pós-1990, em reação ao segundo período ao responder à evolução, por exemplo, do plano diretor difundido desde a década de 1940 no Brasil, mas previsto como política nacional apenas na CRFB e legalizado com o Estado da Cidade (Brasil, 1988, 2001).

Todavia, no novo modelo de planejamento recente, politizado e de ideário participativo-democrático, as esferas das discussões se limitam ao município e a seu poder de ação local, resultante de uma descentralização limitada em escassos recursos distribuídos pelos estados e União às municipalidades. Essencialmente, abordam-se aspectos urbanísticos, tributários e jurídicos, sem o necessário enlace com as questões científicas do urbano, da urbanização contemporânea ou do desenvolvimento cultural, tecnológico, econômico, ambiental, local ou regional.

A produção de habitações além dos limites urbanos oferece graves problemas à cidade, pois encarece tributos e aumenta investimentos e manutenção de infraestrutura, o que dificulta a mobilidade urbana (distanciamento entre habitação, trabalho, serviços e lazer), consolida a dependência automotiva cada vez mais onerosa (pública ou privada, individual ou coletiva), aprofunda a segregação socioespacial (estabelecimento do acesso à cidade a partir das condições sociais e econômicas da família, com bolsões de riqueza e pobreza) e aumenta o impacto ambiental decorrente tanto do espalhamento e da ocupação de áreas naturais, quanto da produção de resíduos, com influência da malha viária na cidade ou aumento da emissão de gases provenientes de combustíveis fósseis.

Para Leite (2012), adensar as cidades leva ao redesenvolvimento dos territórios, ou seja, um retorno da cidade para dentro de si, o que leva a refazê-la, ao invés de expandi-la, compactá-la, deixá-la mais sustentável e transformá-la em uma rede estratégica de núcleos policêntricos compactos e densos para otimizar a infraestrutura e liberar territórios verdes.

Existe no Brasil uma legislação eficaz na regularização e democratização do território; todavia, os interesses privados continuam a prevalecer sobre os coletivos, a exemplo das ferramentas dos planos diretores que nunca se aplicam na cidade legal ou em obras públicas que consolidam a valorização e especulação imobiliária sem oposição municipal e coletiva. A cidade sustentável permeia uma série de conceitos e virtudes, inclusive a otimização econômica, em que não se deve desvincular de sua constituição as esferas sociais e ambientais, pois os custos futuros tendem a ser maiores, e o caos urbano-social, praticamente irreversível (Silva; Romero, 2010).

A expansão urbana contemporânea, ainda focada nas teorias urbanas modernistas, ocorre sob um modelo de ocupação dispersa, pois as estruturas baseadas em zonas impõem a baixa densidade urbana e, conseqüentemente, os maiores índices de ocupação e espalhamento do tecido recortado por grande estrutura viária distanciada de vias locais e edifícios, o que obriga o pedestre a caminhar por centenas de metros ou quilômetros e impõe desconforto e insegurança no trajeto (Romero, 2009). Nesse caso, a rua perde o sentido social e passa a exercer

unilateralmente o aspecto funcional, cuja lógica de uso e ocupação do solo fica setorizada e agrupada, sem ser misturada como na cidade tradicional; logo, as atividades se voltam ao interior de edifícios e a rua não possui mais o viés de sociabilidade urbana.

Cidades compactas e densas contradizem a expansão urbana e de vetores de desenvolvimento econômico, o que resulta na modificação do uso de áreas não urbanizadas anteriormente e que poderiam fornecer um hábitat natural. Áreas urbanizadas possuem um custo *per capita* alto sobre sistemas e hábitats naturais em razão das melhorias urbanas de impermeabilização do solo, seja com construções ou vias asfaltadas, aumento do uso da água e demanda de energia. A infraestrutura urbana composta por equipamentos e serviços públicos possui construção e manutenção caras para sustentar a vida em comunidade (Farr, 2013).

Leite (2012) afirma que, em outras pesquisas, maiores densidades populacionais urbanas estão diretamente ligadas ao maior desenvolvimento de inovação urbana, o que gera um interessante debate contra o modelo de cidade-subúrbio (baixa densidade), em defesa das grandes metrópoles com densidade mais elevada. Por seu turno, Farr (2013) se atenta a outro ponto embutido no discurso de desenvolvimento e expansão urbana e na proposição de novos loteamentos: a tentativa de vender tratamento paisagístico como preservação de vegetação nativa, ou seja, comercializar a doação de áreas verdes públicas embelezadas como empreendimento “sustentável”.

De fato, a densidade urbana é um tema central para o urbanismo com sustentabilidade, posto que as baixas densidades e os usos segregados do solo na urbanização dispersa geram maiores deslocamentos dependentes do automóvel. Bairros densos, com diferentes tipos de habitação entre uni e multifamiliares, associado ao emprego de diferentes usos do solo com comércio local, promove, além da vitalidade do bairro permitida pelo acesso a destinos a pé, a sustentação de transporte público (Bernardes; Boscoli, 2015). Aqui, o resultado ambiental efetivo é amplamente maior, se adotada a reinvenção urbana real; logo, a cidade compacta fará uma diferença real no uso mais racional e sustentável dos recursos (Leite, 2012).

Acselrad (2004) postula que o novo modelo de desenvolvimento, de 12 anos atrás, é uma repetição da estratégia governamental de incentivo ao agronegócio exportador, com incremento em tecnologias. Possui forte traços de uma modernização ecológica ou do meio ambiente de negócios, com o objetivo de otimizar a imagem ecológica do Brasil, fundamentado pelo ecoturismo e a monocultura da celulose – esta última, inclusive, é indevidamente apresentada como prática de reflorestamento. Tal manobra política ainda corresponde ao mesmo modelo arcaico e insustentável de exploração a qualquer custo, cujo discurso

desenvolvimentista nacionalista justifica que o licenciamento ambiental é lento e burocrático, no qual as leis são burladas ou minimizadas em favor do desenvolvimento.

Verifica-se, assim, uma cultura de chantagem locacional, na qual grandes investidores envolvem ou submetem os que necessitam trabalhar e geram receitas públicas com a promessa de recursos financeiros, aumento de arrecadação fiscal e/ou de empregos; e ameaçam se deslocar para outros países ou cidades, caso não obtenham vantagens como as isenções fiscais, o que Isso pressiona e subjuga estados ou municípios onde é menor a organização social ou econômica e maior a necessidade de preservação de patrimônio ambiental e sociocultural; e as instituições são menos participativas e mobilizadas junto à comunidade. Há a tendência de políticas urbanas e ambientais mais permissivas nos locais as contrapartidas são mais rentáveis, como fornecimento de terrenos, isenção de impostos por anos e vantagens ambientais, a exemplo da flexibilização das leis urbanísticas e de ordenação do território (Acselrad, 2004).

Em suma, a sustentabilidade é um artifício discursivo para oferecer atributos ecologicamente corretos às cidades, com a atração de investimentos pela dinâmica predatória da competição interurbana – aqui, os processos econômicos subordinam as políticas sociais e de emprego e as substituem por um empreendedorismo urbano de cujo sucesso depende o emprego e a renda. Enquanto os municípios competem por empresas e indústrias investidoras, cada sociedade permanecerá crescentemente desarticulada e menos participativa. Em grande parte do território nacional, as disparidades socioespaciais, econômicas, políticas e culturais reproduzem um planejamento pouco participativo ou, até mesmo, fundamentado em posturas coronelistas.

O movimento do crescimento urbano inteligente (*smart growth*) é considerado a “consciência ambiental” do urbanismo sustentável. Originou-se nos Estados Unidos da América (EUA) com ativistas ambientalistas em 1970, em meio à crise do combustível que ameaçou a dependência do automóvel pelos cidadãos, a iluminação e a energia produzidas basicamente com o uso de carvão e outros materiais fósseis (Goldemberg, 2010).

Jacobs (2014, p. 230) apresenta uma abordagem interessante para a discussão, ao afirmar que “as densidades são muito baixas, ou muito altas, quando impedem a diversidade urbana, em vez de a promover. Essa falta de funcionalidade é a razão de serem muito baixas ou muito altas”. Nesses termos, a evolução dos princípios da ecologia urbana e do urbanismo sustentável advém do surgimento do conceito de biofilia, relativo ao grau de conexão entre pessoas e natureza na construção de urbanidade por meio de um desenho urbano que integra fisionomias e características naturais da natureza à vida cotidiana e às soluções de

infraestrutura, de forma a melhorar o desempenho das edificações com luz, ventilação e vegetação.

Por um lado, no planejamento urbano e ambiental, as cidades biofílicas destinam parte do orçamento público para manter os parâmetros que conduzem a um estilo de vida alinhado e que respeita os fluxos da natureza, com foco nas seguintes características: (1) natureza abundante nas proximidades das cidades e iniciativas como hortas urbanas, parques e programas de mobilidade para pedestres; (2) conexão entre cidadãos, flora e fauna nativa para valorização dos benefícios ambientais do patrimônio natural; (3) oportunidades de encontro ao ar livre e junto à natureza por meio de um planejamento de mobilidade urbana que conecta parques a diferentes pontos da cidade; (4) ambientes multissensoriais, com a junção de espaços naturais e corredores ecológicos na trama urbana; (5) investimento constante em educação ambiental, para adoção de uma vida sustentável; (6) recursos destinados à infraestrutura social e verde, cujas iniciativas se referem à compreensão da biodiversidade para a população, como centros de vida silvestre e museus, além da promoção de técnicas e tecnologias de construção de telhados e paredes verdes; (7) conservação da natureza embasada em cidades compactas, com alta densidade e criação de áreas protegidas como plano de ação atinente à biodiversidade e à conservação da natureza para, talvez, limitar o desenvolvimento da cidade em determinada região.

Por outro lado, dados atualizados por MapBiomas (2020), iniciativa multi-institucional que envolve universidades, Organizações não Governamentais (ONGs) e empresas de tecnologia focadas em monitorar as transformações na cobertura e no uso da terra no Brasil, mostram perdas de 87,2 Milhões de hectares (Mha) nas áreas de vegetação nativa, de 1985 a 2019, o que equivale a 10,25% do território nacional. Dentre os seis biomas brasileiros (Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Pampa, Pantanal e Caatinga), o Cerrado foi o mais afetado, com 28,5 Mha a menos, o que representa 21,3% das perdas totais, o que se refere a alterações no uso da terra para atividades agropecuárias entre pastagens e lavouras temporárias e perenes. Cumpre afirmar que 66,8% do país é coberto por vegetação nativa, mas sem indicar a preservação propriamente dita; e que 9,3% é secundária, com áreas desmatadas e convertidas para uso antrópico ao menos uma vez.

O levantamento de dados tem se mostrado eficiente e confiável, algo fundamental para avaliar a real situação na perda de cobertura vegetal, com a respectiva interpretação para o planejamento de cidades. Eles podem ser obtidos com o monitoramento do poder público, de organizações sem fins lucrativos e, principalmente, de empreendimentos de grande porte para produzir relatórios destinados ao licenciamento ambiental; ou por imagens de satélite.

Nesse contexto, as geotecnologias correspondem a ferramentas eficientes e de baixo custo para extrair e aferir dados, extensivamente utilizadas nas atividades agrícolas e na avaliação de mudanças em mananciais, dos incêndios e desmatamentos, além da expansão dos limites de cidades. Isso permite, inclusive, as comparações entre cenários passados, presentes e futuros – com viés relevante nesta pesquisa, redefinem-se estratégias para integrar demandas da sociedade com a conservação do meio ambiente.

2.3 GEOTECNOLOGIAS NA GESTÃO URBANA E AMBIENTAL

O sensoriamento remoto surgiu como uma geotecnologia a ser aplicada na gestão urbana e ambiental logo após a invenção da máquina fotográfica, quando se tornou possível o registro de imagens. Inicialmente, utilizavam-se pombos ou balões a fim de captar imagens da superfície vistas de cima, geralmente para o reconhecimento de lugares ou a produção de mapas. Em tempos de guerra, essa estratégia se voltou ao reconhecimento do território inimigo, o que auxiliava na elaboração de planos de (contra-)ataques (Pena, 2022).

Também é empregado na representação e coleta de dados da superfície terrestre, com técnicas de imageamento de forma indireta, ou seja, via sensores acoplados em algum dispositivo de navegação que pode captar imagens a poucos metros da superfície (nível terrestre) por aeronave (aéreo) ou satélite (orbital) (Morandi *et al.*, 2018).

Imagens captadas condizem a uma resposta das interações eletromagnéticas da luz solar (ondas e energia) e à capacidade de refletância de um objeto, superfície ou área, cuja técnica adquire dados referentes a um alvo por meio da radiação solar refletida ou absorvida por ele na superfície escaneada (Pereira; Silva; Pamboukian, 2016; Tagliarini *et al.*, 2021). Quando o sensor detecta e mensura a radiação que deixa a superfície dos objetos, ele realiza a medição radiométrica na qual, de acordo com Pena (2022), o comprimento mais apropriado para obtenção de imagens é o de ondas longas.

Esse tipo de técnica é imprescindível no contexto atual das sociedades, por ser capaz de revelar dados geográficos e até históricos de espaços naturais e sociais como o monitoramento de fenômenos naturais e antrópicos, a distribuição de florestas, o avanço do desmatamento, o crescimento das áreas urbanas etc.; e a obtenção de informações sobre formas de relevo, topografia, ocupação humana, entre outras (Koga, 2011).

O conjunto de técnicas de registro da superfície pela fotografia a nível terrestre ou aéreo é chamado de aerofotogrametria que, além da obtenção da imagem, a trata e a adapta para produzir visualizações de áreas inteiras. A nível orbital e com o uso dos satélites, pode-se

conseguir imagens com escalas variadas e de grandes áreas, com a respectiva produção de mapas coloridos que focam em temas específicos/temáticos (Morandi *et al.*, 2018).

Entre os satélites mais importantes para a observação e o registro de informações da superfície terrestre estão o *Landsat*, que designa um programa norte-americano de observação do planeta Terra por meio do Satélite Tecnológico de Recursos Terrestres (*Earth Resources Technology Satellite – ERTS*) e o Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (*China-Brazil Earth Resources Satellite – CBERS*). O primeiro *Landsat* lançado pela Administração Aeronáutica e Espacial Nacional (*National Aeronautics and Space Administration – NASA*) dos EUA foi em 1972 e, desde então, outras versões mais modernas foram lançadas, o que culminou na mais recente *Landsat 8* (Koga, 2011).

A resolução espectral das imagens obtidas pelos sensores ultrapassa centenas de bandas, e a espacial de várias delas é maior que um metro. Suas aplicações podem ocorrer nas áreas de levantamentos de recursos naturais e mapeamentos temáticos, monitoração ambiental, detecção de desastres naturais, desmatamentos florestais, previsões de safras, cadastramentos multifinalitários, cartografia de precisão, defesa e vigilância, entre outras.

O acelerado avanço no desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto em poucas décadas se deve à revolução nos meios de observação da Terra em uma escala global e periódica e à rapidez da monitoração dos fenômenos dinâmicos e das mudanças de feições terrestres. São empregadas em escala mundial e, talvez, reúnem a maior diversidade de pesquisadores e usuários em torno de uma tecnologia de aplicação (Menezes, 2012).

Segundo Menezes e Fernandes (2013), as geotecnologias são determinadas pelo conjunto de *softwares*, produtos e técnicas, como Sistemas de Informação Geográfica (*Geographic Information Systems – SIG/GIS*), sensoriamento remoto, posicionamento por Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS), modelos numéricos do terreno e organização de banco de dados. Nesse ínterim, Teixeira e Rizzatti (2022) afirmam que a aplicação de geotecnologias em dados espaciais possibilita o monitoramento e a quantificação de áreas, objetos e/ou fenômenos de interesse.

Dessa forma, a junção de dados coletados via sensoriamento remoto, sob a forma de imagens, com a aplicação de técnicas de PDI, permite quantificar e analisar episódios ambientais. São gerados resultados que norteiam ações futuras ou resolução de conflitos ambientais, com a possibilidade de reavaliar as decisões tomadas para o planejamento urbano e ambiental de cidades (Morandi *et al.*, 2018).

Estudos sobre APPs no cerrado brasileiro demonstram que, por meio das imagens de satélites e ferramentas computacionais, é possível monitorar padrões de mudança na

biodiversidade, provocadas por ações antrópicas, o que facilita as tomadas de decisão e auxiliar em estratégias de gerenciamento, prevenção e ordenamento territorial (Moreira *et al.*, 2015; Oliveira; Borges; Acerbi Júnior, 2018). Dentre as variadas técnicas de PDI, utilizadas no processo de extração de informações, estão os índices espectrais, como será verificado no próximo subtópico.

2.3.1 Índices espectrais

Imagens de satélite são processadas por técnicas de sobreposição, extração ou melhoramento para representar adequadamente o fenômeno a ser analisado. O PDI consiste na execução de operações matemáticas dos dados, com vistas a transformá-las em imagens de melhor qualidade espectral e espacial para determinada aplicação; logo, o processamento de imagens de sensoriamento remoto é orientado para cada tipo de problema.

O processamento de imagens é configurado por algoritmos especializados, que disponibiliza para o usuário a aplicação de grande variedade de técnicas de processamento; logo, os algoritmos tratam a imagem de modo matemático, como um dado diretamente relacionado ao processo físico que o criou nesse contexto. O formato matricial facilita operações matemáticas e estatísticas para analisar o grande volume de dados das imagens de sensoriamento remoto, em que todos os *softwares* especializados dividem as técnicas de processamento digital em dois tipos básicos: realce e classificação. Antes disso, há uma fase de pré-processamento, cujo objetivo é corrigir preliminarmente os erros encontrados nos dados originais (Almeida; Meneses, 2011).

Essencialmente, as técnicas de pré-processamento são funções operacionais para remover ou corrigir os erros e as distorções introduzidas nas imagens pelos sistemas de sensores, devido a equívocos instrumentais (ruídos espúrios), às interferências da atmosfera (erros radiométricos) e à geometria de imageamento (distorções geométricas). Enquanto isso, as técnicas de transformação no domínio espectral e espacial, como os índices espectrais, têm a função básica de aumentar o contraste visual da imagem processada, a fim de facilitar a interpretação da cena, explorar com melhores recursos a informação contida na imagem, extrair informações de interesse e/ou relacioná-las com parâmetros estatísticos e otimizar ao máximo a análise dos dados em termos de eficiência, tempo e custo (Almeida; Meneses, 2011).

Índices espectrais são criados com um fim específico, geralmente para enfatizar determinado objeto/fenômeno em uma data específica, como vegetação, água, solos ou

edificações. Os índices de vegetação, por exemplo, se sobressaem devido à aplicação em outras atividades, como estudo do gás carbônico, medição de área foliar e quantificação de biomassa.

Dentre os índices espectrais, NDVI e NDBI têm sido utilizados para estudos que envolvem temáticas ambientais e urbanas e fornecem dados a custos relativamente baixos e em pouco tempo, o que permite a realização de diagnósticos mais precisos ou a adaptação de estratégias de desenvolvimento econômico, proteção do meio ambiente ou gestão de cidades. Proposto por Rouse *et al.* (1973), o NDVI tem sido empregado em comparações de mudanças na cobertura vegetal, ao longo do tempo, pois é menos influenciado por variações das condições atmosféricas; e o NDBI, criado por Zha, Gao e Ni (2003), possui grande aplicabilidade na identificação de áreas urbanas e no monitoramento da distribuição espacial e da expansão urbana.

De acordo com Saraiva (2012), o NDVI explora as diferenças entre as respostas espectrais no Infravermelho Próximo (*Near Infrared* – NIR) e no do comportamento espectral da vegetação. Por sua vez, o NDBI, também conhecido pela expressão *built-up* (“urbanizado”, em tradução literal), explora as diferenças das respostas espectrais de áreas urbanas e não urbanas entre o Infravermelho Médio (*Medium Infrared* – MIR) e o NIR. Cumpre reiterar a existência de trabalhos que mostram como tais índices são aplicados e analisam sua eficiência ao correlacionarem a relação entre vegetação e áreas edificadas, no uso e na cobertura da terra, com as respectivas alterações na paisagem e na qualidade ambiental urbana.

Saraiva (2012) aplicou o NDVI e o NDBI em um estudo para aferir as temperaturas da superfície terrestre que continha vegetação e em áreas urbanas consolidadas de Campinas (SP), em três datas diferentes ao longo de 15 anos, ao utilizar imagens do satélite *Landsat 5* para apurar como as mudanças no padrão de ocupação e do uso do solo afetaram a temperatura. Nesse caso, encontrou uma relação negativa entre NDVI e a temperatura da superfície e positiva do NDBI com a referida temperatura, o que corroborou a máxima de que áreas ou bairros com mais alto índice de cobertura vegetal apresentam temperaturas mais amenas, enquanto a grande quantidade de inércia térmica produz o fenômeno de “ilhas de calor” e, conseqüentemente, a temperatura fica mais elevada.

Nessa conjuntura, Costa e Gabrich (2018) realizaram outro estudo para analisar a expressiva urbanização do litoral do Rio de Janeiro (RJ), em específico na Região do Lagos, por meio do mapeamento de uso e cobertura da terra produzido por um dos laboratórios de pesquisa da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Utilizou-se o NDBI para classificar áreas urbanas em pontos aleatórios, em que 83% das áreas analisadas apresentaram compatibilidade das classes de uso do urbano com as imagens analisadas. Os resultados obtidos

para medir a eficiência na aplicação do índice espectral foram satisfatórios e com bom desempenho para determinar o que era urbano (ou não), mesmo diante de aproximadamente 8% de erros com os conflitos de classes da similaridade da resposta espectral de algumas superfícies, da classificação e dos descritores utilizados.

Pontes (2017) diagnosticou a arborização urbana de Caraguatatuba (SP), devido a preocupações com o meio ambiente e à integração das necessidades de moradia, trabalho e deslocamento pelos munícipes. Isso gerou imposições políticas e responsabilidades como o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) Verde ou o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) Ecológico, com o intuito de compatibilizar os diversos tipos intervenções na natureza e suas consequências; e a aplicação do índice de áreas verdes para mensurar a qualidade ambiental e investigar a relação entre áreas verdes e a população da cidade, conforme a metodologia efetiva no cálculo da área verde por pessoa no município.

Em outra investigação, o NDVI foi eficaz para avaliar a efetividade da proteção oferecida pela Unidade de Conservação (UC) na antropização da área original do Cerrado, convertida em pastagens, extração de mineral, construção de estradas e barragens ou expansão urbana em uma área-núcleo do Corredor de Biodiversidade Emas-Taquari. Houve a criação das UCs do Cerrado no Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari, no Mato Grosso do Sul (MS), principalmente na zona de amortecimento do referido local, e se considerou a vantagem na redução do tempo e dos custos da análise multitemporal ambiental (Gamarra *et al.*, 2016).

Oliveira, Cerqueira Neto e Silva (2021), no estudo de avaliação das mudanças no uso e na ocupação do solo em Eunápolis, Bahia (BA), por meio do NDVI e do NDBI, notaram a redução da vegetação, de elevado vigor vegetativo, na maior parte do município. Todavia, em outras localidades, a vegetação nativa em estágio inicial, médio e avançado aumentou de 1996 a 2018, devido a práticas de reflorestamento em áreas degradadas.

Nesses termos, Tagliarini *et al.* (2021) discorrem que o sensoriamento remoto é uma metodologia de monitoramento ambiental para o estudo dos usos e da ocupação do solo com o cálculo de índices radiométricos ou de vegetação do comportamento espectral de alvos (a)bióticos. Aqui se indicam a atividade fotossintética da vegetação, a porcentagem de cobertura vegetal, o teor de clorofila em plantas, o acúmulo de biomassa, o estágio de desenvolvimento, entre outros aspectos.

Zha, Gao e Ni (2003) explicam que as alterações oriundas da urbanização incessante e a cobertura de terra em áreas urbanas tendem a ser modificadas de modo drástico em um período curto e são facilmente monitoradas a partir de imagens de sensoriamento remoto. E França *et*

al. (2012) pontuam que os índices espectrais permitem identificar e extrair maior quantidade de informações das imagens, tais como áreas edificadas, cobertura vegetal, áreas inundadas etc.

Esses e outros autores ilustram a eficácia e o avanço das técnicas de PDI para aferições e constatações das mudanças no meio urbano ou rural. Ademais, podem embasar as tomadas de decisões dos entes privados ou públicos, a exemplo da regularização fundiária explicitada na sequência desta dissertação.

2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA

A urbanização brasileira se fundamentou na organização do território pautado na terra como mercadoria, o que fomenta a exclusão social de minorias e a segregação espacial em uma dinâmica exaustivamente conhecida, na qual o grupo menor de pessoas com poder aquisitivo maior controla o uso e a ocupação do solo, ao mesmo tempo em que os grupos menos favorecidos são “empurrados” para as periferias e de forma clandestina. A exclusão social gera núcleos de pobreza (Maricato, 1996), mas também de especulação imobiliária, resultante da desigual distribuição do capital refletida no território (Villaça, 1986).

Em se tratando das considerações sobre a regularização fundiária, destaca-se nesta pesquisa a mudança no papel e na posição do poder público diante da criação, regulação e aplicação das normativas atinentes ao controle do uso do solo, assim como da fiscalização que, se no passado era ativa, migrou paulatinamente para um viés passivo, de mera observadora. A população de baixa renda é negligenciada e estabelece residências às margens da cidade formal, o que acelera o processo dos núcleos urbanos informais, com ausência de infraestrutura adequada e cujas moradias não apresentam padrões mínimos de habitabilidade (Villaça, 1986; Maricato, 2001).

Intrinsicamente ligado a questões de natureza econômica e das relações entre o capital e a produção do espaço, o desenvolvimento das cidades se transformou em um processo quase invisível ao longo das décadas. Nesse caso, o poder público passou de agente promotor de habitação a custo baixo para os papéis de mediador, ao transmitir para o cidadão o custo de obter a propriedade privada com juros; e de mero observador das ações dos detentores da terra no parcelamento do solo.

A produção do espaço e da terra sofreu significativas alterações no valor e no ritmo de urbanização nas últimas décadas. Nas palavras de Rolnik (2015):

[...] estamos assistindo aos impactos da construção da hegemonia ideológica e prática de um modelo de política pública de habitação baseada na promoção do mercado e do crédito habitacional para a aquisição da casa própria, que se espalhou pelo mundo na velocidade eletrônica dos fluxos.

Diante disso, a autora intitula tal processo de “financeirização da moradia”, relativa à origens da crise financeira que acometeu as nações desenvolvidas e que repercute ainda hoje em todo mundo e nos países em desenvolvimento. A lógica dessa hipótese se relaciona com a frenética valorização da terra que se sucedeu nas cidades, nas últimas décadas e baseada na teoria e prática da transmutação da habitação em ativo financeiro. Além de formular a teoria acerca da financeirização da terra e da moradia, ainda relata as experiências vividas em outros países e no Brasil, onde participou e observou, como relatora da ONU, as políticas habitacionais adotadas em tais localidades (Rolnik, 2015).

Rolnik (2015) reflete que a crise financeira foi iniciada pelo estouro da bolha imobiliária nos EUA em 2007, cujo colapso internacional de grande magnitude explica o panorama global de colonização da terra urbana e da moradia pelas finanças globais nas últimas décadas. São evidenciadas as conexões que agora configuram uma das mais novas e poderosas fronteiras da expansão do capital financeiro, que leva as políticas públicas a abandonar os conceitos de moradia como bem social e da cidade como um artefato público.

A criação, a reforma e o fortalecimento dos sistemas financeiros de habitação passaram a representar um dos novos campos de aplicação do excedente no âmbito da macroeconomia e das finanças domésticas e em um novo fluxo de capitais internacionais. Nessa perspectiva, o mercado secundário de hipotecas foi um dos veículos importantes para conectar os sistemas domésticos de financiamento habitacional aos mercados globais na “Guerra dos Lugares” definida por Rolnik (2015) como a disputa entre territórios oriundos das mudanças na forma de provisão de habitação sobre a estruturação geral das cidades.

Com a atuação dos mercados fundiários e da regulação urbanística, a economia política da habitação implicou também em uma economia política da urbanização, ao reestruturar as cidades. Trata-se não apenas de uma nova política habitacional, mas de um complexo urbanístico, imobiliário e financeiro com impactos profundos no redesenho das cidades e na vida dos cidadãos.

Nesse contexto, Rolnik (2015) explana que:

[...] a mercantilização da moradia, bem como o uso crescente da habitação como um ativo integrado a um mercado financeiro globalizado, afetou profundamente o exercício do direito à moradia adequada pelo mundo. A crença de que os mercados poderiam regular a alocação de moradia,

combinada com o desenvolvimento de produtos financeiros experimentais e criativos levou ao abandono de políticas públicas em que a habitação é considerada um bem social, parte dos bens comuns que uma sociedade concorda em compartilhar ou prover para aqueles com menos recursos – ou seja, um meio de distribuição de riqueza. Na nova economia política centrada na habitação como meio de acesso à riqueza, a casa transforma-se de bem de uso em capital fixo – cujo valor é a expectativa de gerar mais-valor no futuro, o que depende do ritmo do aumento do preço dos imóveis no mercado.

Por meio do financiamento imobiliário para aquisição da casa própria, a expansão do mercado global de capitais se apoiou no endividamento privado, o que incluiu os indivíduos no processo global de extração de renda e especulação. Segundo Rolnik (2015), o Banco Mundial (BM) propôs uma mudança de visão no papel do poder público, na qual os governos deveriam renunciar ao papel de provedor de habitação a custo acessível e se tornar facilitadores – são, portanto, novas relações do capital com o espaço onde a terra, mais do que um meio de produção, se torna uma poderosa reserva de valor.

Rolnik (2015) cita que, na década de 1970 se consolidou a ideia, a partir da literatura econômica neoclássica, de que os preços do solo urbano e dos imóveis não dependiam somente da relação entre oferta e demanda, como também seriam determinados pela legislação urbanística. Essa perspectiva relacionou a existência de regras de uso e controle do solo urbano derivadas do planejamento urbano com o aumento dos preços de moradias nas cidades.

Em outra obra, Rolnik (1999) afirma que Stephen Mayou e Shlomo Angel foram os primeiros a associar as regulamentações urbanísticas com a inelasticidade da oferta. Nesse ponto de vista, altos padrões e parâmetros urbanísticos elevam os preços da terra, o que dificulta (ou impossibilita) o acesso dos pobres à moradia e ao solo urbano; conseqüentemente, o mercado de terra cresce além dos padrões, tolerado por autoridades municipais.

O Estatuto da Cidade destaca, entre os seus objetivos, o direito à terra urbana e dotada de toda a infraestrutura ambiental e de saneamento, o que regula a propriedade urbana em prol do bem coletivo e do equilíbrio ambiental (Brasil, 2011, art. 2º). Paralelamente à promulgação dessa lei, o cenário brasileiro do início do século XXI abarcou um novo paradigma para o mercado imobiliário e que pode ser considerado propício, ao resultar em empresas de capital aberto. Cardeman (2014) aponta três principais fatores que alavancam as atividades imobiliárias: controle da inflação, queda das taxas de juros e alienação fiduciária.

Com uma significativa entrada de investimento externo diante da melhoria da economia nacional, o período foi caracterizado por juros baixos, estabilidade econômica e ampliação do crédito, inclusive para a aquisição de imóveis:

No mercado imobiliário tornou-se também necessário o aumento da oferta de unidades habitacionais para atender às classes sociais com maior poder de compra e facilidades de crédito, que puderam começar a adquirir este tipo de bem (Cardeman, 2014, p. 28).

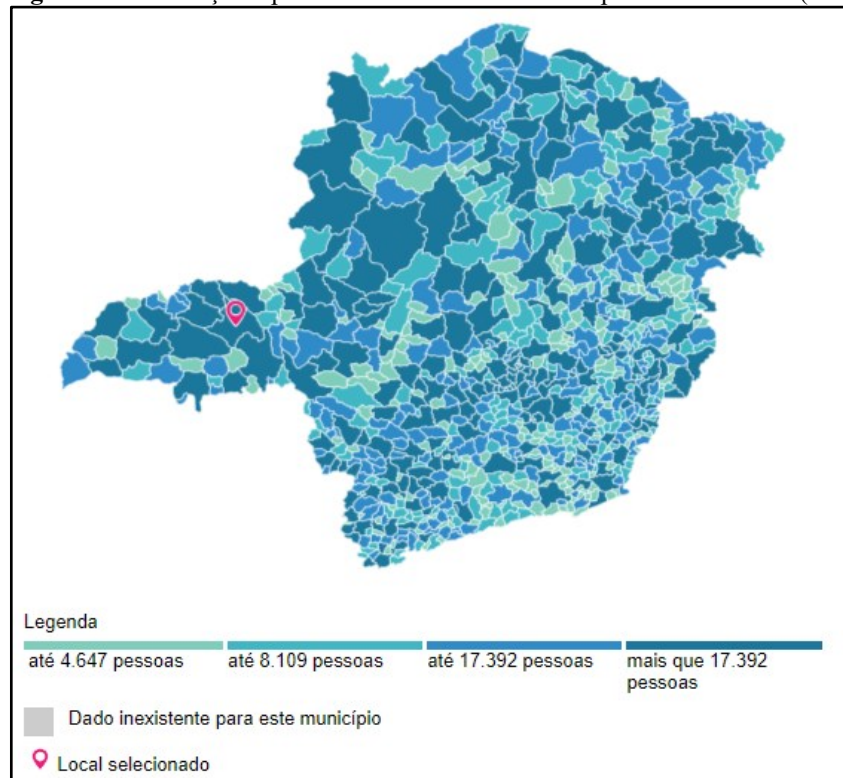
Na primeira década deste século, a maior parte das cidades brasileiras alterou suas legislações de uso e ocupação do solo. Com o crescimento significativo da receita pública, seguido do aumento da população e da intensificação da atividade imobiliária, a expansão urbana converteu terras rurais em urbanas, com o desenvolvimento de uma legislação de uso e ocupação do solo que favorece esse processo e reforça a estrutura fundiária (Godoy; Tangari, 2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), Uberlândia (MG) possui área territorial de 4.115,206 km², população de 713.232 habitantes (Figura 1), densidade demográfica de 173,32 pessoas/km² e está localizada na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, onde 172,85 km² são áreas urbanizadas nos biomas Cerrado e Mata Atlântica. Ocupa a terceira posição no ranking econômico da região, com Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de R\$ 53.828,78, o que representa o primeiro lugar na região e o segundo no estado.

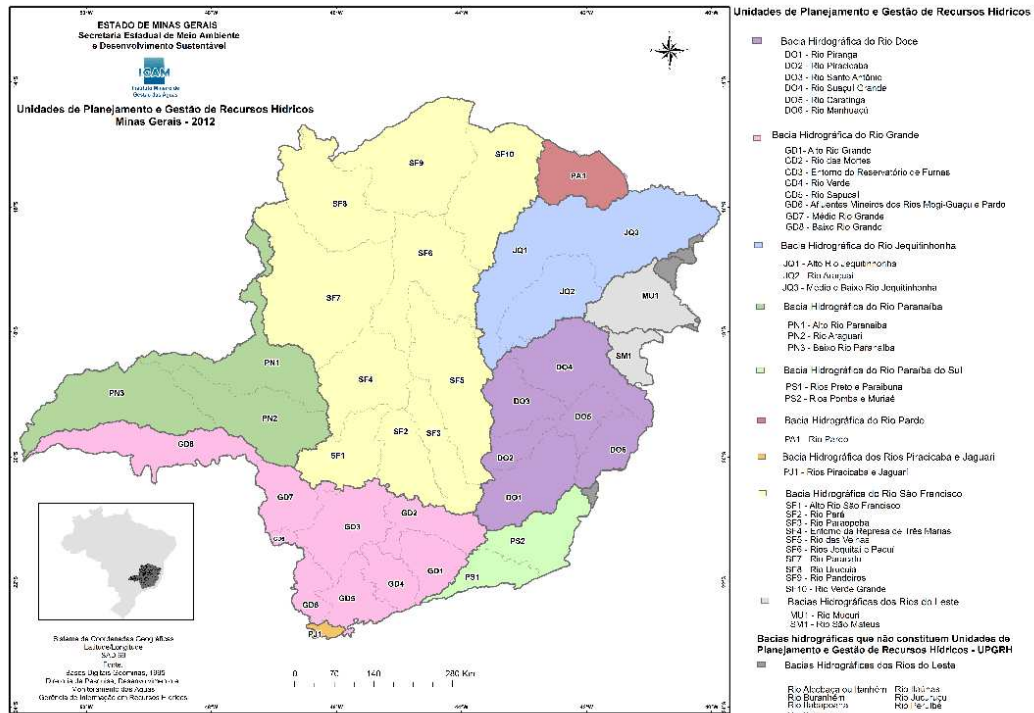
Figura 1. Localização e panorama censitário do município de Uberlândia (MG)



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022).

É um dentre os 20 municípios que fazem parte da bacia do Rio Paranaíba, sub-bacia 4 de drenagem média do Rio Araguari, com 1.744,98 km² na Unidade Estadual de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UEPGRH) PN-2 (Figura 2), localizada na porção oeste do estado de Minas Gerais, onde o relevo é percorrido pelo tipo planalto (Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, 2023):

Figura 2. Unidades Estaduais de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UEPGRHs) de Minas Gerais

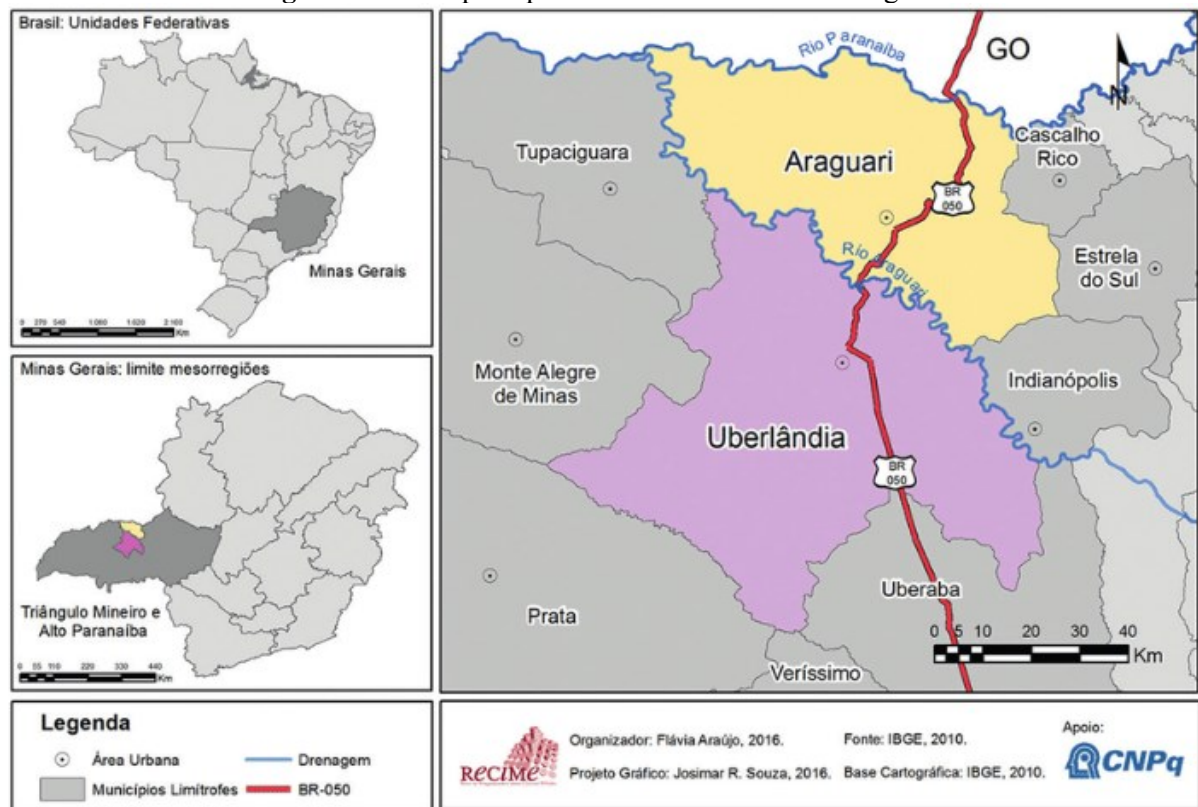


Fonte: <http://www.igam.mg.gov.br/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

Possui área de drenagem dos afluentes desde a barragem de Miranda até o fim do remanso do reservatório de Nova Ponte, no Rio Araguari, dividida em unidades de planejamento internas com área de 22.091 km² e abrangência 20 municípios mineiros: Araguari, Araxá, Campos Altos, Ibiá, Indianópolis, Iraí de Minas, Nova Ponte, Patrocínio, Pedrinópolis, Perdizes, Pratinha, Rio Paranaíba, São Roque de Minas, Sacramento, Santa Juliana, Serra do Salitre, Tapira, Tupaciguara, Uberaba e Uberlândia.

As altitudes variam de 1.180 metros, na nascente em São Roque de Minas (MG), até 510 metros, na divisa entre Araguari (MG) e Tupaciguara (MG) (Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2023). A paisagem ao longo do rio se modificou, principalmente, no médio e baixo Araguari, em razão das séries UHEs que, na área investigada, confronta com os municípios de Uberlândia, Araguari e Indianópolis (MG), como pode ser constatado na Figura 3:

Figura 3. Municípios que confrontam com o Rio Araguari

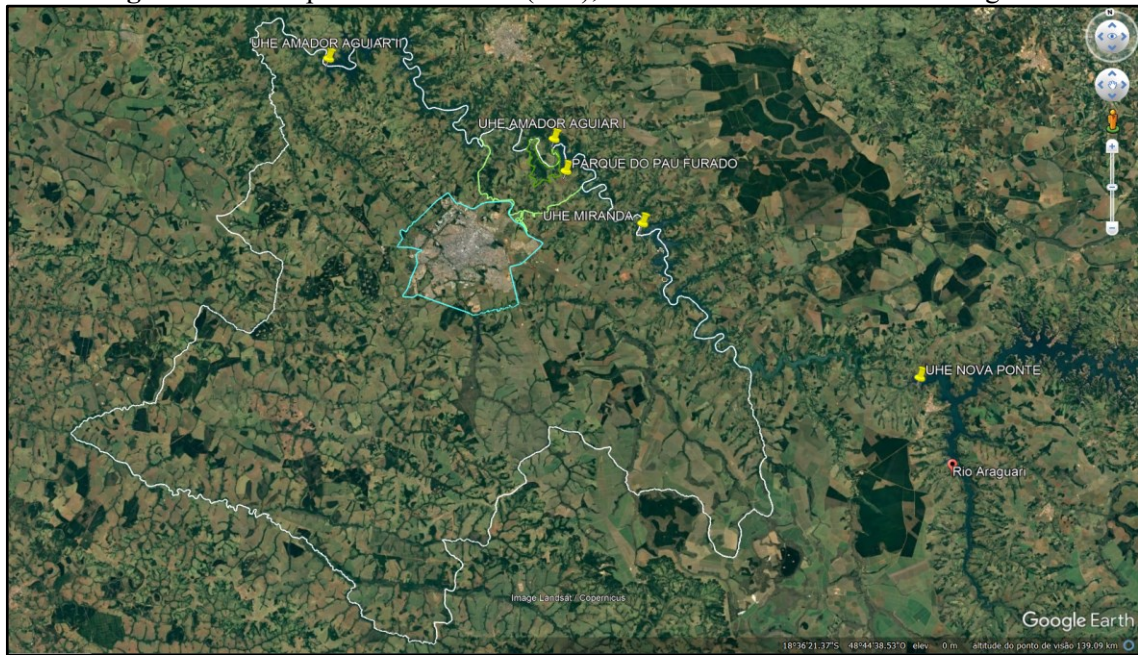


Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Araguari-e-Uberlandia-MG-Localizacao-dos-municipios-na-Mesorregiao-do_fig14_351558787. Acesso em: 26 out. 2023.

Carijo (2003), ao inventariar o meio físico na região, averiguou que o relevo às margens do Rio Araguari varia de leve a mediano e altamente dissecado, com altitudes de 550 a 950 metros, solo com afloramento, rochas de basalto do período pré-cambriano, ocorrência de cachoeiras e corredeiras, topografia que favorece a ocupação de assentamentos e atividade agrícola com intensa utilização de insumos e defensivos. Nesse contexto, a preparação do solo para plantio de culturas, somada à ocorrência das chuvas em setembro, ocasiona processos erosivos laminares. Ademais, foi diagnosticada a formação de sulcos e ravinas em razão do pisoteio do gado, com vegetação ciliar degradada, voçorocamento, entre outros.

Nesse trecho do Rio Araguari há as usinas do Complexo Energético Amador Aguiar (I e II) e as UHEs Miranda e Nova Ponte (Figura 4):

Figura 4. Município de Uberlândia (MG), zona urbana e UHEs no Rio Araguaari



Fonte: Elaboração da autora (2023), com base nos dados do Google Earth. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

A UHE Miranda é considerada uma usina a fio d'água que possui vários ranchos e chácaras no entorno, cujas atividades se voltam ao lazer, pesca e ecoturismo. Ela faz parte de um complexo de UHEs em sequência que, nos limites entre as cotas mais altas a montante e mais baixas a jusante nos vertedouros, abrange quatro municípios supracitados, com os respectivos planos diretores urbanos e macrozoneamentos ambientais municipais – Nova Ponte, Uberlândia, Uberaba e Indianópolis (MG). Com obras iniciadas em 1990, foi inaugurada oito anos depois, em 1998.

O reservatório possui área inundada de 51,86 km², altura máxima de inundação da barragem de 79 metros, 1.050 metros de comprimento, cota de coroamento de 699,00, cota mínima operativa de 693,0; cota máxima operativa de 696,0; cota máxima *maximorum* 696,95, potência instalada de 408 kilowatts (kW) a partir de três unidades geradoras com potência de 136 megawatts (mW) cada, potência instalada de 408 mW, turbinas tipo *Francis* e quatro comportas com capacidade máxima de 9.000 m³/s, com vertedouro do tipo superfície controlada. Sua primeira licença de operação foi concedida em 1998 à Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig Distribuição Sociedade Anônima (SA); atualmente, tal licença está com a Engie Energia Brasil, renovada em 2022 e com vigência até 2032.

Oficialmente, a UHE Miranda está localizada em Indianópolis (MG). A despeito de sua localização oficial e endereço comercial naquele município, o presente estudo compreende as

margens do reservatório artificial criado desde a inundação, próximas a Uberlândia (MG). Possui um reservatório de acumulação de 50,61 km², com operação iniciada em 1998 e incorporada ao parque gerador da empresa Engie Brasil Energia em 2017, em leilão do Governo Federal cuja concessão possui validade até 2047.

Nesse contexto, o reservatório artificial formado com a implantação da UHE Miranda se iniciou nas coordenadas 19°02'57" S / 47°59'38" W a montante, na divisa entre Uberaba (MG) e Uberlândia (MG); e 18°54'44" S / 48°02'12" W a jusante, onde ficam localizados os vertedouros. A geração líquida em Gigawatt-hora (GWh) é da ordem de aproximadamente 105,8 no período de chuvas e de 76,5 durante a estiagem.

Figura 5. Distribuição das sub-bacias na Bacia Hidrográfica do Rio Araguaari



Fonte: <https://www.cbharaguari.org.br/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

A UHE Miranda se encontra oficialmente domiciliada em Indianópolis (MG), localizada no fuso 23°. Porém, o desenvolvimento da pesquisa se embasa no fuso 22°, por se restringir à margem da UHE Miranda localizada em Uberlândia (MG).

Utilizou-se, ainda, o sistema de referência Sirgas 2000, ao encontrar o fuso 22° sul (S) conforme a projeção do sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM). O recorte geográfico definido para aplicar a metodologia escolhida compreende o trecho da área represada do Rio Araguaari, o reservatório artificial da UHE Miranda, a área entre o limite entre Uberaba (MG) e Uberlândia (MG) a montante e os vertedouros da represa a jusante.

Figura 6. Vista dos vertedouros do reservatório da UHE Miranda, a jusante do Rio Araguari



Fonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (2022).

Com clima caracterizado como tropical quente e subquente e por duas estações bem definidas – seca entre maio e setembro; e úmida de outubro e abril –, as temperaturas verificadas são influenciadas, principalmente, pelo relevo. As médias anuais são inferiores a 21 °C nas maiores altitudes, com variação de 15 °C a 18 °C nos meses mais frios (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2022).

Figura 7. Acesso à UHE Miranda pela BR-452



Fonte: Elaboração da autora (2023), com base nos dados do Google Earth. Disponível em: <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

Para esta pesquisa, as observações, contextualizações e metodologias abrangem somente as margens do limite da UHE Miranda, localizadas em Uberlândia (MG).

O principal e mais conhecido acesso ao reservatório da UHE Mirante se encontra a nordeste de Uberlândia (MG), desde a BR-452 até a AMG-1110: Estrada Municipal 371. Ela perpassa a Companhia de Bebidas das Américas (*Americas' Beverage Company* – AMBEV) e outro marco histórico-cultural importante: a Capela da Saudade – Cruz Branca.

3.1.1 Impactos ambientais no entorno de UHEs

Os impactos socioambientais verificados ao redor das UHEs foram abordados por várias pesquisas nas últimas décadas para quantificar a dimensão das consequências da implantação nas alterações do meio social e natural e/ou na dinamização dos processos produtivos regionais a partir da construção, no desenvolvimento regional induzido a partir do aproveitamento hidroenergético, ao compará-las com a capacidade de sustentabilidade de tais empreendimentos, tendo em vista o seu propósito precípua: a geração de energia.

Em se tratando dos efeitos sociais mais elencados por outros estudos, a desterritorialização e a reterritorialização de milhares de pessoas se sobressaem, ao descreverem o deslocamento de famílias e comunidades (Silva, V. P., 2007; Silva, E. A., 2007). Segundo Moreira (2012), o início da exploração de corpos hídricos para a produção de energia elétrica no Brasil se voltou, em um primeiro momento, à autossuficiência em energia para pequenos produtores, mineração ou indústrias em geral com a implantação de pequenas UHEs. Esse cenário começou a se transformar ao final do século XIX, com o aumento na demanda do consumo de energia e os esforços políticos de modernização brasileira para facilitar e atrair investimentos de empresas multinacionais a partir da concessão de serviços.

Flauzino (2014) explica que os resultados obtidos nas análises físico-químicas e bacteriológicas da qualidade da água e dos sedimentos nos reservatórios das UHEs de Nova Ponte e Miranda, como influência do uso e ocupação da terra e da interferência humana (in)direta, está bastante vulnerável com resultados e desequilíbrios nas comunidades aquáticas, em razão das alterações físicas e químicas das águas e sedimentos. Com isso, pode haver a proliferação de organismos invasores e o desaparecimento de outras espécies.

Nesse prisma, Borges e Fehr (2010) elucidam que o desmatamento e a terraplanagem do local, estimulados pela urbanização de loteamentos e chácaras com a construção de canteiros de obras, impermeabilizam e compactam o solo, bem como eleva o escoamento de águas pluviais e acelera processos erosivos. Acrescentam-se os impactos do desaparecimento da

vegetação terrestre e das matas ciliares que constituem sistemas de manutenção da diversidade na alteração da fauna de peixes, com o conseqüente acréscimo da biomassa de macrofilas aquáticas, em que a oscilação diária do nível da água pela alta declividade dos taludes e das características dos solos da região produz focos de erosão. Há o aumento na deposição de lixo doméstico no entorno do reservatório e o descarte inadequado de esgotos ou da utilização de fossas negras, o que contamina o lençol freático.

3.1.2 Loteamentos irregulares e clandestinos no entorno da UHE Miranda em Uberlândia (MG)

A realidade de bairros desprovidos de infraestrutura e parcelados aquém da legislação municipal se encontra intensamente estabelecida nas áreas urbanas das cidades ou ao redor do seu perímetro. Na medida em que a cidade se expande, novamente se veem dentro do tecido urbano e muitas vezes recebem, investimentos em infraestrutura por parte do poder público.

Esse padrão de ocupação da terra acontece também de forma esparsa e com menos frequência na zona rural ao se desenvolver frequentemente no entorno chácaras e sítios de recreio regulares. Segundo a inundação das áreas para implantação da UHE Miranda, foram desapropriadas 274 propriedades rurais, se inundaram áreas produtivas e foi redefinido o uso do solo, o que modificou a paisagem natural naquela região (Oliveira, 2015).

Porém, a urbanização de áreas rurais em lotes com características e dimensões similares às praticadas nas áreas urbanas geralmente leva à especulação imobiliária de pequenos e médios proprietários de terras (redivisão e comercialização de chácaras ou módulos rurais); ou de grandes proprietários (redivisão e comercialização de fazendas). Em Uberlândia (MG), o parcelamento irregular e clandestino de áreas rurais com lotes de características urbanas segue um padrão diferenciado. Isso permite afirmar que, principalmente na Área Objeto de Estudo (AOE) desta pesquisa, a lógica do processo de urbanização e exclusão social de minorias não se aplica de fato.

Nesse caso, cabe afirmar que o plano diretor que determinou uma Macrozona de Turismo e Lazer (MZTL) fomentou o cenário de irregularidades no entorno da UHE Miranda. Supõe-se que a proximidade a um corpo d'água, como é o lago artificial formado com a implantação da represa, atraiu proprietários de terras para uma região conhecida por diversas quedas d'água, cachoeiras, beleza cênica e patrimônio ambiental do município.

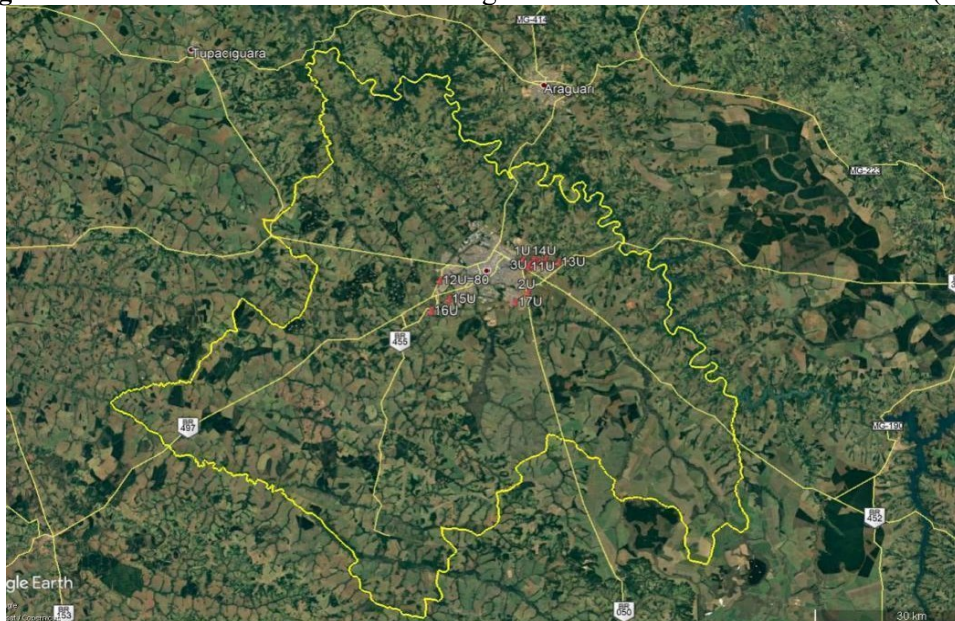
Uberlândia (MG) possui uma normativa que regulamenta o parcelamento do solo urbano e rural: a Lei Complementar (LC) n. 523. Ela estabelece critérios e parâmetros com modalidades

previstas para fins de habitação na zona rural, a exemplo das chácaras de sítios de recreio, cuja área mínima é de 5.000,00 m² (Uberlândia, 2011a). Porém, a maioria dos lotes nessa zona tem sido informalmente comercializada com dimensões menores que as mínimas admitidas na legislação municipal e próximas às praticadas na zona urbana, onde o adensamento populacional é desejado.

A propósito, a região do entorno do Miranda possuía legislação específica com parâmetros urbanísticos diferenciados desde o início do século XXI, isto é, o Decreto n. 8.966, que permitia loteamentos de chácaras de sítio de recreio com área mínima de 1.000,00 m². Mesmo assim, a totalidade dos parcelamentos nessa região se reproduziu na informalidade e ilegalidade (Uberlândia, 2002).

Com a operação conjunta entre o Ministério Público Estadual (MPE) em Uberlândia (MG), o 5º Batalhão da Polícia Ambiental e a PMU, representada nessa ação pelos técnicos do Núcleo de Análise do Parcelamento do Solo Clandestino e Irregular da Secretaria Municipal de Planejamento Urbano (NAPCI/SEPLAN), foram realizadas diligências e vistorias nos últimos anos para averiguar denúncias de comercialização de lotes em áreas rurais. Atualmente, há cerca de 18 loteamentos irregulares ou invasões clandestinas na zona urbana e 146, na rural (Figuras 8 e 9).

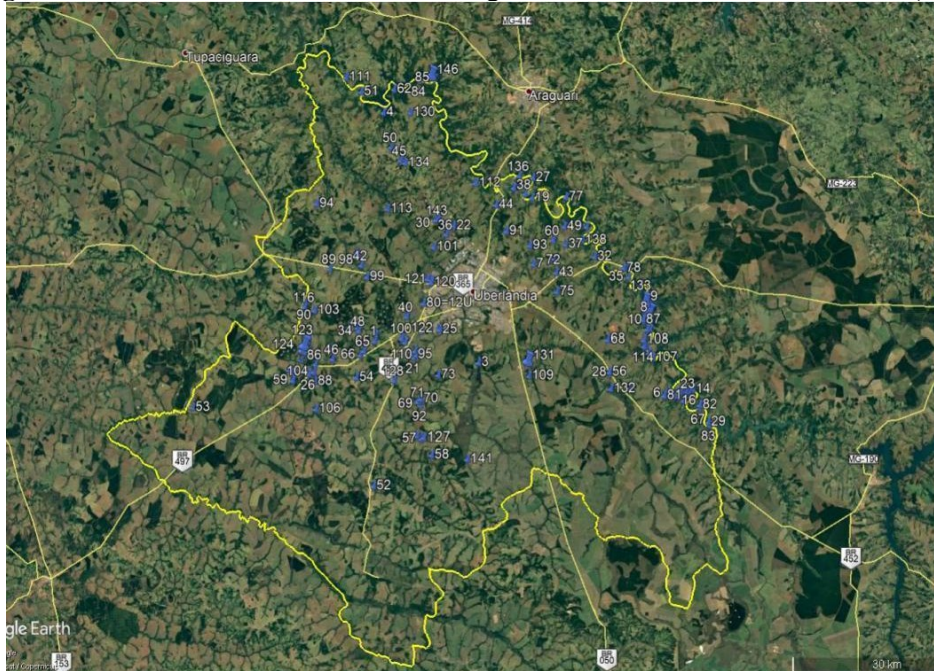
Figura 8. Loteamentos clandestinos ou irregulares na zona urbana de Uberlândia (MG)



Fonte: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/loteamentos-irregulares/>.

Acesso em: 13 abr. 2023.

Figura 9. Loteamentos clandestinos ou irregulares na zona rural de Uberlândia (MG)

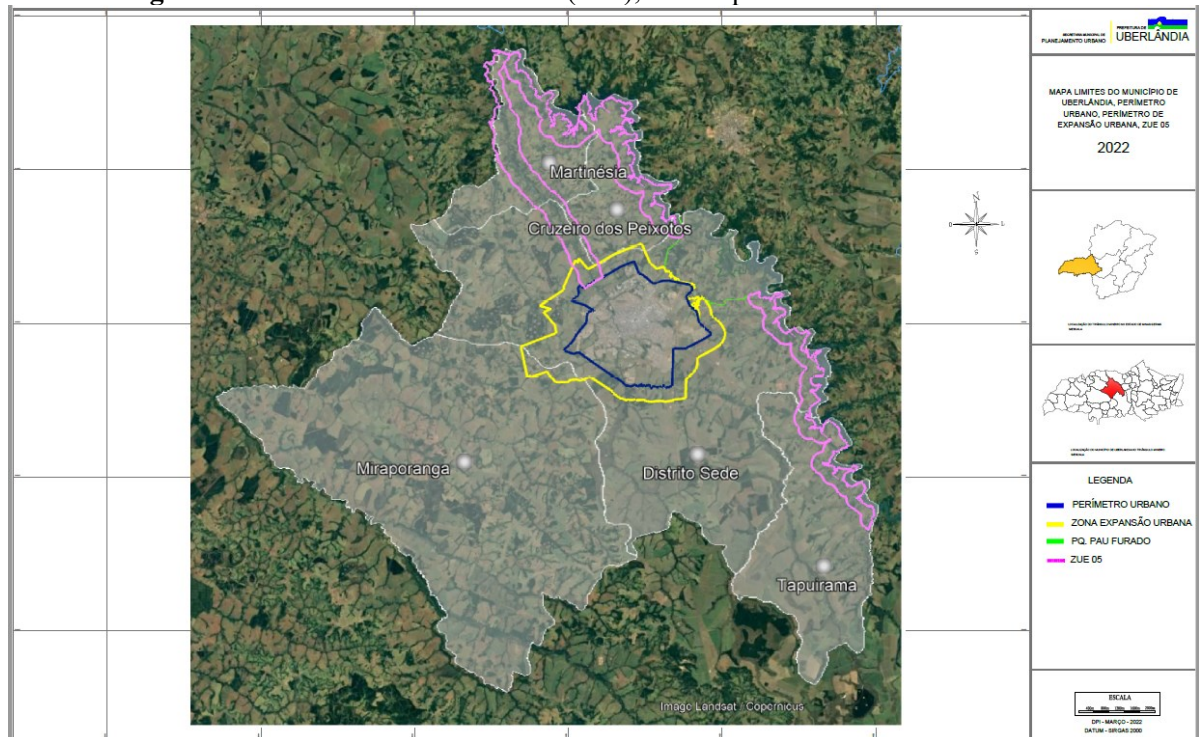


Fonte: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/loteamentos-irregulares/>. Acesso em: 13 abr. 2023.

No território nacional, a elaboração da LF n. 13.465, em 11 de julho de 2017, possibilitou a regularização fundiária de loteamentos irregulares e clandestinos nas zonas urbana e rural, com duas categorias distintas de classificação para os imóveis passíveis de regularização: aqueles com características de população de baixa renda e, portanto, de interesse social (REURB-S); e os de características específicas, sem ser caracterizados como no primeiro caso (REURB-E) (Brasil, 2017). Em Uberlândia (MG), a LC n. 670, relativa ao Programa de Regularização de Núcleos Urbanos Irregulares, regulamenta e define esse processo na esfera administrativa (Uberlândia, 2019a).

Também em 2019, o município promulgou a LC n. 671, que modificou a categoria das terras no entorno da UHE Miranda, de rural para urbano, em uma faixa de 1,50 km a partir da cota de inundação ao longo do Rio Uberabinha e em toda a margem do Rio Araguari (Uberlândia, 2019b). Nesse caso, excetuaram-se o Parque do Pau Furado e a Zona de Amortecimento do Pau Furado, até o extremo sudeste do município, a ZUE 5, em que passou a ser denominado como “Complexo Turístico Interlagos” (Figura 10):

Figura 10. Perímetros de Uberlândia (MG), do Parque do Pau Furado e da ZUE 5



Fonte: Uberlândia (2022).

A criação da ZUE 5 não transformou a área mínima destinada a lotes, que continua com 1.000,00 m² para chácaras e sítios de recreio, mas instituiu uma nova modalidade de parcelamento do solo para fins residenciais, como o condomínio urbanístico ou arquitetônico, cuja previsão de lotes se refere à área mínima de 500,00 m². Além disso, ampliou-se o rol de usos e atividades comerciais e serviços admitidos e alterou os parâmetros urbanísticos admitidos – taxa de ocupação de 30% e coeficiente de aproveitamento de 0,6, com gabarito de somente dois pavimentos para taxa de ocupação de 60% e coeficiente de aproveitamento de 3,0. Tais parâmetros urbanísticos mais permissivos provavelmente contribuirão para modificar a densidade populacional às margens do reservatório artificial da UHE Miranda e, conseqüentemente, haverá impactos no patrimônio natural da região.

Flauzino (2014) demonstra que o grau de eutrofização nos reservatórios das UHEs de Nova Ponte e Miranda se justifica pelo parcelamento do solo para fins habitacionais ou por atividades de lazer e turismo. Isso tem correlação (in)direta com a qualidade da água e dos sedimentos de ambos os reservatórios, como resultado da influência do uso e da ocupação da terra; logo, pode-se afirmar que os recursos hídricos da área em questão estão bastante vulneráveis à interferência humana (in)direta.

Sob o ponto de vista ambiental, a preservação de vegetação nativa ou as faixas de APP, dentre outros objetivos, protegem os cursos d'água e a fauna, evitam processos de

assoreamento, contaminação e eutrofização de mananciais, garantem a retenção e absorção eficiente de águas pluviais pelo solo e otimizam a qualidade do ar (Pessoa, 2014). Entre os impactos ocasionados pela implantação de uma UHE estão o alagamento de áreas de produção de alimentos, o alagamento de florestas, as alterações do clima e a interferência na imigração de espécies da fauna e na reprodução da ictiofauna (Silva, 2011).

Como visto anteriormente, a UHE Miranda iniciou suas operações no século passado, em 1998, por intermédio da Cemig – em 2022, a licença foi renovada até 23 de novembro 2032 para a Engie do Brasil. A delimitação das APPs no entorno dessa usina é definida pelo Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA), mas também de acordo com o Código Florestal (CF) – LF n. 12.651 –, ao estabelecer que as APPs de reservatórios artificiais compreendem a projeção horizontal entre o nível máximo operativo normal e o nível máximo *maximorum* (Brasil, 2012a).

Reitera-se que a APP da represa do lago da UHE Miranda ocupa 142,82 hectares, cujos trechos de terras perpassam os níveis máximo normal (696,00 metros) e máximo *maximorum* (696,95 metros) (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2022). A largura da faixa de APP definida para reservatório artificiais por meio do Pacuera foi medida no polígono disponibilizado pela Engie Brasil, conforme o comando *distance* no *software AutoCAD Map 2023*[®]; por conseguinte, a largura da faixa da APP variou entre 7,00 metros e 15,00 metros ao longo do recorte geográfico escolhido da AOE.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 302, de 20 de março de 2002, a faixa da APP para os reservatórios artificiais de água destinados à geração de energia ou abastecimento é de, no mínimo, 30 metros para zonas urbanas e 100 metros para áreas rurais (Brasil, 2002, art. 3º, inciso II). No desenvolvimento da pesquisa, adotaram-se expressões que alinham a contextualização com as normativas e facilitam a compreensão dos fatos, como os “núcleos informais consolidados” citados na LF 13.465 (Brasil, 2017).

O Pacuera da UHE Miranda 2021, elaborado pela empresa concessionária atual (Engie Brasil), apresenta que 59% das APPs da UHE Miranda se encontram preservadas, enquanto o restante possui algum tipo de intervenção antrópica, principalmente pastagens (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2022).

3.2 MATERIAIS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram: 1) imagens de satélites, obtidas gratuitamente no *website* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)¹; 2) mapas com perímetro do município e dos macrozoneamentos preconizados na lei e disponibilizados pela PMU ou imagens obtidas no portal² para contextualizar o objeto de estudo; 3) arquivos vetoriais da UHE Miranda fornecidos pela empresa Engie, em se tratando do levantamento planimétrico da usina às margens de Uberlândia (MG).

Nesse sentido, as imagens de satélites obtidas e processadas que geraram os mapas NDVI e NDBI do recorte geográfico escolhido advêm do satélite *Landsat 5*, sensor do Mapeador Temático (*Thematic Mapper – TM*) (Tabela 1), para os anos de 2000 e 2008; e do *Landsat 8*, sensor do Imageador Terrestre Operacional (*Operational Land Imager – OLI*) (Tabela 2) para os anos de 2016 e 2019, conforme as bandas Vermelho (RED), NIR e MIR.

Enquanto isso, as datas escolhidas para a obtenção das imagens do Inpe foram 7 de junho de 2000, 15 de julho de 2008, 21 de julho de 2016 e 14 de julho de 2019. Tais períodos são considerados de seca ou estiagem na região, pois as épocas das chuvas poderiam mascarar os resultados com o surgimento de pequenas gramíneas.

Para o processamento das imagens de satélite, empregou-se o *software ENVI 5.2 Classic*, versão 64 bits, no Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geografia na Universidade Federal de Uberlândia (IG/UFU). Os mapas gerados foram sobrepostos com o software de uso livre *QGIS*, instalado no mesmo laboratório para o desenvolvimento dos mapas nas datas escolhidas.

Informações e imagens acerca dos loteamentos clandestinos e irregulares se originam do portal da PMU; e as imagens sobre os loteamentos clandestinos e os vetores dos polígonos dos loteamentos utilizados nesta pesquisa foram obtidos junto à Diretoria de Pesquisas Integradas (DIG) da Seplan de Uberlândia (MG).

Tabela 1. Características das bandas espectrais do satélite *Landsat 5*

Sensor	Bandas espectrais	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução temporal	Área imageada	Resolução radiométrica
Mapeador Temático (<i>Thematic</i>)	(B1) Azul	0.45 – 0.52 μm	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B2) Verde	0.50 – 0.60 μm				
	(B3) Vermelho	0.63 – 0.69 μm				

¹ Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br>. Acesso em: 10 nov. 2023.

² Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

Sensor	Bandas espectrais	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução temporal	Área imageada	Resolução radiométrica
<i>Mapper – TM</i>	(B4) Infravermelho próximo	0.76 – 0.90 μm				
	(B5) Infravermelho médio	1.55 – 1.75 μm				
	(B6) Infravermelho termal	10.4 – 12.5 μm	120 m			
	(B7) Infravermelho médio	2.08 – 2.35 μm	30 m			

Fonte: <https://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

Tabela 2. Características das bandas do satélite *Landsat 8*

Sensor	Bandas espectrais	Resolução espectral	Resolução espacial	Resolução Temporal	Área imageada	Resolução radiométrica
Imageador Terrestre Operacional (<i>Operational Land Imager – OLI</i>)	(B1) Azul costeiro	0.43 – 0.45 μm	30 m	16 dias	170x183 km	16 bits
	(B2) Azul	0.45 – 0.51 μm				
	(B3) Verde	0.53 – 0.59 μm				
	(B4) Vermelho	0.64 – 0.67 μm				
	(B5) Infravermelho próximo	0.85 – 0.88 μm				
	(B6) Infravermelho médio	1.57 – 1.65 μm				
	(B7) Infravermelho médio	2.11 – 2.29 μm				
	(B8) Pancromática	0.50 – 0.68 μm	15 m			
	(B9) Cirrus	1.36 – 1.38 μm	30 m			
	(B10) Infravermelho termal	10.6 – 11.19 μm	100 m			
	(B11) Infravermelho termal	11.5 – 12.51 μm	100 m			

Fonte: <https://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

Também junto à PMU, obtiveram-se os mapas do macrozoneamento ambiental de Uberlândia (MG) e outro mapa onde estão identificadas as poligonais das seguintes zonas: urbana, de expansão urbana, ZUE 5 e as demais áreas não identificadas por polígonos e que representam a zona rural.

A Engie Brasil, empresa licenciada que opera a UHE Miranda, forneceu os arquivos vetoriais das cotas máximas *maximorum* e operativa normal. A partir deles foram criados, por meio do *software AutoCAD Map 2023*[®] – cuja licença se refere à versão educacional obtida diretamente junto à *Autodesk*[®], após cadastro e envio de documentação comprobatória do vínculo da mestrandia com o Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental do Instituto de Ciências Agrárias (PPGMQ/ICIAG) da UFU –, os polígonos com largura da ZUE 5,

conforme a legislação da respectiva criação da zona – LC 671 (Uberlândia, 2019b) e as demais faixas de preservação segundo as normativas analisadas.

A revisão das normativas foi realizada em consonância às versões atualizadas das legislações federais encontradas no *website* oficial da União³; e, para os casos das regras municipais, empregou-se um endereço eletrônico específico da *web*⁴.

No estudo, são empregados os seguintes termos definidos pela LC n. 523, que dispõe sobre o parcelamento do solo em Uberlândia (MG) e seus distritos e define as zonas urbana, de expansão urbana e rural, respectivamente, como “as áreas inclusas no interior do perímetro urbano”; “as áreas externas e contíguas ao perímetro urbano do distrito sede”; e “área remanescente do Município após subtraídas a Zona Urbana e de expansão Urbana” (Uberlândia, 2011a, art. 3º, § 1º, 2º e 3º).

Também serão utilizadas algumas definições contidas na referida LC, tais como:

[...] (III) área loteável é a área total da gleba objeto de parcelamento, subtraídas as áreas de preservação permanente e áreas com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento); (IV) área não edificável é a área destinada à implantação de infraestrutura que não pode ser edificada; [...] (VI) área verde pública é a área de domínio público municipal que desempenhe as funções ecológica, paisagística e recreativa com predominância de áreas permeáveis e plantadas; [...] (IX) condomínio urbanístico é a divisão de imóvel em unidades autônomas, destinadas à edificação, às quais correspondem frações ideais das áreas de uso comum dos condôminos, admitida a abertura de vias de domínio privado e vedada a de logradouros públicos internamente ao seu perímetro; [...] (XVII) loteamento convencional é a subdivisão de área ainda não parcelada, em lotes, vias públicas, áreas institucionais e áreas verdes públicas (Uberlândia, 2011a, art. 4º).

Enquanto isso, a LC n. 525, que dispõe sobre o zoneamento de uso e ocupação do solo em Uberlândia (MG), conceitua a ZUE como “área externa à Zona Urbana, assim definida em lei e que tenha perdido as características de exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal e agroindustrial” (Uberlândia, 2011b, art. 4º).

Os termos “cota máxima *maximorum*” e “cota máxima operativa normal” são definidos pelo CF, respectivamente, como o nível alcançado por um curto período em eventos de grandes cheias e o nível de operação normal do reservatório (Brasil, 2012a).

³ Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

⁴ Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

3.3 MÉTODOS

A abordagem escolhida na pesquisa é qualitativa e quantitativa. Na primeira delas, foi realizada uma revisão das normativas constantes nas esferas federal e municipal, que destacam faixas de preservação a serem respeitadas, seja em áreas urbanas ou rurais consolidadas, para contextualizar o tema em questão.

Em seguida, com base nas faixas de preservação definidas nas normativas, elaboraram-se polígonos empregados em conjunto com os produtos obtidos, a partir das imagens orbitais e técnicas de PDI para a análise quantitativa.

3.3.1 Análise qualitativa com base nas normativas federais e municipais

Realizou-se a revisão bibliográfica em uma tentativa de identificar possíveis conflitos legais existentes nas esferas federal e municipal, sobretudo no que tange às Áreas Legalmente Protegidas (ALP) e à vegetação nativa, para evidenciar a consonância (ou não) entre elas nas mediações propostas. O estudo comparativo ocorreu de acordo com a ordem cronológica da origem, a instituição da base legal e suas alterações.

As normativas federais escolhidas para revisão e criação dos polígonos foram a LF n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, que instituiu o CF antigo; a LF n. 12.651, de 25 de maio de 2012, referente ao atual CF; e a Resolução Conama n. 302, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre as APPs e a área de entorno em reservatórios artificiais (Brasil, 1965, 2012a, 2002).

Enquanto isso, a normativa municipal selecionada para a revisão e a criação dos polígonos foi a LC n. 671, que mudou o uso da terra rural para urbana às margens do reservatório artificial da UHE Miranda, ao instituir a ZUE 5 (Uberlândia, 2019b).

3.3.2 Análise quantitativa com produtos cartográficos

A análise quantitativa se fundamentou nas faixas de ALPs no entorno da UHE Miranda. As ALPs (polígonos), definidas pelos textos das leis, foram sobrepostas às imagens de índices NDVI e NDBI, que retratam as realidades passada e atual (antes e após a disseminação de loteamentos), para mensurar as áreas de vegetação nativa existente ou desmatada para fins urbanos. Com isso, pretende-se avaliar tanto a ilegalidade quanto a antropização do entorno da UHE Miranda, a saber:

- Polígono Conama 100, definido pelo antigo CF e a Resolução Conama n. 302 (Brasil, 1965, 2002), com a faixa de 100 metros mínima obrigatória a partir da cota máxima operativa normal para zonas rurais.
- Polígono Conama 30, definido pelo antigo CF e a Resolução Conama n. 302 (Brasil, 1965, 2002), com a faixa de 30 metros mínima obrigatória a partir da cota máxima operativa normal para zonas urbanas.
- Polígono CF 2012 (Brasil, 2012), referente à faixa mínima de APP de larguras variadas para reservatórios artificiais resultantes da implantação de UHE licenciadas antes de 2008, conforme a área de projeção horizontal entre a cota máxima operativa normal e a cota máxima *maximorum*.
- Polígono ZUE 5, que representa a faixa de 1.500 metros (ou 1,50 km) definida por lei municipal e transformada em zona urbana a partir da cota máxima *maximorum* definida pela UHE Miranda, aplicada mesmo nos anos anteriores à criação para aferir a quantidade de vegetação com vigor vegetativo existente.

Para tanto, as imagens de satélite foram obtidas nas seguintes datas de referência, conforme a redação das normativas que demonstram como a proteção da vegetação nativa tem sido tratada ao longo dos anos:

- 1) 2000, quando se iniciaram as operações da UHE Miranda.
- 2) 2008, data de corte estabelecida pelo CF atual, ao modificar a largura da faixa mínima de APP em reservatórios artificiais cuja licença de funcionamento foi obtida antes do referido ano. Essa largura passou de 100 metros (para cursos d'água com mais de 200 metros de largura), em se tratando da distância entre a cota máxima operativa normal e a cota máxima *maximorum* (Brasil, 1965, 2002, 2012).
- 3) 2016, ano de corte preconizado pela LF n. 13.465 para regularização fundiária urbana e rural de quaisquer núcleos consolidados até 22 de dezembro de 2016, mesmo que estejam sobre uma APP (Brasil, 2017).
- 4) 2019, quando Uberlândia (MG) realizou mudanças do solo (de rural para urbano em faixa de 1,50 km às margens da UHE Miranda), com a criação da ZUE 5 por meio da LC n. 671, ao passo que a LC n. 670 instituiu o Programa de Regularização de Núcleos Urbanos Irregulares (PROURBI) no referido município (Uberlândia, 2019b, 2019a).

O Quadro 4 discrimina as cores, os anos e as faixas correspondentes às normativas pertinentes a serem representadas. Elas se mantêm inalteradas, mas o único fator modificado se

refere ao recorte temporal e à cor de cada polígono que identificam o porte e vigor dos fragmentos encontrados ou não (Quadro 3):

Quadro 3. Perímetros em análise *versus* recorte temporal na AOE

Sigla do polígono	Faixa em metros	Cor do polígono	Ano(s) em análise
CF antigo (Brasil, 1965) Conama 100 – zona rural	100	Azul	2000/2008
ZUE 5	1.500	Amarelo	2000/2008/2016/2019
CF atual (Brasil, 2012)	O.N.<x>M.M.*	Vermelho	2016/2019
Conama 30 – zona urbana	30	Azul	2019

Legenda: ON: Operativa Normal; MM: Máxima *Maximorum*.

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Quadro 4. Relação entre características x cor utilizada para os maciços florestais

Classificação	Porte / Vigor vegetativo / Provável uso	Cor
Vegetação em crescimento	Baixo / Baixo / Lavoura e/ou pasto	
Vegetação densa	Alto / Elevado / APP ou remanescente	
Área antropizada	Ausente / Ausente / Vegetação removida; solo exposto	

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Após definir as datas de coleta das imagens, iniciou-se o processamento com o *software ENVI 5.2 Classic*, o qual possibilita o processamento geoespacial de dados de sensoriamento remoto como o cálculo dos índices espectrais, sobretudo NDVI e NDBI. Como dito, o propósito das imagens geradas foi quantificar as áreas de vegetação e construídas, em quase duas décadas, às margens da Represa de Miranda.

O perímetro referente ao CF em vigor (Brasil, 2012) também representa a APP obrigatória para áreas ao longo de reservatórios artificiais licenciados antes de 2008, a exemplo da AOE desta pesquisa. Foi estabelecida pela projeção horizontal da área compreendida entre a cota máxima operativa normal (UHE Miranda +696) e a cota máxima operativa *maximorum* (UHE Miranda +696,95).

3.3.3 Processamento do NDVI

O NDVI permite avaliar a cobertura vegetal de determinada área, ao ser utilizado em análises de cobertura do solo agrícola e nas áreas de supressão de vegetação nativa. Tal indicador foi proposto por Rouse *et al.* (1973), com a normalização do índice de vegetação da

relação espectral aplicada entre as bandas NIR e RED, com valores computados que variam de -1 a +1. O cálculo do NDVI é realizado por meio da Equação 1:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

Em que: NIR é a reflectância na banda do Infravermelho Próximo, e RED, a na banda do Vermelho.

Para o cálculo do NDVI, foram utilizadas as bandas 3 e 4, referentes a 2000 e 2008 do sensor TM (*Landsat 5*); de 2016 e 2019, 4 e 5 do sensor OLI (*Landsat 8*). Ambos os pares de bandas espectrais representam, respectivamente, o Vermelho e NIR (Tabelas 1 e 2).

Em seguida, segmentaram-se as imagens dos valores do NDVI, com o intuito de obter as classes de interesse, conforme o processamento realizado no *software* livre *QGIS versão 3.2.2*, para classificar o *shape* de cada camada que corresponde a cada banda ao inserir a Equação 1; ir às propriedades de cada camada para definir o tipo de renderização como “banda simples falsa cor”; fazer a interpolação pelo método discreto; e determinar os intervalos e as cores a serem assumidos pelas faixas:

- i) Vegetação densa: $NDVI \geq 0,5$;
- ii) Vegetação em crescimento: $0,2 \leq NDVI < 0,5$;
- iii) Solo exposto/zona antropizada: $-0,2 \leq NDVI < 0,2$.
- iv) Outros que não se enquadram nas classes anteriores ou regiões úmidas e alagadas: $NDVI < -0,2$.

A classe de valor para vegetação é dividida em duas classes/cores para separar a “vegetação densa” da “vegetação em crescimento – forração/pasto/cultivo”. Para a classe “solo exposto”, adota-se o pressuposto de que a vegetação foi removida e, portanto, se trata de área antropizada inclusa na mesma classe.

Na fase seguinte, são inseridos os polígonos definidos com base nas normativas, em que se sobrepõe aos resultados da segmentação dos valores NDVI, para obter o percentual (quantidade) de vegetação densa, vegetação em crescimento, área antropizada e/ou presença de solo exposto, que compõem cada zona estabelecida nas quatro datas definidas.

3.3.4 Processamento do NDBI

O NDBI é usado para mapear automaticamente áreas construídas, cuja principal vantagem é a resposta espectral única de áreas construídas em detrimento de outras coberturas do solo (Equação 2):

$$NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR} \quad (2)$$

Em que: MIR é a reflectância na banda do Infravermelho Médio, e NIR, a da banda do Infravermelho Próximo.

O método de cálculo do NDBI foi utilizado para classificar a área de interesse nos mesmos períodos adotados com o NDVI. Desse modo, pretende-se distinguir as áreas atingidas por atividades antrópicas, em especial na construção civil; entretanto, é capaz de abranger outros elementos com resposta espectral semelhante, sobretudo ao considerar a diversidade de respostas espectrais da referida área.

Tal cálculo ocorreu com as bandas 4 e 5 do sensor TM (*Landsat 5*), que corresponde a NIR e MIR, respectivamente, por meio das imagens capturadas em 2000 e 2008. Entretanto, devido a uma falha no sensor TM em 2013, nos anos de 2016 e 2019 foram empregadas as bandas espectrais 5 (NIR) e 6 (MIR), capturadas pelo sensor OLI (*Landsat 8*), para cálculo do NDBI (Equação 2).

Como o método de segmentação de cada área pode variar de acordo com a predominância do material empregado na construção civil, calibrou-se o método com base na área urbana de Uberlândia (MG), que norteou a definição da qualidade da classificação. Dessa forma, as classes foram ajustadas até obter nitidamente as áreas de possíveis loteamentos presentes na região estudada, conforme a seguinte caracterização:

- i) Área construída/antropizada: $NDVI \geq 0,5$;
- ii) Área não-construída/não antropizada: $NDVI < 0,5$.

Na próxima seção, apresentam-se os resultados obtidos na pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE QUALITATIVA DAS NORMATIVAS DE INTERESSES FEDERAIS E MUNICIPAIS

A CRFB estabelece o meio ambiente na categoria de bens tutelados, em que tal direito é uma garantia fundamental do indivíduo, além de ter instituído a respectiva proteção como um princípio de ordem econômica (Brasil, 1988). Isso norteou a política ambiental brasileira, ao demonstrar que cabe ao Estado empregar políticas públicas e programas indispensáveis ao cumprimento do referido dever. Contudo, o universo legal é insuficiente para proteger o meio ambiente, pois é preciso aplicar políticas públicas definidas por municípios e concretizá-las com os instrumentos urbanísticos de controle e uso do solo para conseguir não apenas um melhor uso dos recursos naturais, mas também alcançar o equilíbrio ambiental com equidade social; logo, a gestão pública deve implementá-las, geri-las e garantir a eficácia das políticas para conservar recursos naturais e meios de vida de populações tradicionais.

Políticas de controle e ocupação do território se apresentam como um importante instrumento de gestão territorial, a fim de garantir um uso adequado dos recursos, ao criar áreas protegidas com controle das intervenções humanas e unidades de conservação. Todavia, os impactos da ocupação humana sobre o meio ambiente revelam a face de um modelo de desenvolvimento econômico que reveste o planejamento ambiental com o discurso politicamente correto que, na prática, auxilia minimamente na preservação do patrimônio natural. Outra força contrária ao planejamento ambiental é a regularização fundiária, entendida como um processo que abrange medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais para minimizar as vulnerabilidades de um território ocupado de forma irregular e desordenada, mas também fazer justiça e resolver questões de titularidade da posse da terra.

Com base nos arts. 182 e 30 da CRFB (Brasil, 1988), o município se responsabiliza pela ordenação do próprio território, mais especificamente pela regularização fundiária urbana. Dessa forma, o poder público local pode desenvolver a política fundiária e habitacional para identificar as áreas que demandam regularização em seu território e as classifica em determinadas tipologias, de acordo com a infraestrutura existente, o acesso aos bens e serviços públicos, as necessidades de obras de urbanização ou de contenção de riscos, a localização em áreas ambientalmente protegidas ou plenamente urbanizadas pendentes de registro cartorial, e, assim, estruturar um cronograma próprio de regularização fundiária. Tal levantamento pode orientar a elaboração de planos municipais, ao mapear os núcleos urbanos informais na cidade.

Desse modo, estruturam-se políticas específicas para assegurar, aos ocupantes de áreas informais, a prestação de serviços públicos, a segurança da posse e as condições urbanísticas e ambientais sustentáveis à população (Brasil, 2017).

Segundo o CF (Brasil, 2012, art. 3º, inciso II), a APP é uma área protegida, coberta (ou não) por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade; facilitar o fluxo gênico de fauna e de flora; proteger o solo; e assegurar o bem-estar das populações humanas. O art. 4º da referida lei indica a largura mínima das faixas marginais de cursos d'água naturais ou intermitentes, para identificar tais APPs. Nas normativas revisadas se sobressaem parágrafos em que ações, diretrizes ou planos relevantes/convergentes com o tema da pesquisa e concernentes a áreas urbanas, visto que o uso do solo no entorno da UHE Miranda rural se encontra modificado para o urbano, conforme a LC n. 671 (Uberlândia, 2019b), na faixa de 1,50 km na AOE.

Provavelmente, as normativas municipais mais antigas, como a LC n. 432 (plano diretor), a Lei Ordinária (LO) n. 10.700 e outras pertinentes a questões urbanas ou ambientais sejam atualizadas para coadunarem a nova realidade (Uberlândia, 2006, 2011c). A LC n. 670, relativa ao Prourbi (Uberlândia, 2019a), foi criada com base na LF n. 13.465 (Brasil, 2017) para viabilizar administrativamente os processos de regularização fundiária no município e apresentar o mesmo teor do texto da LF.

Antes da revisão das normativas de interesse que convergem com as poligonais sobrepostas para quantificar a vegetação nativa existente no recorte geográfico proposto e nas datas definidas para avaliação, se destacam princípios, ações, planos e estratégias que convergem com objetivos de desenvolvimento econômico pela valorização, promoção e exploração dos potenciais turísticos, mas também de monitoramento e proteção do meio ambiente no município. Esses elementos contemplam a LF n. 13.465 (Brasil, 2017), relativa à regularização fundiária; e duas normativas municipais, o plano diretor e a Lei de Política Ambiental do município (Uberlândia, 2006, 2011c), que contextualizam o tema da pesquisa – nestas últimas, não foram gerados polígonos para os mapas dos índices NDVI e NDBI.

4.1.1 Normativas municipais

4.1.1.1 LC n. 432/2006 – plano diretor de Uberlândia (MG)

Conforme os princípios da CFRB e do Estatuto da Cidade (Brasil, 1988, 2001), a LC n. 432 (Uberlândia, 2006) é o principal instrumento da política de desenvolvimento urbano e

ambiental de Uberlândia (MG), mas carece de atualização, pois deveria ser revisado e atualizado a cada 10 anos de acordo com o referido estatuto.

Em 2017, uma minuta de atualização do plano diretor elaborada pelos técnicos da Seplan foi apresentada à Assembleia Legislativa, mas não foi votada e, tampouco, aprovada pelos vereadores. Espera-se que sua atualização seja conduzida com transparência e participação da sociedade civil antes de sua aprovação por intermédio de órgãos colegiados, debates, consultas, audiências, conferências etc.

Uma das premissas do plano diretor, prevista no art. 5º, III, é a proteção ao meio ambiente, assim como o direito resguardado ao meio ambiente ecologicamente equilibrado; enquanto isso, o art. 6º discorre sobre os princípios a serem alcançados com suas diretrizes para garantir a melhoria na qualidade de vida das gerações presentes e futuras:

III – recuperação, proteção, conservação e preservação dos ambientes natural e construído [...]; VIII – incorporar o componente ambiental nos critérios e parâmetros de uso e ocupação do solo, sobretudo na proteção de mananciais e recursos hídricos [...]; IX – promover o desenvolvimento econômico tendo referência a qualidade ambiental (Uberlândia, 2006, art. 6º).

Propõem-se políticas e diretrizes setoriais integradas para conciliar o ordenamento territorial com o desenvolvimento econômico e as preocupações com o meio ambiente. No art. 14, as diretrizes para esse eixo se referem à proteção da biodiversidade, dos recursos e dos elementos naturais, assim como à recuperação de fundos de vales, nascentes e córregos das áreas urbana e rural e APPs (Uberlândia, 2006).

Ações de desenvolvimento ambiental no município se voltam à gestão de resíduos e à educação ambiental, ao passo que, na zona rural, correspondem à identificação de locais de interesse público para proteção ambiental e preservação do patrimônio paisagístico; à promoção de programa de assistência técnica a proprietários rurais para recuperação e manutenção de APPs; à adoção do macrozoneamento que integra o plano diretor com ações de fiscalização e monitoramento, entre outros (Uberlândia, 2006).

Os arts. 17 e 19 elencam ações como:

Art. 17. [...] III – valorizar a diversidade ambiental com potencialidade turística, paisagística e biológica do cerrado; controle ambiental para compensar danos e degradações ambientais nas bacias divisórias dos municípios e; promoção da regularização dos terrenos dos distritos.

Art. 19. I – adequem o adensamento à capacidade de suporte do meio físico; V – proibir o parcelamento para fins de loteamento ou condomínios de novas áreas não contíguas à mancha urbana; entre outros (Uberlândia, 2006, arts. 17 e 19).

A MZTL prevista no art. 22 se localiza no entorno da Represa de Miranda a jusante do perímetro urbano, para o desenvolvimento de atividades voltadas ao turismo e lazer e a proteção dos patrimônios naturais (Uberlândia, 2006, art. 22). No art. 28, o desenvolvimento econômico e turismo municipal é visto da seguinte forma:

[...] XII – que avaliem a viabilidade de incentivar atividades turísticas e de lazer com aproveitamento do potencial paisagístico às margens do reservatório de Miranda definindo padrões e regras para uma convivência harmônica entre lazer e meio ambiente e; XIII – aproveitar o potencial turístico das cachoeiras e rios do Município, com potencialidades para turismo rural, ecológico e de aventura (Uberlândia, 2006, art. 28).

Ademais, é prevista a regulamentação dos instrumentos de política urbana propostas pelo Estatuto da Cidade (Brasil, 2006), com o intuito de disciplinar o solo urbano e rural, promover a regularização fundiária e garantir a função social da propriedade.

4.1.1.2 LO n. 10.700/2011 – política ambiental de Uberlândia (MG)

Este aparato legislativo propõe preservar, conservar, defender e recuperar o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida, em que versa sobre as poluições ambiental, sonora e visual. À Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA), incube as seguintes atribuições:

I - de poder deliberativo em ações públicas e privadas com potencial de degradar a qualidade ambiental;
 III – conceder autorização para suprimir vegetação ou de promover Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD, Projeto de Reconstituição de Flora – PTRF; ou qualquer outra forma de recuperação ambiental no perímetro urbano (Uberlândia, 2011, art. 1º).

Nesse sentido, possui uma instância deliberativa – Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente (CODEMA) – para discutir assuntos referentes à proteção, conservação, defesa do equilíbrio ecológico, melhorias do meio ambiente e combate a agressões ambientais em todo o município.

No art. 24, proíbe fontes poluidoras ou emissão ou lançamento de efluentes direta ou indiretamente em áreas de proteção ambiental e a degradação de recursos ambientais, com a respectiva concessão ou deferimento de licenças ambientais para implantação de qualquer tipo de construção, reforma, ampliação ou funcionamento de empreendimentos com fontes efetivas ou potencialmente poluidoras (Uberlândia, 2011, art. 24).

O parcelamento do solo deve ser licenciado e se insere na Listagem de Atividades Categoria E-04 – De Infraestrutura, ou seja, é de baixo impacto ou pouco poluidores/degradador

quanto às variáveis água, ar e solo; e conforme critérios locacionais de enquadramento que variam de acordo com a valoração que atribui pesos que consideram a localização em APPs, por exemplo, e fatores de restrição. Isso é preconizado, inclusive, nas Tabelas 4 e 5 da Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (DN/COPAM) n. 217, que também indica variações segundo o porte com classes (1 a 6) na Tabela 2 da referida deliberação (Minas Gerais, 2017).

Enquanto isso, o art. 99 prevê, no Título II – Da Água Urbana, a proteção dos recursos hídricos e o lançamento de efluentes líquidos em cursos d'água; e, no art. 96, a submissão de parcelamentos do solo com a possibilidade de causar impacto ambiental à análise da SMMA, ao exigir do proprietário, caso precise suprimir a vegetação, um levantamento quali-quantitativo da flora ou compensação ambiental. Nesse caso, é imprescindível a autorização prévia para parcelamento do solo em áreas revestidas total ou parcialmente por vegetação arbórea em área urbana ou em movimentação de terra (aterro/desaterro), seguida de recomposição do solo e cobertura vegetal para adequar a estabilidade, impedir a erosão ou conter o carreamento pluvial de sólidos (Uberlândia, 2011, arts. 99 e 96).

4.1.1.3 LC n. 671/2019 – ZUE 5/Polígono ZUE 5

A ZUE 5 foi delimitada ao longo do Rio Uberabinha e às margens do Rio Araguari, a norte do município até o sudoeste, o que incluiu os lagos formados de Amador Aguiar I e Miranda, em uma faixa de 1,50 km, a contar da cota máxima de inundação dos respectivos elementos do lago das represas. Seus objetivos se referem a desenvolver economicamente o município; garantir a preservação e proteção de áreas naturais existentes; regular o uso e ocupação do solo; ordenar o adensamento existente para assegurar a preservação ambiental; definir o sistema viário principal e implantar equipamentos urbanos e comunitários, assim como infraestrutura de transporte e serviços públicos (Uberlândia, 2019b, arts. 1º e 2º).

Diretrizes principais correspondem a promover o desenvolvimento sustentável, ao mitigar impactos ambientais; orientar estudos de capacidade de suporte das bacias hidrográficas; incentivar empreendimentos de apoio ao turismo náutico e a pesca desportiva; criar área de lazer pública em frente à orla como forma de medida compensatória dos empreendimentos; entre outros (Uberlândia, 2019b, art. 3º).

Propõe-se a criação de espaços de lazer, áreas verdes, ciclovias e passeios públicos para: incentivar o potencial turístico local como patrimônio ambiental, paisagístico e cultural; dinamizar o local com os usos residencial, hoteleiro, institucional, comercial, industrial de baixo

impacto ambiental local, lazer e turismo, em especial para atividades e empreendimentos que favoreçam a recarga de forma natural ou artificial de aquíferos; recuperar áreas degradadas, ecossistemas naturais e APPs de forma sustentável; qualificar espaços públicos, parques privados ou públicos de uso múltiplo localizados na orla como alternativa de recreação, lazer e turismo ecológico; promover ações de educação ambiental e corredores ecológicos; implantar circuitos gastronômicos e mirantes ao redor do lago; fortalecer programas de conservação de plantas nativas; recuperar áreas degradadas próximas a mananciais; gerar renda; compatibilizar a ocupação consolidada regularizada; mitigar impactos e conflitos da fauna silvestre; etc. (Uberlândia, 2019b, art. 7º).

Na ZUE 5, os imóveis poderão ser dotados das seguintes características:

I – gleba com área mínima de 20.000 m²; II – lotes com área mínima de 1.000 m² e testada mínima de 20 metros; taxa de ocupação de 60% e coeficiente de aproveitamento 3,0; afastamentos em relação às divisas de 1,50 metro. Os loteamentos deverão ser providos de vias públicas; abastecimento de água potável preferencialmente coletivo; rede de energia elétrica; sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário preferencialmente coletivo e destinação final; soluções de drenagem (Uberlândia, 2019b, art. 10).

Nos processos de parcelamento do solo, cita-se a doação de áreas públicas calculadas sobre a área total loteada de 5,00% para sistema viário, 8,00% para uso institucional e 9,00% para área verde pública, o que totaliza 22,00%. Os 17% de área institucional e verde pública, em área a ser regularizada ou em novos loteamentos, poderão ser adquiridos pelo valor equivalente em locais previamente selecionados, preferencialmente na ZUE, desde que aceitas pelo município – inclusive, poderão ser pagas em dinheiro destinado ao Fundo Municipal de Urbanismo, diante da equivalência de áreas para o valor da área urbanizada nos moldes dos sítios de recreio. Vale ressaltar que as APPs não são passíveis de intervenção (Uberlândia, 2019b, art. 11, § 1º, 2º, 4º; 6º).

Admitem-se condomínios em áreas parceladas ou brutas, horizontais e verticais. No caso de áreas não parceladas, os parâmetros se referem a condomínios horizontais (unidade autônoma mínima 500 m², vias internas de 8,0 metros) e verticais (vias internas de 8,0 metros). Os condomínios urbanísticos devem doar 8,00% de áreas de uso institucional e 9,00% de áreas verdes públicas, ambas externas ao condomínio, para o município, com a possibilidade de destinar os percentuais de áreas verdes públicas e de áreas institucionais na reserva legal da gleba a ser parcelada, conforme a compatibilidade com funções ambientais, não coincidentes com as de APPs. Metade das áreas não edificáveis pode ser contabilizada até 50%, no máximo, como área verde pública. As áreas verdes devem ser doadas no imóvel a ser parcelado, e as

institucionais, em outro local (Uberlândia, 2019b, art. 12, § 1º, 2º, 3º, 4º, 5º, 6º). Utiliza-se a LC n. 523 também de forma subsidiária, ao implantar condomínios de lotes em novos parcelamentos do solo (Uberlândia, 2011a, 2019b, arts. 13 e 13A).

O abastecimento de água potável é realizado mediante outorga do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e administrado por gestão condominial; nesse caso, o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) não se responsabiliza pela manutenção e operação de sistemas de abastecimentos individuais e coletivos. O esgoto sanitário do loteamento não poderá ser lançado diretamente nos mananciais hídricos e, assim como na primeira situação, o DMAE não realiza manutenção e operação de sistemas a serem administrados pelo condomínio. Por fim, a coleta e o transporte de resíduos sólidos gerados nos empreendimentos devem ser feitos pelas associações de proprietários e moradores até os pontos de recolhimento definidos pelo DMAE (Uberlândia, 2019b, arts. 24, 25 e 26).

4.1.2 LFs de interesse com polígonos aplicados nos mapas NDVI e NDBI

4.1.2.1 LF n. 4.771/1965 – CF antigo/polígono CF 1965

O antigo CF reconhecia as florestas existentes no território nacional e outras formas de vegetação como bens de interesse comum aos habitantes do país (Brasil, 1965, art. 1º).

Também considerava florestas e outras formas de vegetação natural de preservação permanente situadas ao longo de rios ou outro curso d'água, em faixa marginal de largura mínima de 100 metros para todos os cursos d'água cuja largura fosse superior a 200 metros; e ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais (Brasil, 1965, art. 2º).

4.1.2.2 Resolução Conama n. 302/2002 – Polígono Conama 100 (áreas rurais – 2000, 2008 e 2016) e Conama 30 (áreas urbanas – 2019)

As APPs são definidas por faixas com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medidas a partir do nível máximo normal de: I – 30,00 metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas; II – 100,00 metros para áreas rurais (Brasil, 2002, art. 3º). Também no art. 3º, § 4º, cita que:

[...] a ampliação ou redução do limite das Áreas de Preservação Permanente, deverá ser estabelecida considerando, no mínimo, os seguintes critérios, entre eles: VI – uso e ocupação do solo no entorno; VII – impacto ambiental causado

pela implantação do reservatório e no entorno da Área de Preservação Permanente até a faixa de 100 metros (Brasil, 2002, art. 3º).

E no § 4º do art. 4º, é informado que “o plano ambiental de conservação e uso poderá indicar áreas para implantação de polos turísticos e lazer no entorno do reservatório artificial, que não poderão exceder a dez por cento da área total do seu entorno” (Brasil, 2002, art. 4º).

4.1.2.3 LF n. 12.651/2012 – CF atual – polígono CF 2012

O atual CF estabelece distâncias mínimas a serem respeitadas para proteger as APPs compostas de matas ciliares, pois possuem um tipo específico de vegetação resistente a inundações periódicas e a terrenos acidentados (Brasil, 2012). Segundo Lima e Zakia (2004), a mata ciliar é de extrema importância para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, pois auxilia na infiltração de água no solo, facilita a recarga do lençol freático, mantém a qualidade da água e dificulta o escoamento de partículas e sedimentos que causariam a poluição e o assoreamento dos recursos hídricos. Ainda segundo os autores, esse tipo de floresta fornece sombra, ao manter a estabilidade térmica da água, proteger contra o impacto direto da chuva no solo, minimiza processos erosivos e serve de abrigo e alimento para parte da fauna.

De acordo com Vanzela, Hernandez e Franco (2010), a qualidade da água de uma bacia hidrográfica é reduzida em áreas habitadas, agricultadas e matas ciliares degradadas. Para estudo e compreensão das APPs, onde estão incluídas as matas ciliares, são utilizados os indicadores atinentes a modelos simplificados da realidade, capazes de facilitar a compreensão dos fenômenos, aumentar a capacidade de comunicação dos dados brutos e adaptar as informações à linguagem e aos interesses locais dos tomadores de decisão.

Essas ferramentas, aliadas a geotecnologias como os SIGs/GISs, permitem estudar as correlações entre os dados econômicos, sociais e ambientais de forma integrada e georreferenciada, com vistas à identificação de problemas e até mesmo ao aperfeiçoamento de modelos de gestão ambiental nessas áreas (Vanzela; Hernandez; Franco, 2010). A propósito, as APPs foram instituídas pelo CF e consistem em territórios legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, localizados em áreas urbanas ou rurais, cobertos ou não por vegetação nativa, em que desempenham importante papel ecológico na proteção de recursos hídricos, conservação da diversidade da flora e da fauna do local e no controle da erosão do solo, do assoreamento e da poluição dos cursos d'água (Brasil, 2012).

A manutenção das APPs em meio urbano valoriza a paisagem e o patrimônio natural e construído (ecológico, histórico, cultural, paisagístico e turístico). Quando são públicos, tais

espaços exercem funções sociais, como campos esportivos, áreas de lazer e recreação; porém, a pressão sofrida por elas nos últimos anos é muito grande, o que faz diversas áreas sofrerem degradação antrópica, o que prejudica o meio ambiente com os cursos d'água poluídos ou a qualidade da água afetada, os corredores ecológicos interrompidos, a erosão às margens de rios e córregos e a extinção de espécies (Vanzela; Hernandez; Franco, 2010).

Caso haja supressão de vegetação em APPs, o proprietário (ou ocupante) da área deve realizar a recomposição. Para a aplicação dessa lei, a área rural é consolidada como imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008 com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris e de interesse social, cuja implantação de infraestrutura pública ocorre para fins de esporte, lazer, cultura e educação ao ar livre e a regularização de assentamentos humanos predominantemente ocupados por população de baixa renda em áreas urbanas consolidadas (Brasil, 2012a, art. 7º, § 1º e art. 3º, II, IV, IX).

Faixas marginais ao longo de cursos d'água natural perene e intermitente também são consideradas APPs para cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros. No entorno de reservatórios artificiais decorrentes de represamento, a faixa mínima é definida na licença ambiental do empreendimento. Na implantação de reservatório de água artificial destinado à geração de energia, são obrigatórias a aquisição, a desapropriação ou a instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das APPs criadas no entorno, conforme as faixas mínimas de 15 metros e máxima de 30 metros em área urbana. Diante disso, o concessionário deve elaborar o Pacuera (Brasil, 2012a, art. 4, III, art. 5º, § 1º).

Se houver a necessidade de conter a erosão do solo, mitigar os riscos de enchentes e deslizamentos, abrigar as espécies da fauna e flora, proteger os sítios de excepcional beleza e assegurar o bem-estar público, as APPs são consideradas nas áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação, desde que declaradas de interesse social. Nesse contexto, a vegetação das APPs deve ser mantida e, se houver supressão, deverá ser recomposta, mas, logo em seguida, a mesma intervenção ou supressão de vegetação de APPs pode ocorrer se for considerada obra de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental. Estabelece-se, ainda, o acesso a pessoas e animais às APPs para obtenção de água e realização de atividades de baixo impacto ambiental (Brasil, 2012a, arts. 6º, 7º e 8º).

Ainda em 2012, através da LF n. 12.727, foram acrescentados alguns artigos nesse aparato legislativo que convergem com o tema regularização fundiária em APPs em áreas rurais consolidadas com atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou turismo rural. Nesse caso, autoriza-se a continuidade de tais atividades, desde que comprovadamente sejam preexistentes a 22 de julho de 2008 (Brasil, 2012b, art. 61-A).

Nos casos de Reurb-E, o CF indica a possibilidade de regularização de núcleos informais em APP, exceto nos casos em que há “área de risco de desastre”, mas permite a instalação das atividades ou empreendimentos de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental nas APPs urbanas (Brasil, 2012, art. 8º). As atividades que incidem minimamente no meio ambiente são descritas da seguinte forma:

- a) abertura de pequenas vias de acesso interno e suas pontes e pontilhões, quando necessárias à travessia de um curso d’água, ao acesso de pessoas e animais para a obtenção de água ou à retirada de produtos oriundos das atividades de manejo agroflorestal sustentável;
- b) implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e efluentes tratados, desde que comprovada a outorga do direito de uso da água, quando couber;
- c) implantação de trilhas para o desenvolvimento do ecoturismo;
- d) construção de rampa de lançamento de barcos e pequeno ancoradouro;
- e) construção de moradia de agricultores familiares, remanescentes de comunidades quilombolas e outras populações extrativistas e tradicionais em áreas rurais, onde o abastecimento de água se dê pelo esforço próprio dos moradores;
- f) construção e manutenção de cercas na propriedade;
- g) pesquisa científica relativa a recursos ambientais, respeitados outros requisitos previstos na legislação aplicável;
- h) coleta de produtos não madeireiros para fins de subsistência e produção de mudas, como sementes, castanhas e frutos, respeitada a legislação específica de acesso a recursos genéticos;
- i) plantio de espécies nativas produtoras de frutos, sementes, castanhas e outros produtos vegetais, desde que não implique supressão da vegetação existente nem prejudique a função ambiental da área;
- j) exploração agroflorestal e manejo florestal sustentável, comunitário e familiar, incluindo a extração de produtos florestais não madeireiros, desde que não descaracterizem a cobertura vegetal nativa existente nem prejudiquem a função ambiental da área;
- k) outras ações ou atividades similares, reconhecidas como eventuais e de baixo impacto ambiental em ato do Conama ou dos conselhos estaduais de meio ambiente (Brasil, 2012a, art. 65).

No § 2º do art. 65, estabelece-se que a faixa de 15 metros deverá ser considerada área não edificável ao longo de qualquer curso d’água ou rio, estabelecida para fins de regularização ambiental (Brasil, 2012a).

4.1.2.4 LF n. 13.465/2017 – regularização fundiária pelo Reurb

A LF n. 13.465 criou mecanismos para regularização fundiária de ocupações irregulares, ao dividir tais situações em dois grupos: Reurb-S, relativa ao interesse social e aplicada aos núcleos urbanos informais ocupados predominantemente por população de baixa renda, conforme declarado em ato do poder executivo municipal; e Reurb-E, de interesse específico e

aplicável aos núcleos urbanos informais, quando a população residente não é de baixa renda (Brasil, 2017). Portanto, a modalidade denominada Reurb-E corresponde uma exceção à regra da Reurb-S, cuja regularização desde a parte administrativa até a execução prática de infraestrutura deve ser custeada pelos beneficiários. Estes últimos, inclusive, não se enquadram como baixa renda e, tampouco, integram o índice de déficit habitacional.

Para aprovar a Reurb de núcleos urbanos informais, localizados totalmente ou em parte sob área de risco geotécnico, inundação ou outras ameaças especificadas em lei, deverão ser realizados estudos técnicos por profissionais capacitados, a fim de examinar a eliminação, correção ou administração de risco. Nesses casos, tal aprovação fica condicionada à implantação das medidas indicadas nos estudos técnicos (Brasil, 2017, arts. 1º e 39).

A regularização fundiária urbana de interesse social em APP, em áreas identificadas no zoneamento urbano do município como Zona Especial de Interesse Social (ZEIS), passou a ter previsão legal em 2006, com a edição da Resolução Conama n. 369 (Brasil, 2006). Desde então, as legislações nacional, estadual e municipal previram a regularização fundiária em APP ao inserir, no CF e nas normas sobre regularização, dispositivos que orientam a implementação de ações, com vistas a manter a população na área ocupada e conciliar a proteção ao meio ambiente com o direito à moradia (Brasil, 1988, arts. 225 e 6º).

Em áreas ambientalmente protegidas, a ocupação para fins de moradia é uma realidade do país e, conforme esclarece Fernandes (2006, p. 356):

[...] se um número crescente de brasileiros tem tido que recorrer a processos informais de acesso ao solo urbano e à moradia devido à omissão e/ou à ação do poder público e de grupos imobiliários, um princípio básico do direito é que o tempo criou direitos para os ocupantes de tais áreas – públicas ou privadas – consolidadas.

Fundamentada na LF n. 13.465 e no Decreto n. 9.310, de 15 de março de 2018 (Brasil, 2017, art. 11, § 2º, 3º e 4º, 2018, art. 2º, § 3º ao § 7º), a política de regularização fundiária urbana prevê ocupações estabelecidas em APPs, UCs de uso sustentável ou situadas às margens de reservatórios artificiais de águas regularizadas de fato, mediante a elaboração de estudo técnico ambiental para comprovar tais aspectos; e que as medidas previstas para a área implicam em melhorias das condições ambientais, no tocante à ocupação informal anterior.

No âmbito da Reurb, caso constatada a necessidade nos termos das leis aplicáveis, devem ser realizadas compensações ambientais nas áreas de intervenção ou em outra localidade indicada pelo município, conforme previsto no projeto de regularização. Para a Reurb em áreas de preservação, também é preciso se atentar à legislação específica preexistente que disponha

sobre bacias e UCs, para compatibilizar as normas em favor do cumprimento da regularização fundiária urbana; e prever soluções sustentáveis destinadas a proteger o direito à moradia adequada dos ocupantes, mesmo em áreas que margeiam reservatórios de águas artificiais, onde a faixa obrigatória de preservação permanente diminuiu e agora consiste na distância entre o nível de altitude máximo operacional normal da represa e o nível de altitude máximo estabelecido para cheias ou inundações.

4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA – NDVI E NDBI

A análise quantitativa foi realizada segundo a classificação de intervalos definidos no recorte temporal de 2000, 2008, 2016 e 2019, tanto para o NDVI quanto para o NDBI. Após o processamento dos dados, foram gerados oito mapas com resolução de 30 metros (*Landsat 5 e 8*). Quatro mapas foram gerados a partir do NDVI por ano, para extração da vegetação existente nas três categorias; e outros quatro do NDBI, para obter áreas construídas ou antropizadas. Espera-se diferenciação nos dados extraídos entre 2000, 2008 e 2016, pelo fato de o período entre as datas escolhidas ser de oito anos, do que entre 2016 e 2019 (três anos).

A AOE possui 74,22 km² de extensão, que constitui a faixa de 1,50 km de urbanização específica relativa à ZUE 5 no limite entre Uberaba e Uberlândia (MG) a montante, e os vertedouros da UHE Miranda a jusante. Permanece-se a mesma faixa em todos os anos analisados, por ser o limite exterior da AOE, apesar de ter sido instituída em 2019.

4.2.1 Identificação da cobertura vegetal por meio do NDVI – 2000 e 2008

O primeiro período analisado na AOE (ZUE 5), anterior ao CF (Brasil, 2012) atualmente em vigor, abarca os anos 2000 e 2008, em que possuem a mesma largura de 100 metros – naquela época, ainda se tratava de área rural (Tabela 3).

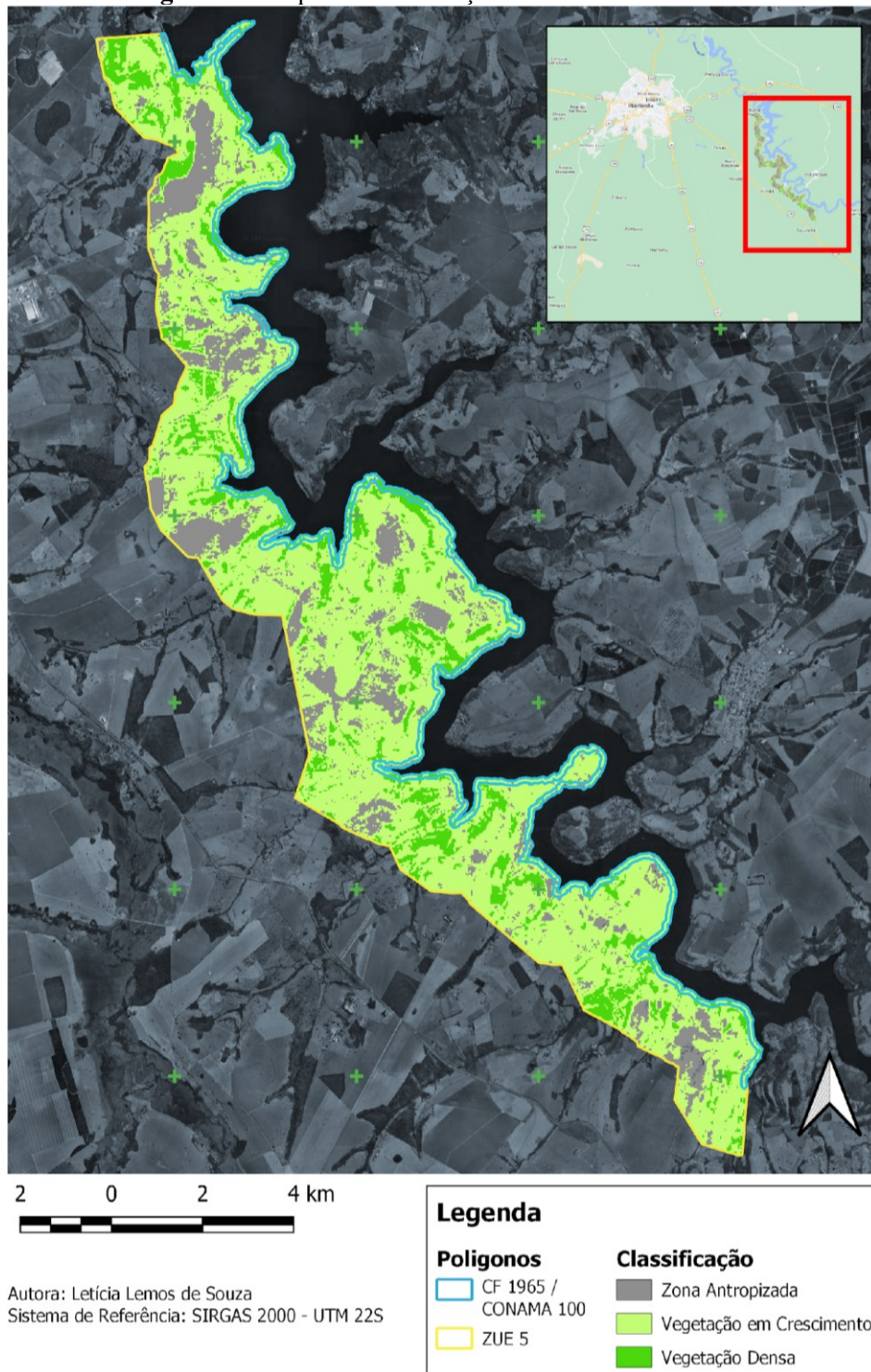
Nesse sentido, extraíram-se os valores absolutos correspondentes às classes de interesse vegetação densa, vegetação em crescimento e zona antropizada, representados nos mapas gerados de NDVIs de 2000 e 2008, respectivamente ilustrados nas Figuras 11 e 12:

Tabela 3. Área dos polígonos na AOE – 2000 e 2008

Polígono	Área (km ²)
ZUE 5	67,50
CF 1965/Conama 100	6,59

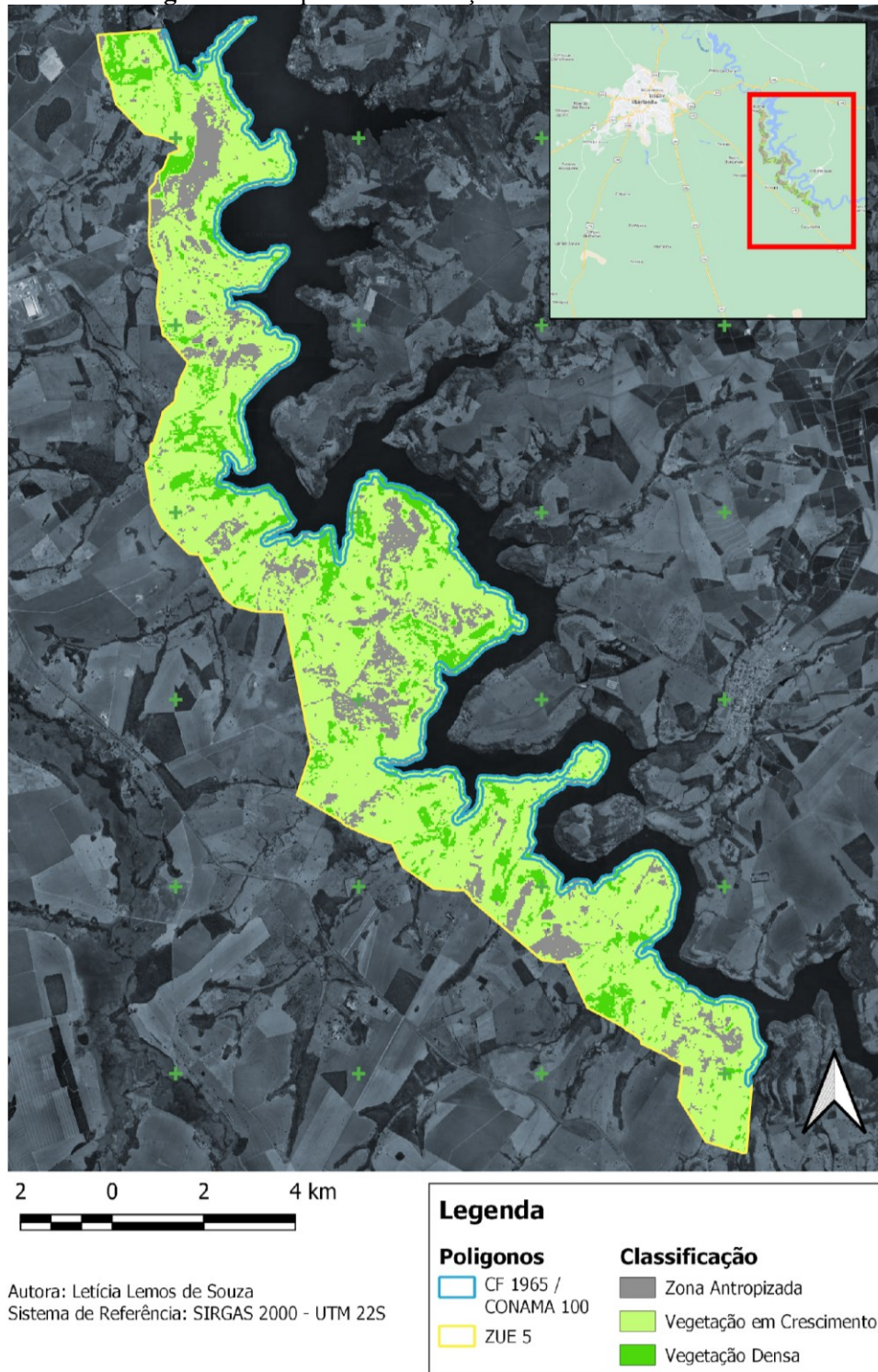
Fonte: Elaboração da autora (2023).

Figura 11. Mapa de classificação NDVI na AOE – 2000



Fonte: Elaboração da autora (2023).

Figura 12. Mapa de classificação NDVI na AOE – 2008



Fonte: Elaboração da autora (2023).

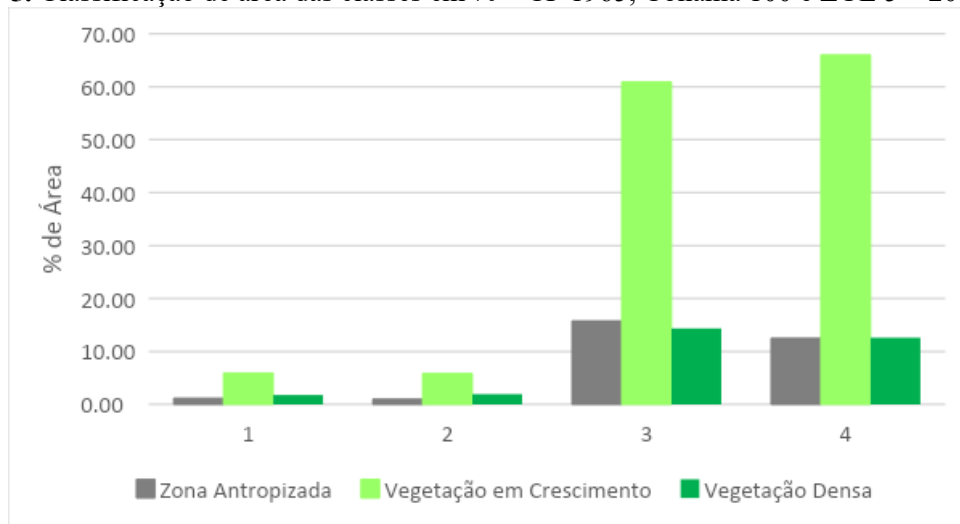
Os dados extraídos dos mapas das Figuras 11 e 12 foram dispostos na Tabela 4:

Tabela 4. Dimensão das partições das classes na AOE – 2000 e 2008

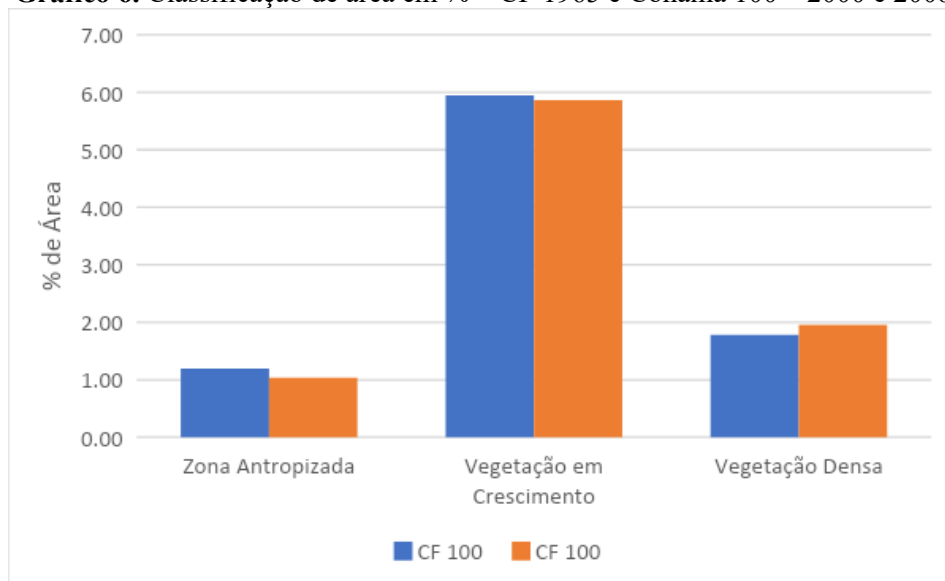
	CF 1965/Conama 100				ZUE 5			
	2000		2008		2000		2008	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Vegetação densa	1,32	1,78	1,45	1,95	10,66	14,39	9,37	12,63
Vegetação em crescimento	4,41	5,95	4,35	5,86	45,14	60,91	48,95	66,02
Zona antropizada	0,89	1,20	0,77	1,03	11,69	15,78	9,27	12,51

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Nos Gráficos 5 e 6, os dados extraídos dos mapas referentes ao desenvolvimento de cada classe de interesse analisada da vegetação e as respectivas bandas, consolidados em percentual, corroboram os resultados e são similares, pois, conforme dito alhures, as faixas das normativas são as mesmas para os anos de 2000 e 2008, visto que a AOE era rural.

Gráfico 5. Classificação de área das classes em % – CF 1965, Conama 100 e ZUE 5 – 2000 e 2008

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Gráfico 6. Classificação de área em % – CF 1965 e Conama 100 – 2000 e 2008

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Na análise da quantidade de áreas antropizadas, identifica-se que a zona antropizada na área do CF 1965/Conama 100 corresponde a apenas 1,20% da AOE. De 2000 para 2008, ao contrário do esperado, houve uma redução na área antropizada, ao passar de 1,20% para 1,03%, o que pode ser justificado, em verdade, pela classificação realizada para a análise NDVI, pois, como a classificação advém basicamente da variação dicotômica de existir ou não vegetação, algumas áreas que estavam com baixa densidade de vegetação podem ser classificadas como zona antropizada pela falta de resposta espectral em NIR, derivado da presença de vegetação; logo, as partes de zona antropizada passaram a compor os valores de vegetação, como poderá ser identificado na sequência.

No que tange à vegetação em crescimento, ela corresponde a uma média de 5,90% da área total. Assim como o comportamento da zona antropizada, a área referente à vegetação em crescimento obteve certa diminuição, a qual pode se associar diretamente ao aspecto da vegetação densa.

Correspondente a apenas 1,78% em 2000 e 1,95% em 2008, a vegetação densa é observada na vegetação de baixo porte e em grande volume e/ou na de grande porte com significativa densidade – esta última obteve um relativo aumento de 2000 para 2008; logo, a vegetação local provavelmente se recompôs de modo natural. Como poderia ser uma área de proteção, o crescimento de vegetação densa pode ser resultante do cumprimento de normas e legislações pela população local que não interveio de modo negativo naquela região.

Com relação à área da ZUE 5, assim como aconteceu na AOE referente ao CF 1965, houve redução da área total correspondente à zona antropizada, de 15,78% em 2000 para 13,72% em 2008. Os resultados indicam uma razoável estabilidade entre a remoção de vegetação e sua recuperação, o que pode denotar um efeito geral de melhorias na qualidade ambiental da localidade.

Diferentemente do que ocorreu na área inserida na faixa do CF 1965 que, como informado alhures, também se trata da faixa da Conama 100, parte da zona antropizada existente na ZUE 5 corresponde, de forma mais direta, ao aumento na área de vegetação em crescimento, de 60,91% para 66,02% no total – cumpre afirmar tal classe envolve plantas rasteiras e/ou em menor densidade. Apesar de ter havido melhorias no que se refere ao crescimento vegetal, pode também ser identificado apenas como crescimento de pastagens que, por mais que se referiam à vegetação em si, não representam um parâmetro apropriado para a qualidade ecológica.

A relação da qualidade da vegetação pode ser destacada, inclusive, em virtude do decaimento do percentual de vegetação densa que, em 2000, correspondia a 14,39% e, em 2008, foi de 12,63%. Tal diminuição pode ser derivada de dois fatores: 1) os meses escolhidos para

seleção das imagens de satélite em 2008 correspondeu a um período de estiagem ou seca, no qual a vegetação densa não obteve vitalidade suficiente e foi identificada como vegetação em crescimento; 2) a supressão de parte da vegetação densa para uso no plantio e/ou pastagem sugere que a vegetação em crescimento apresentou um relativo aumento ao longo desse intervalo.

4.2.2 Identificação da cobertura vegetal por meio do NDVI – 2016 e 2019

O segundo período analisado relaciona os anos de 2016 e 2019, após a atualização do CF (Brasil, 2012) em vigor, em que se notou significativa redução das APPs às margens de lagos artificiais, como resultado da implantação de UHEs. A faixa de APP em ambas as datas se resume à projeção horizontal entre a cota máxima operativa normal (696,00) e a cota máxima *maximorum* (696,95) na UHE Miranda, as quais são identificadas nos mapas, tabelas e gráficos como CF 2012.

Para essa análise, a faixa referente à Resolução Conama n. 302 (Brasil, 2002) ora aplicada é de 100 metros em 2016 – Conama 100 –, período no qual a AOE era área rural; e de 30 metros em 2019 – Conama 30 –, quando AOE passou a ser urbana por meio da LC n. 671 (Uberlândia, 2019b).

As áreas totais relativas a cada polígono das faixas das normativas de 2016 e 2019 foram, respectivamente, inseridas nas Tabelas 5 e 6. Os dados extraídos estão representados nos mapas das Figuras 13 e 14, correspondentes às classes de interesse vegetação densa, vegetação em crescimento e zona antropizada. Também foram dispostos a seguir nas Tabelas 7 e 8, conforme o polígono da normativa e o ano em % e em km².

Tabela 5. Áreas dos polígonos na AOE – 2016

Polígono	Área (Km ²)
ZUE 5	67,50
CF 2012	0,14
Conama 100	6,47

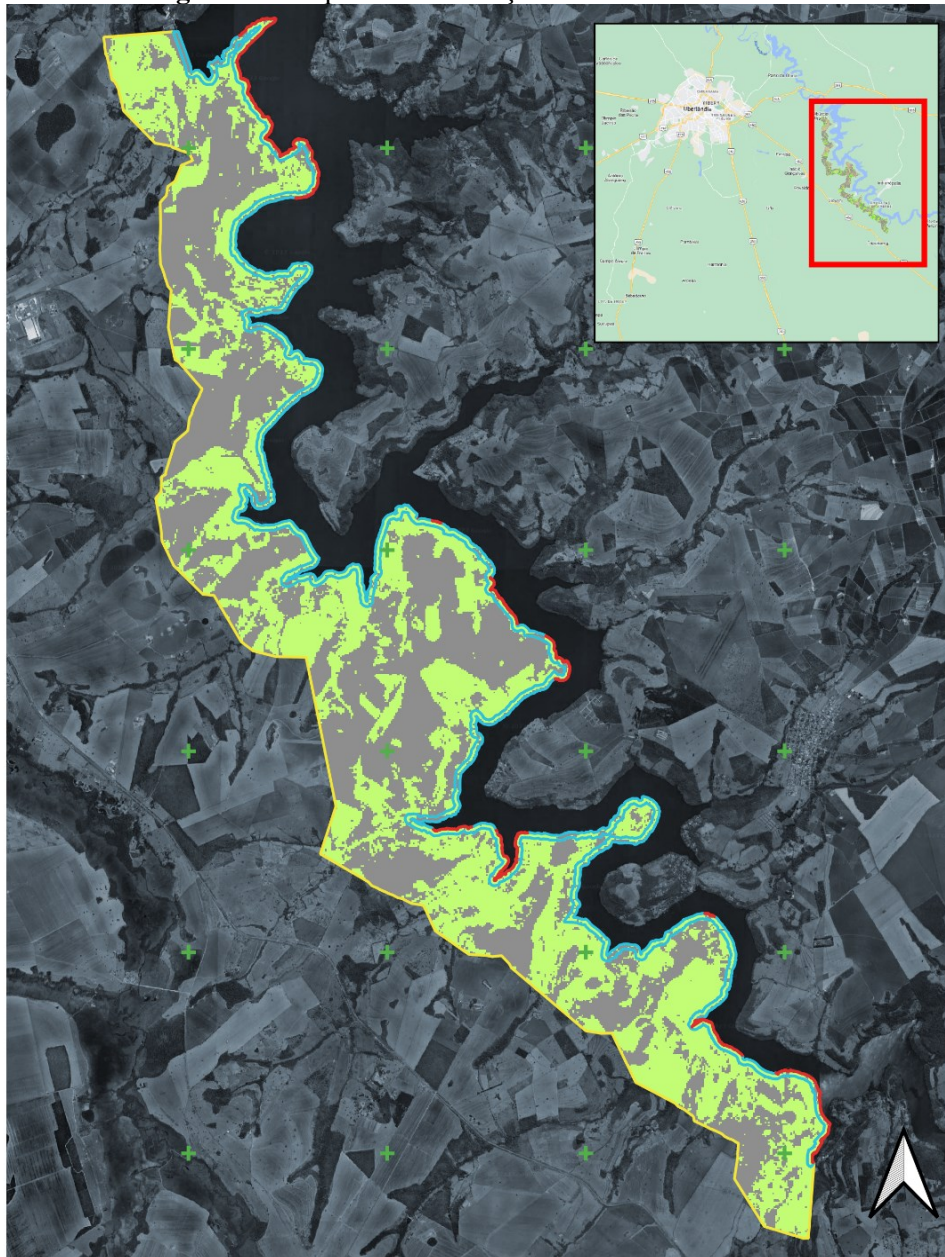
Fonte: Elaboração da autora (2023).

Tabela 6. Áreas dos polígonos na AOE – 2019

Polígono	Área (Km ²)
ZUE 5	72,10
CF 2012	0,14
Conama 30	1,88

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Figura 13. Mapa de classificação NDVI na AOE – 2016



2 0 2 4 km

Autora: Leticia Lemos de Souza
Sistema de Referência: SIRGAS 2000 - UTM 22S

Legenda

Polígonos

CF 2012

CONAMA 100

ZUE 5

Classificação

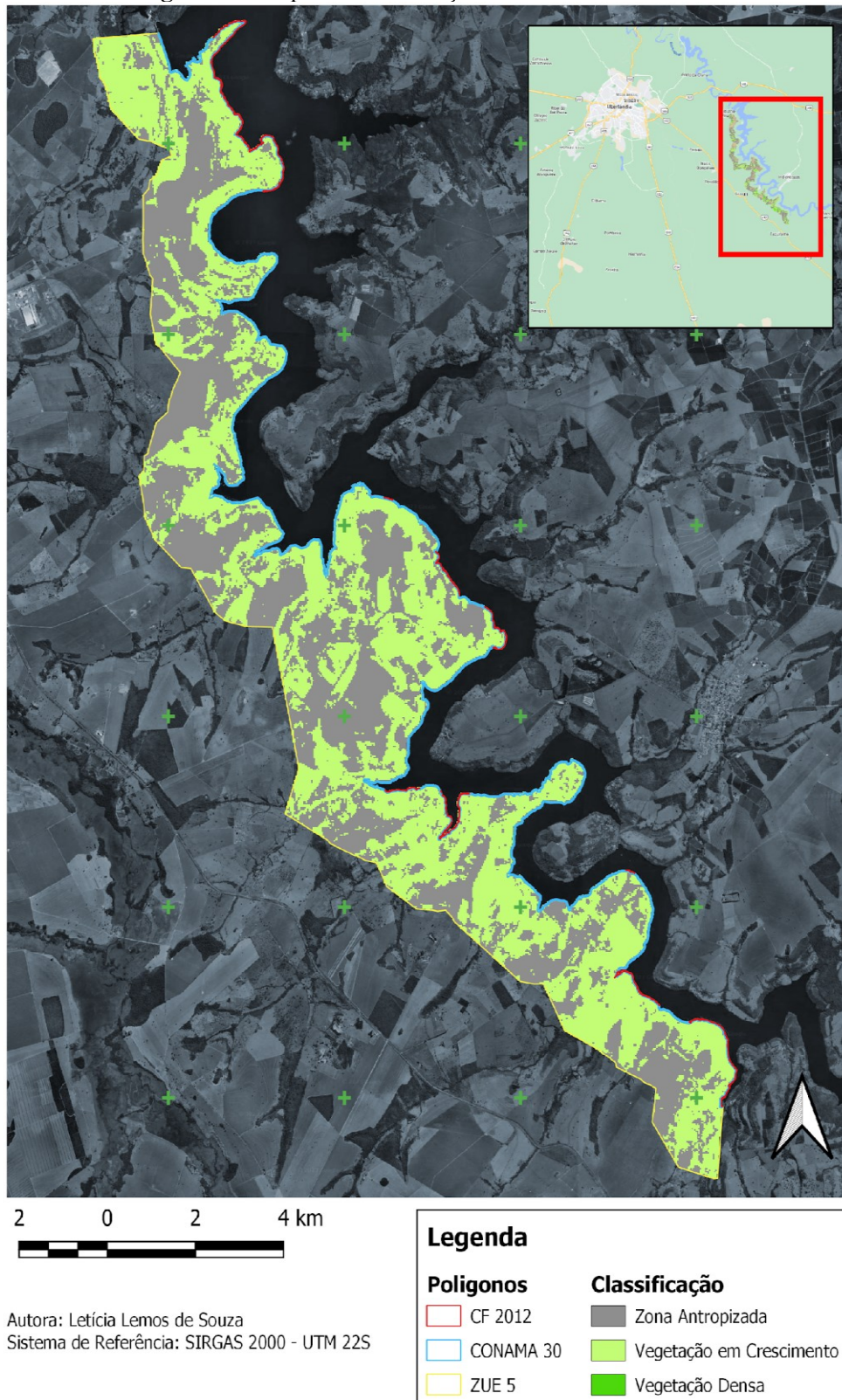
Zona Antropizada

Vegetação em Crescimento

Vegetação Densa

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Figura 14. Mapa de classificação NDVI na AOE – 2019



Fonte: Elaboração da autora (2023).

Tabela 7. NDVI – dimensão das partições das classes na AOE – 2016

	2016					
	CF 2012		Conama 100		ZUE 5	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Zona antropizada	0,04	0,05	1,70	2,29	36,11	48,65
Vegetação em crescimento	0,12	0,16	4,73	6,38	36,08	48,61
Vegetação densa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaboração da autora (2023).

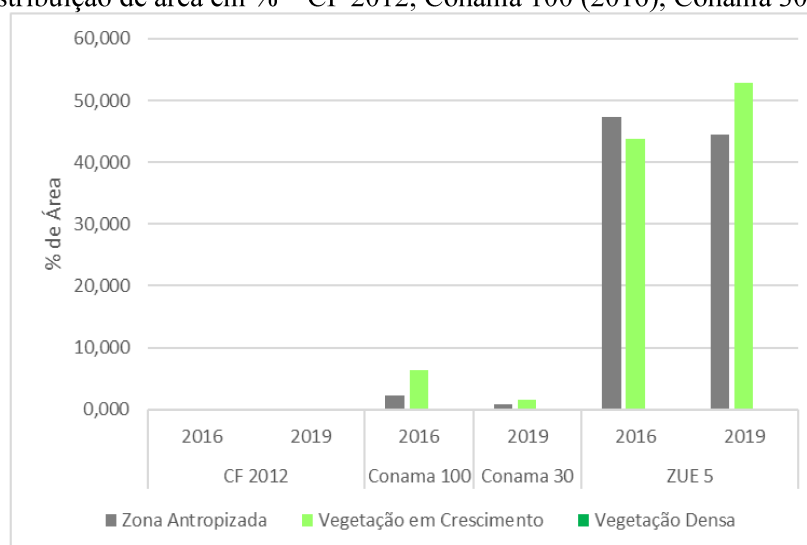
Tabela 8. NDVI – dimensão das partições das classes na AOE – 2019

	2019					
	CF 2012		Conama 30		ZUE 5	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Zona antropizada	0,04	0,06	0,66	0,89	32,98	44,44
Vegetação em crescimento	0,10	0,15	1,22	1,65	39,20	52,83
Vegetação densa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

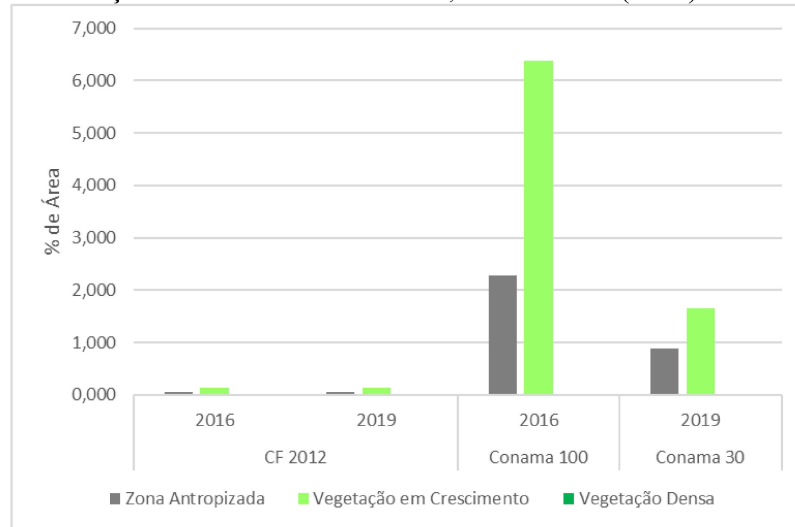
Fonte: Elaboração da autora (2023).

Em virtude da desproporcional diferença entre a área da ZUE 5 e os demais polígonos analisados em 2016 e 2019 (Gráfico 7), para melhor visualização dos dados extraídos foi gerado o Gráfico 8, que contempla apenas os dados referentes aos polígonos CF 2012, Conama 30 e Conama 100.

Ressalta-se que não foram encontrados dados sobre a presença de vegetação densa, para os quais foi atribuído o valor “zero”. Para a extração dos dados apresentados nas Tabelas 8 e 9 e nos Gráficos 7 e 8, adotaram-se as mesmas referências de classificação utilizadas nos anos 2000 e 2008.

Gráfico 7. Distribuição de área em % – CF 2012, Conama 100 (2016), Conama 30 (2019) e ZUE 5

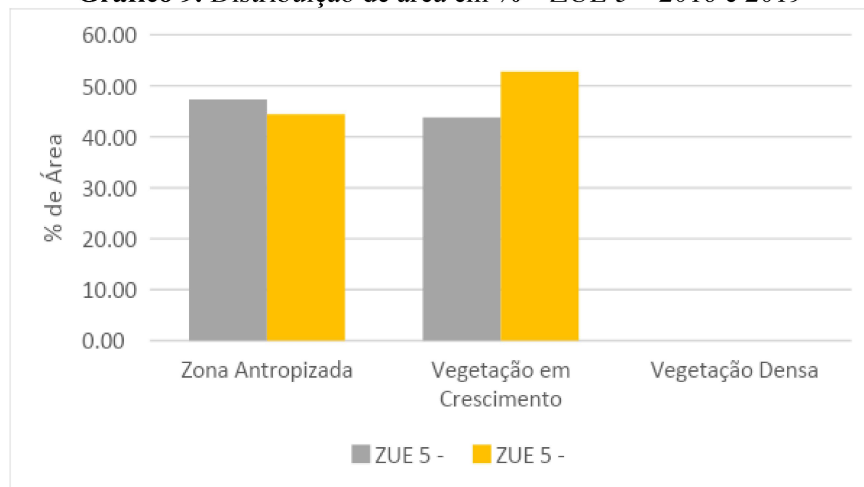
Fonte: Elaboração da autora (2023).

Gráfico 8. Distribuição de área em % – CF 2012, Conama 100 (2016) e Conama 30 (2019)

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Tal fato não foi esperado inicialmente, pois foram mantidas as características das classificações anteriores que correspondem ao caráter da vegetação densa. Esse resultado pode ser justificado por um dos seguintes motivos: a) imagens de satélite com falha de imageamento; b) problemas durante o PDI na conversão dos arquivos em imagem; b) redução do volume de vegetação densa, seja por atividade antrópica ou pelo período de estiagem.

Os Gráficos 9 e 10 a seguir prosseguem com a análise comparativa de cada polígono das normativas, conforme o mesmo modelo utilizado nos anos anteriores. Os dados extraídos dos polígonos Conama 100 (2016) e Conama 30 (2019) não foram tratados em gráficos, pois correspondem a faixas diferentes de preservação que não podem ser comparadas.

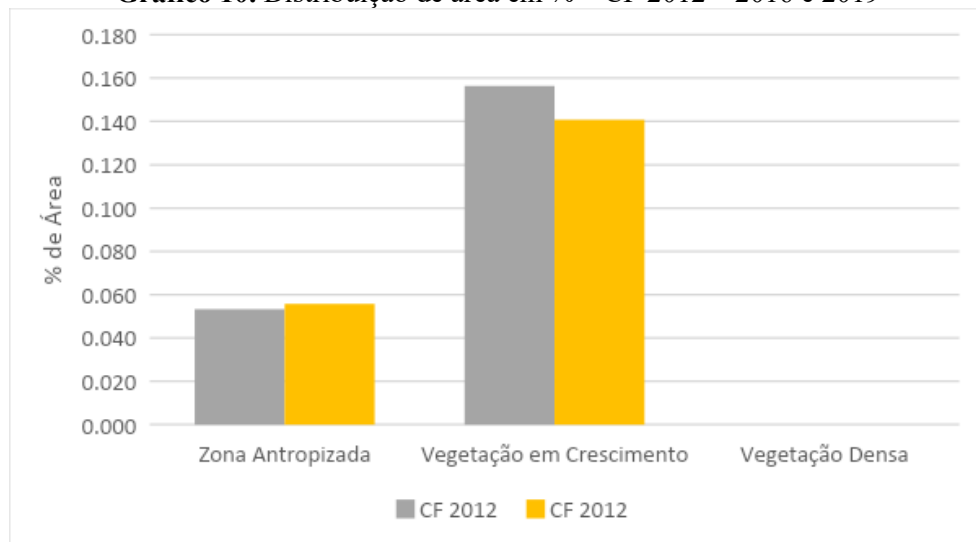
Gráfico 9. Distribuição de área em % – ZUE 5 – 2016 e 2019

Fonte: Elaboração da autora (2023).

A área correspondente ao CF 2012, com a menor parcela em relação a toda a área analisada (apenas 0,19%), ainda é relevante por ser uma zona destinada à proteção integral da flora e fauna da região. Pelo fato de a faixa do CF 2012 ter reduzido consideravelmente a faixa mínima de preservação permanente na área da AOE ou até mesmo em relação ao CF 1965, esperava-se que os dados extraídos compensassem tal retrocesso e que a APP estivesse em um estado de integral preservação.

Nos percentuais encontrados de zona antropizada, houve um relativo aumento, ao passar de 0,053% em 2016 para 0,56% em 2019. Provavelmente, tal índice é derivado de algumas intervenções mais pontuais que ocorreram na área do CF 2012.

Gráfico 10. Distribuição de área em % – CF 2012 – 2016 e 2019



Fonte: Elaboração da autora (2023).

No que concerne à vegetação em crescimento, passou de 0,156% para 0,153%, cuja movimentação indica uma relação direta de compensação da área de vegetação suprimida para as intervenções antrópicas na AOE. Conforme indicado, não se verificou nenhuma região de vegetação densa nas análises realizadas para os anos informados; logo, não serão citadas neste momento.

A zona antropizada presente na área do polígono do Conama representa uma redução do percentual de antropização presente na área, entendida como a retirada de vegetação nativa devido à maior fiscalização do local e à baixa intervenção antrópica. Vale lembrar que a faixa da APP diminuiu em 70 metros, quando se compara 2016 e 2019 (de 0,72% para 0,66%) – a menor atividade antrópica impactou diretamente no retorno de vegetação no local, que correspondia a 1,57% da área total em 2016 e passou a 1,65% em 2019. A ZUE 5 corresponde

ao maior índice de área no contexto analisado, por remeter a cerca de 97,2% do total; logo, os percentuais encontrados nela representam de forma majoritária a realidade enfrentada por toda a AOE.

Por um lado, no desenvolvimento da zona antrópica na ZUE 5, notou-se uma regressão, ao comparar os 48,65% de 2016 com 44,44% em 2019. Na verdade, diminuiu-se a área atingida por atividade antrópica naquele período. Por outro lado, a área classificada como vegetação em crescimento obteve um aumento – de 48,61% em 2016 para 52,83% em 2019. Isso levanta algumas dúvidas, tendo em vista os elevados indicadores de ocupação e expansão de atividades antrópicas na região ao longo do período analisado.

Nesse sentido, determinadas questões justificam a ocorrência além dos indicadores esperados para o histórico do local. A possibilidade mais latente abarca a expansão das áreas cultivadas, pois, como visto no mapa-base, zonas que antes eram antrópicas e/ou com solo exposto se tornaram regiões de vegetação em crescimento. Estas últimas são caracterizadas por formações geométricas definidas, o que indica a intervenção antrópica no local, ou seja, muito provavelmente são locais de plantação que se encontravam em período de crescimento durante o imageamento realizado para a confecção do mapa de 2019.

4.3 ANÁLISE NDVI GERAL

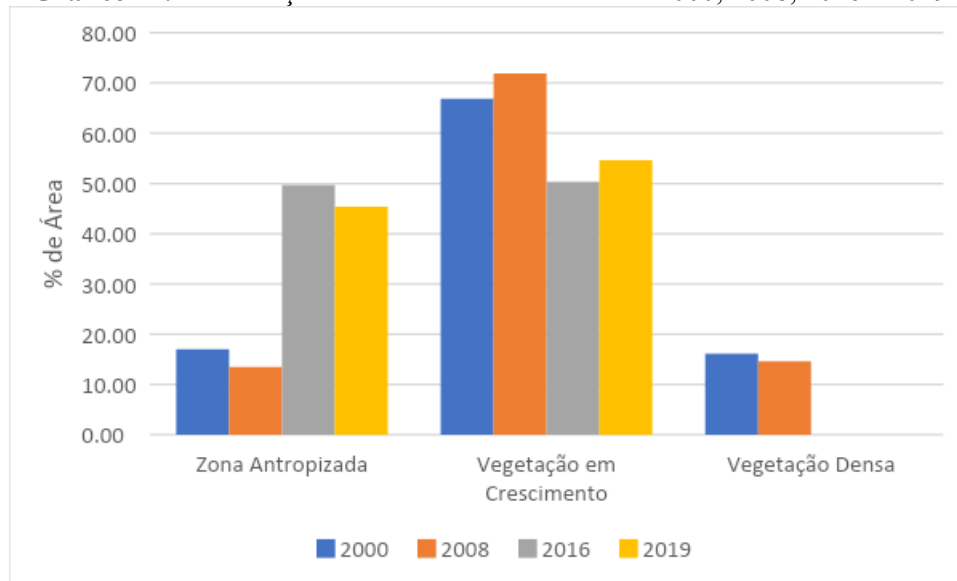
Com base no mapa de classificação NDVI gerado, extraíram-se valores absolutos correspondentes às áreas classificadas, com a separação em zona antropizada, vegetação em crescimento e vegetação densa. Os dados coletados foram compilados e estão dispostos na Tabela 9:

Tabela 9. NDVI – dimensão das partições das classes na AOE – 2000, 2008, 2016 e 2019

	2000		2008		2016		2019	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Zona antropizada	12,58	16,97	10,04	13,54	36,86	49,67	33,68	45,38
Vegetação em crescimento	49,55	66,86	53,30	71,88	37,36	50,33	40,53	54,62
Vegetação densa	11,98	16,17	10,82	14,59	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Os dados extraídos dos mapas geraram o Gráfico 11, que mostra o desenvolvimento de cada classe ao longo dos anos analisados, as áreas e os valores percentuais, no intuito de proporcionar uma melhor visualização de tais classes relação à AOE:

Gráfico 11. Distribuição de área em % – área total – 2000, 2008, 2016 e 2019

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Em observância ao Gráfico 11, os dados extraídos nos anos escolhidos demonstram a consolidação atinente à supressão da vegetação nativa, como em uma análise histórica do desenvolvimento de cada classe ao longo dos quatro anos analisados. Nesse modelo, houve uma significativa expansão da zona antropizada ao longo do período analisado, pois, mesmo com uma redução de 2016 para 2019, ainda se apresenta como um significativo índice crescente, ao passar de 16,97% em 2000 para 45,38% em 2019, o que corresponde a praticamente a metade de toda a AOE.

Na vegetação em crescimento, houve redução considerável ao longo dos anos analisados, com oscilações frequentes, pois correspondia à classe de maior valor durante 2000, com 66,86%, e tal índice aumentou para 71,88% em 2008, apesar do decréscimo para 54,62% da área. Ela ainda se refere à classe predominante, por ocupar mais de metade de toda AOE, mas, ainda assim, parte das regiões de plantações e pastagem pode adentrar na classificação como vegetação em crescimento; por isso, os resultados apresentam uma margem de erro no que se refere à qualidade da aferição final com a utilização desse processamento.

A vegetação densa correspondia a 16,17% da área em 2000, mas passou a apenas 14,59% em 2008 e deixou de aparecer nas classificações de 2016 e 2019. Conforme elucidado, isso pode ser justificado pelo período em análise ou até mesmo por um problema limitativo da resolução utilizada para o imageamento. De fato, nos anos iniciais era possível constatar uma tendência de queda nos percentuais das áreas de vegetação densa.

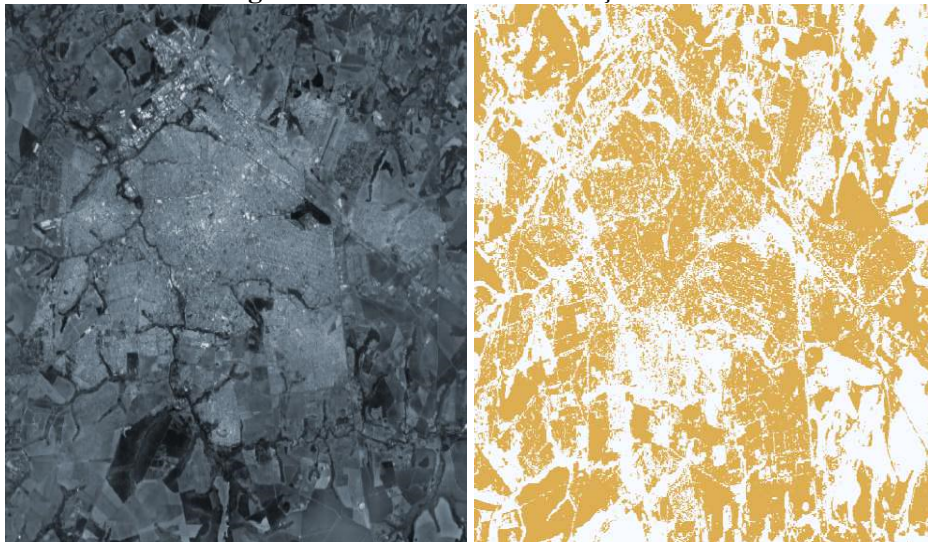
4.3.1 Identificação das áreas construídas por meio do NDBI

Realizou-se a classificação na AOE conforme os quatro anos escolhidos para análise temporal – 2000, 2008, 2016 e 2019 –, os quais geraram quatro mapas na mesma região onde foi aplicado o NDVI.

Para a análise quantitativa do NDBI, destacaram-se apenas duas classes de interesse (zona antropizada e zona não antropizada), cujos índices classificatórios foram distintos entre os mapas nos diferentes anos. Nesse caso, foi considerado o espectro que mais permitia a identificação nítida de área antropizada, com base no índice de responsividade de Uberlândia (MG), como demonstra o método de classificação NDBI (Figura 15).

Em virtude da distinta diferenciação no espaço temporal do imageamento, espera-se que, assim como proposto na classificação NDVI, uma mudança de 2000 para 2008 e de 2008 para 2016 é maior que de 2016 para 2019, conforme o maior espaçamento temporal entre as imagens das datas:

Figura 15. Método de classificação NDBI



Fonte: Elaboração da autora (2023).

Cabe ressaltar que o índice de classificação NDBI em diversos trabalhos científicos é relatado com um método não muito acurado de identificação de áreas antropizadas, em função da similaridade entre as respostas espectrais de materiais utilizados para construção civil contidos nas imagens de satélites, como as telhas destinadas às coberturas e outros itens como solo, asfalto, pavimentos de concreto, tablados e até mesmo águas rasas. Áreas com vegetação

seca e outras citadas alhures com respostas espectrais semelhantes são comumente identificadas com um retorno espectral similar ao de casas e edifícios.

Essas regiões, em sua maioria, não deixam de ser antropizadas; entretanto, a generalização de que o método utiliza garante pouca precisão ao produto gerado, associada à baixa resolução da imagem de base, possibilita apenas um produto de consulta, mas sem aproveitamento para discussões aprofundadas.

O resultado da razão entre as bandas do NIR e MIR é capaz de produzir uma imagem com valores que compõem o intervalo de -1 a 1, no qual se espera que os maiores índices representem os *pixels* referentes às áreas construídas, e os negativos, *pixels* de áreas não construídas, como no exemplo da calibração realizada, na qual as superfícies possuem vegetação.

4.4 ANÁLISE NDBI PARA OS ANOS DE 2000 E 2008

O primeiro período a ser analisado, assim como no método aplicado anteriormente, se refere a 2000 e 2008 e é composto pelos polígonos da normativa do Conama – para ambos, é de 100 metros e coincide com a faixa de preservação obrigatória contida no CF de 1965 (Conama 100/CF 1965) e pelo polígono da ZUE 5, atinente à diferença entre o polígono exterior total da AOE e à exceção da área do polígono do CF 1965/Conama 100.

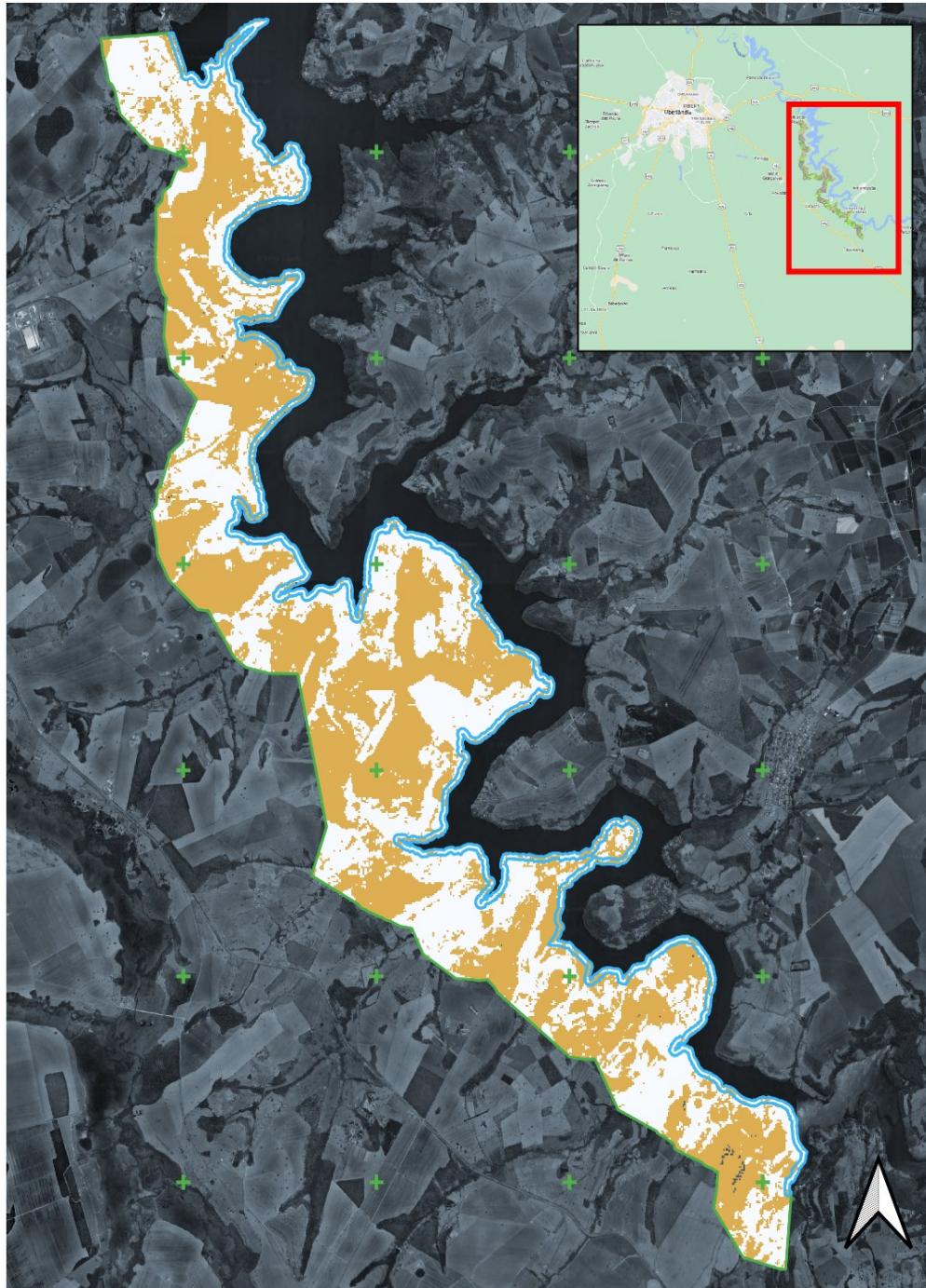
A área total da AOE e dos polígonos Conama 100 e CF 1965 são as mesmas descritas na análise do método anterior, o NDVI, conforme a Tabela 10. A região antropizada possui resposta espectral semelhante à obtida em regiões com elevado índice de intervenção antrópica, a exemplo das cidades. As Figuras 16 e 17 representam as áreas identificadas do NDBI:

Tabela 10. NDVI – dimensão das partições das classes na AOE – 2000 e 2008

	CF 1965/Conama 100				ZUE 5			
	2000		2008		2000		2008	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Não antropizada	4,12	5,55	3,96	5,34	30,88	41,66	27,83	37,52
Zona antropizada	2,50	3,37	2,60	3,51	36,62	49,42	39,77	53,63

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Figura 16. Mapa de classificação NDBI na AOE – 2000



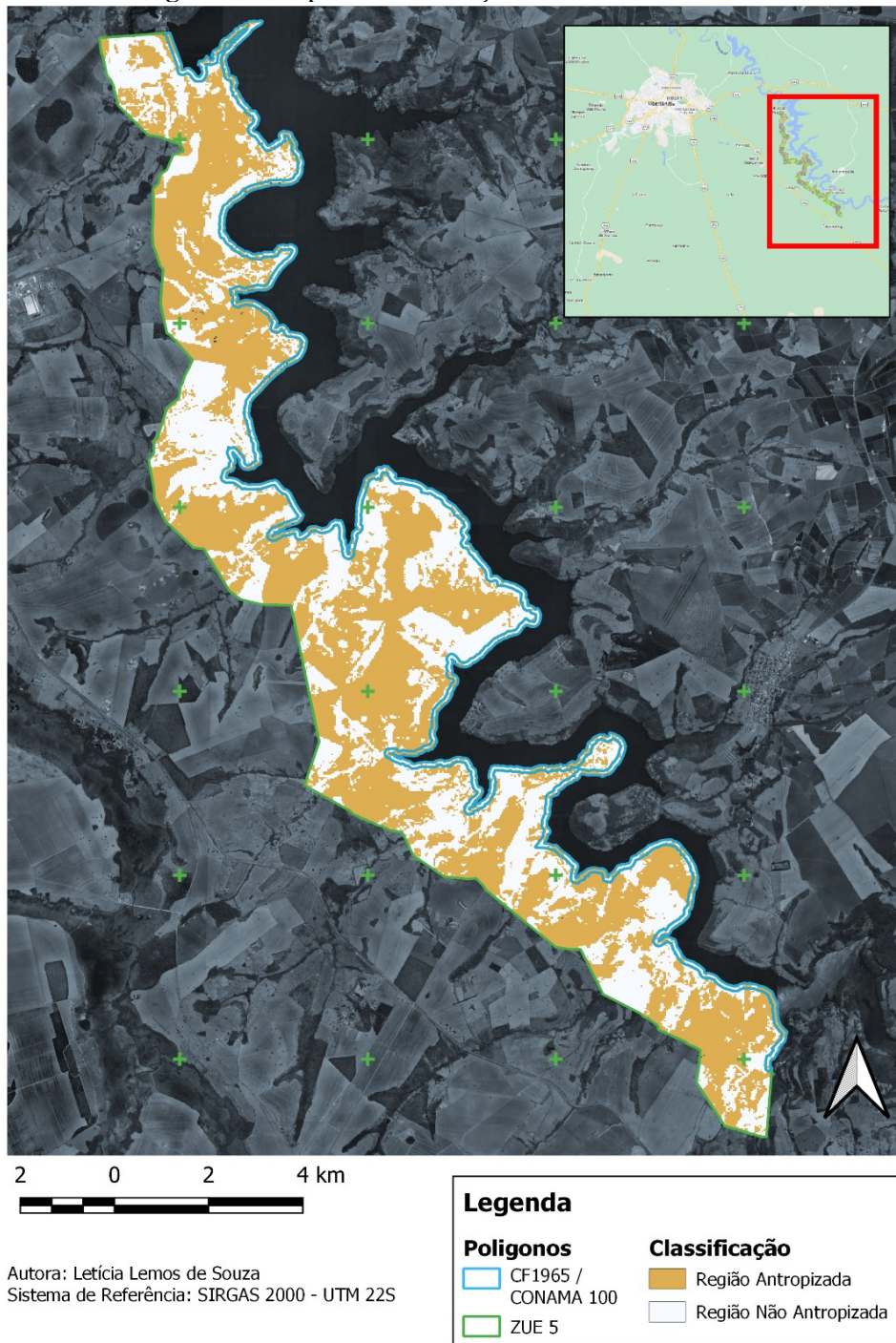
2 0 2 4 km

Autora: Letícia Lemos de Souza
 Sistema de Referência: SIRGAS 2000 - UTM 22S

Legenda	
Polígonos	Classificação
CF1965 / CONAMA 100	Região Antropizada
ZUE 5	Região Não Antropizada

Fonte: Elaboração da autora (2023).

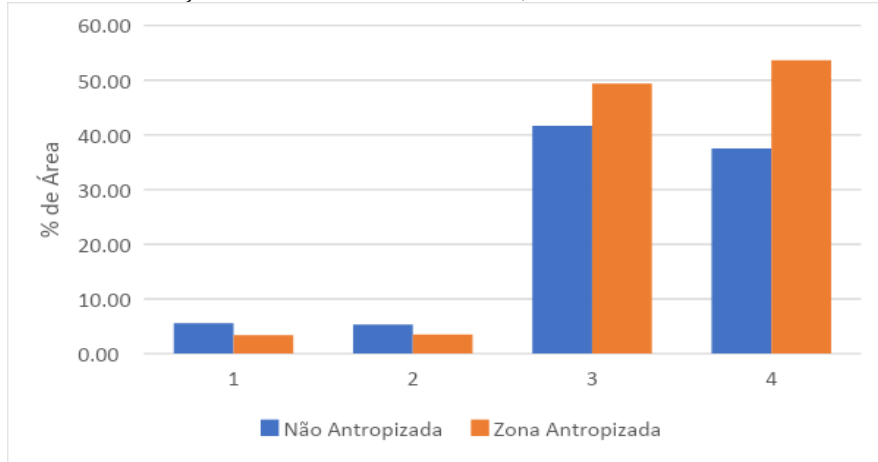
Figura 17. Mapa de classificação NDBI na AOE – 2008



Fonte: Elaboração da autora (2023).

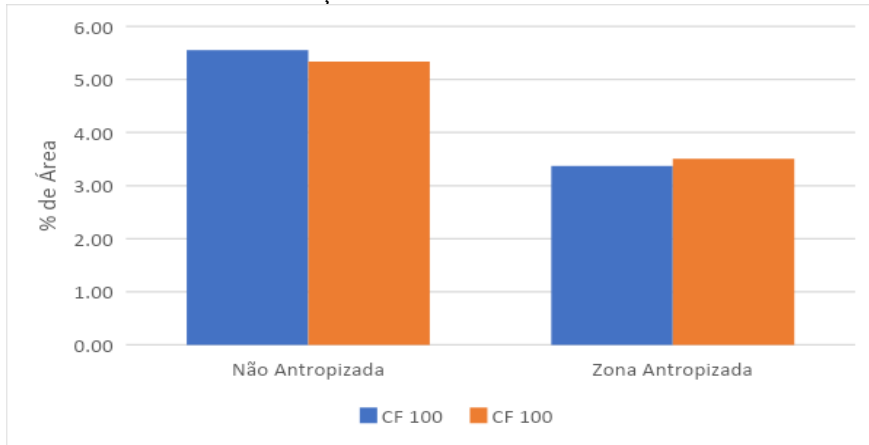
Dados extraídos com a separação entre duas classes (zona antropizada e não antropizada) e plotados nos Gráficos 12, 13 e 14 a seguir por meio de bandas representam os valores de cada polígono em percentuais. Especificamente no Gráfico 12 se encontram as áreas do CF 1965 que possuem a mesma faixa e largura igual à exigida no Conama 100, com predominância de áreas não antropizadas e não afetadas por atividade humana.

Gráfico 12. Distribuição da área em % – CF 1965, Conama 100 e ZUE 5 – 2000 e 2008



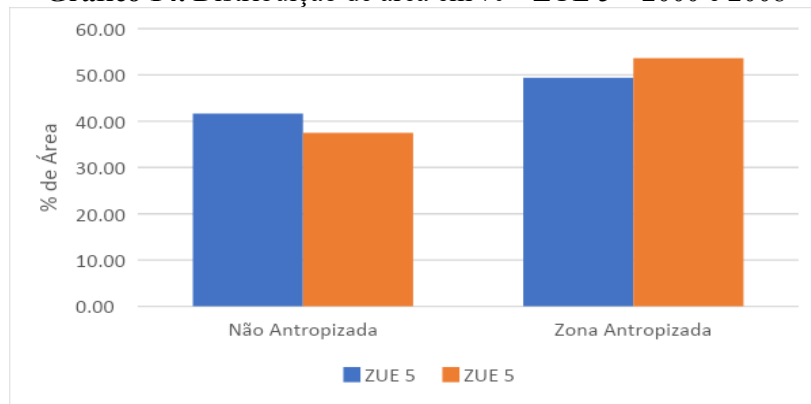
Fonte: Elaboração da autora (2023).

Gráfico 13. Distribuição de área em % – CF 100 – 2000 e 2008



Fonte: Elaboração da autora (2023).

Gráfico 14. Distribuição de área em % – ZUE 5 – 2000 e 2008



Fonte: Elaboração da autora (2023).

Houve redução da área não antropizada em comparação à área total da AOE – de 5,55% em 2000 para 5,34% em 2008 –, o que sugere uma intervenção antrópica nos valores que passaram de 3,37% em 2000 para 3,51% em 2008. Tais números podem parecer pequenos, sobretudo no tocante à proporção da AOE; porém, a área do CF 1965/Conama 100 se trata de uma região de preservação que não deveria sofrer com intervenções antrópicas.

Essa variação *per se* indica uma atividade que não deveria ocorrer na região. De forma semelhante ao encontrado na classificação realizada na área referente ao CF 100, houve também uma redução da zona não antropizada em ZUE 5, pois os valores iniciais de 30,88% em 2000 decaíram para 27,83% em 2008; logo, há a tendência ainda maior em comparação ao que ocorreu na área do CF 100 – para esse caso, há hipóteses semelhantes às da área do CF 100, tendo em vista o movimento semelhante nos percentuais das áreas.

É válido ressaltar que esta hipótese contrapõe a análise NDVI desenvolvida para a mesma área: no mesmo período, houve redução dos valores de zona antropizada para a região, ao passo que aumentaram os índices de vegetação densa.

Tal contradição pode ser derivada de determinada vegetação em crescimento, que passou a ser caracterizada como zona antropizada no método de classificação do NDBI. Por mais que haja o desenvolvimento da vegetação densa, ela não se mostrou suficientemente impactante para ampliar a área de zona não antropizada.

Outro ponto relevante é o método de classificação NDBI, que caracteriza algumas regiões de pastagem e plantações como zonas antropizadas. Então, identificam-se no mapa algumas regiões que anteriormente não eram zonas com essa perspectiva, as tornaram de fato, e as geometrias bem definidas indicam a existência de limites físicos implantados, como cercas e afins.

Isso pode indicar duas hipóteses em potencial: na primeira, parte de regiões que anteriormente eram classificadas como não antropizadas começaram a ser utilizadas para a atividade agrícola e, conseqüentemente, se tornaram zonas antropizadas; e, na segunda, tais áreas eram destinadas a atividades agrícolas, mas estavam com uma forte presença de vegetação durante o período do imageamento, o que resultou em uma classificação incorreta de algumas localidades afetadas pela atividade antrópica.

4.5 ANÁLISE NDBI PARA OS ANOS DE 2016 E 2019

O segundo período a ser analisado compreende os anos de 2016 e 2019, com áreas do CF 2012, Conama 30 e ZUE 5. As áreas dos polígonos correspondentes a cada zona citada estão dispostas nas Tabelas 11 e 12 (2016 e 2019, respectivamente), o que possibilita uma melhor percepção da relação de magnitude existente entre as áreas utilizadas no estudo:

Tabela 11. NDBI – área dos polígonos em 2016

	Área (Km ²)
CF 2012	0,14
Conama 100	6,47
ZUE 5	67,50

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Tabela 12. NDBI – Área dos polígonos em 2019

	Área (Km ²)
CF 2012	0,14
Conama 30	1,88
ZUE 5	72,10

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Com base no mapa de classificação NDBI gerado para 2016 e 2019, extraíram-se os valores absolutos correspondentes às áreas classificadas (zonas antropizada e não antropizada).

Tais indicadores foram compilados e estão dispostos na Tabela 13, que contempla os dados de classificação das áreas de cada zona em valores percentuais, na AOE e nas datas analisadas:

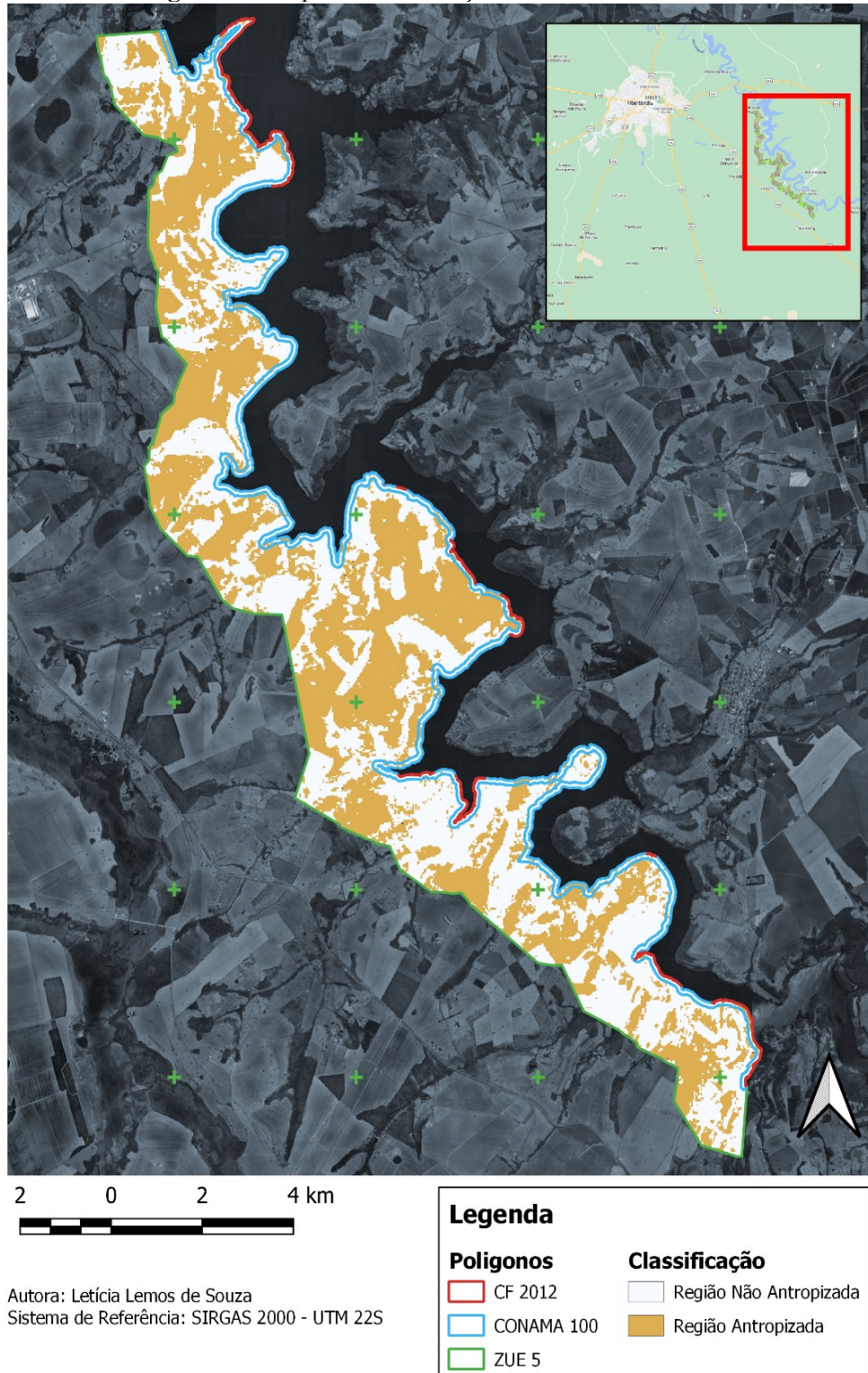
Tabela 13. NDBI – dimensão das partições das classes na AOE – 2016 e 2019

	CF 2012				CONAMA 100		CONAMA 30		ZUE 5			
	2016		2019		2016		2019		2016		2019	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Não antropizada	0,15	0,20	0,15	0,21	5,22	7,04	1,78	2,39	32,38	43,64	45,35	60,97
antropizada	0,01	0,01	0,00	0,00	1,21	1,63	0,14	0,18	35,24	47,49	26,96	36,25

Fonte: Elaboração da autora (2023).

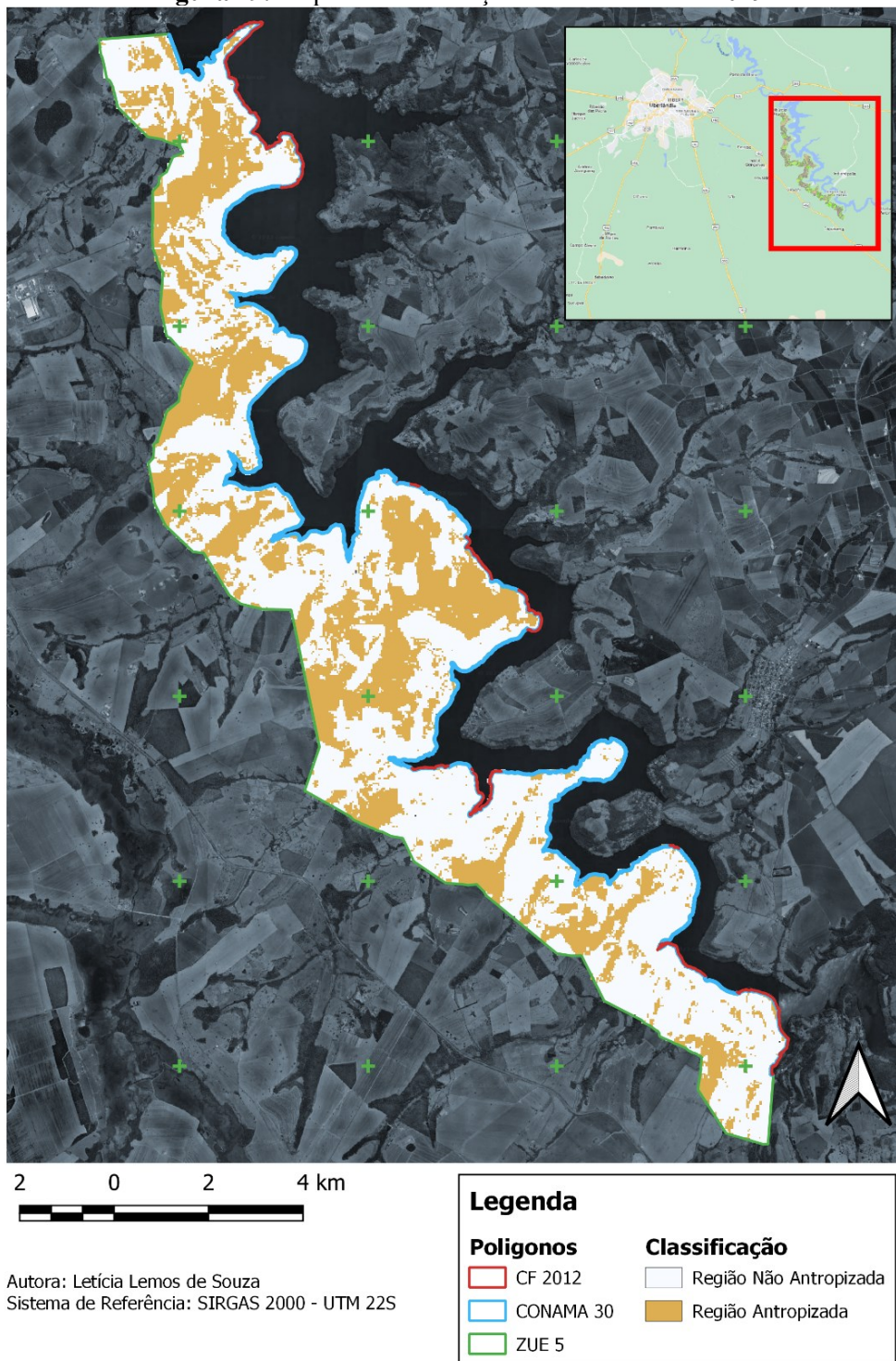
Vale ressaltar que, em consonância aos dados acima, foram produzidos dos mapas ilustrados nas Figuras 18 e 19:

Figura 18. Mapa de classificação NDBI na AOE – 2016



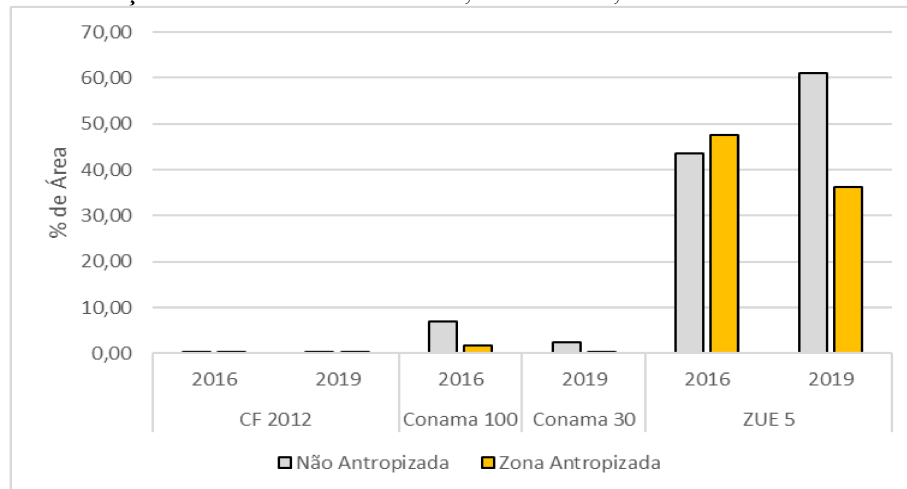
Fonte: Elaboração da autora (2023).

Figura 19. Mapa de classificação NDBI na AOE – 2019



Fonte: Elaboração da autora (2023).

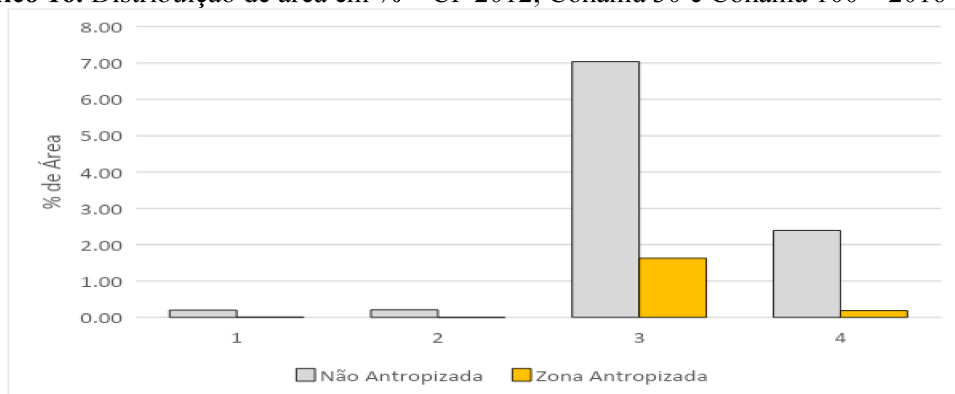
Conforme o Gráfico 15, os valores de área referentes à ZUE 5 nos períodos analisados se encontram em uma magnitude significativamente maior em comparação às demais áreas:

Gráfico 15. Distribuição de área em % – CF 2012, Conama 30, Conama 100 e ZUE 5 – 2016 e 2019

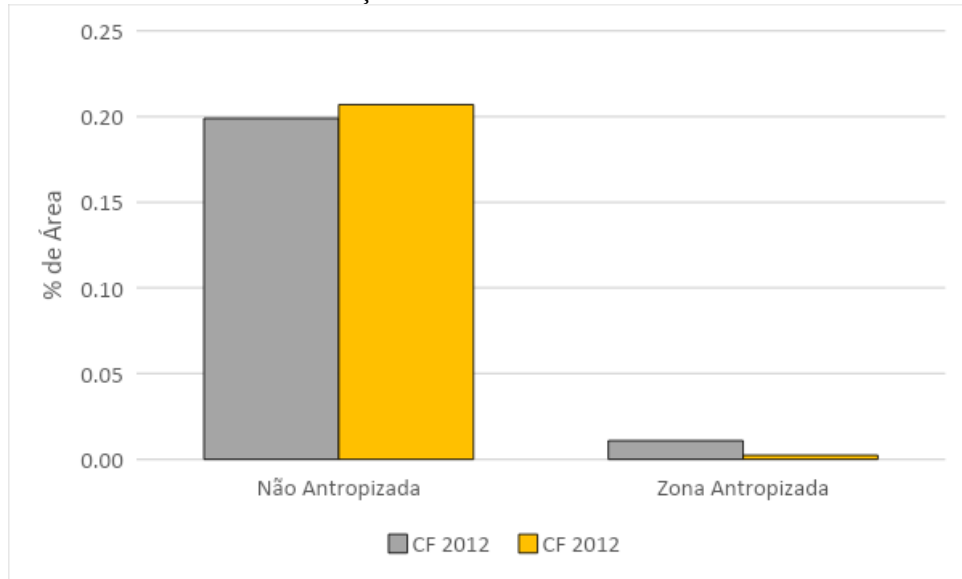
Fonte: Elaboração da autora (2023).

A primeira área a ser abordada é a do CF 2012, com menor parcela em relação à AOE, pois equivale a apenas 0,19% de toda a área e contempla uma zona destinada à proteção integral da flora e fauna da região – nos mapas gerais, espera-se que a área antropizada esteja preservada em comparação às outras. Ao ampliar o foco para a análise da área citada, há um aumento no valor da zona não antropizada, o que indica redução da atividade humana, com a consequente retomada da vegetação com o passar do tempo. Entretanto, é válido ressaltar a magnitude da área, a qual não corresponde nem a 1% do total da AOE.

Os Gráficos 16 e 17 representam os dados referentes à classificação da área do CF 2012 em 2016 e 2019. Para garantir uma melhor escala na visualização comparativa dos dados de classificação local obtidos, o Gráfico 16 contempla apenas os valores referentes à área de CF 2012, Conama 30 e Conama 100:

Gráfico 16. Distribuição de área em % – CF 2012, Conama 30 e Conama 100 – 2016 e 2019

Fonte: Elaboração da autora (2023).

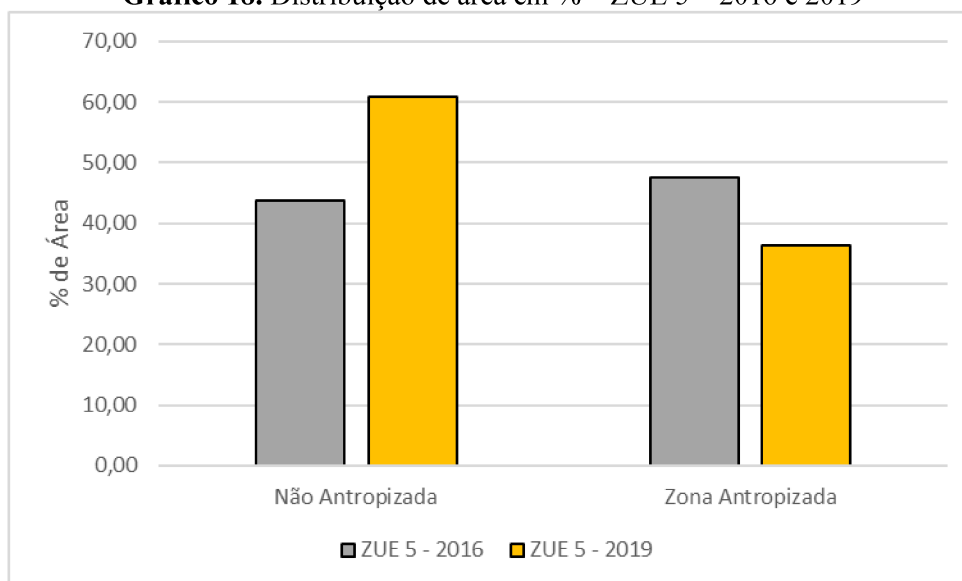
Gráfico 17. Distribuição de área em % – CF 2012 – 2016 e 2019

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Valores referentes à área não antropizada passaram de 0,20% em 2016 para 0,21% em 2019. Tal crescimento *per se* não se mostra significativo, mas é um bom indicativo, ainda mais quando se consideram os valores equivalentes em zona antropizada na região, que foram de 0,011% em 2016 para 0,002% em 2019 e estão próximos de zero – isso, inclusive, denota uma qualidade ambiental apropriada no local.

Com relação à área da Conama 30, ela manteve a tendência de crescimento da zona não antropizada, ao passar de 2,20% da área total analisada em 2016 para 2,39% em 2019. Também não pode ser interpretado como um crescimento significativo, tampouco assume um acréscimo maior que 1%, mas se refere a um indicador de qualidade da área.

Essa interpretação se mantém na zona antropizada, cujo decréscimo foi de 0,33% em 2016 para 0,18% em 2019, o que indica reduções na intervenção humana na área e, ao mesmo tempo, um desenvolvimento positivo da biodiversidade e qualidade ambiental local representada no Gráfico 18 – antes da mudança do uso da terra de rural para urbana em 2019, a expansão urbana/expansão da atividade antrópica no período não foi significativa:

Gráfico 18. Distribuição de área em % – ZUE 5 – 2016 e 2019

Fonte: Elaboração da autora (2023).

A zona não antropizada correspondia a 48,47% em 2016 e foi para 60,97% da AOE, ao passo que a zona antropizada em 2016 era de 48,78% de toda a área da ZUE 5 e se tornou apenas 36,25%, o que indica uma redução significativa dos valores.

4.6 ANÁLISE NDBI GERAL

Com base nos mapas de classificação NDBI, obtiveram-se os valores absolutos correspondentes às áreas classificadas, com a separação em zona antropizada, vegetação em crescimento e vegetação densa (Tabela 14). O Gráfico 19 comporta os mesmos dados referentes às áreas de cada ano em percentuais referentes às classes citadas.

Ao analisar o desenvolvimento da zona não antropizada, houve uma relativa queda na área entre 2000 e 2008 (de 47,21% para 42,86%), apesar de ter ocorrido apenas no período inicial. Com a passagem do tempo, o total da área não antropizada cresceu de forma exponencial e, ao fim da análise, em 2019, compôs cerca de 63,56% da AOE, isto é, mais da metade passou a ter essa característica.

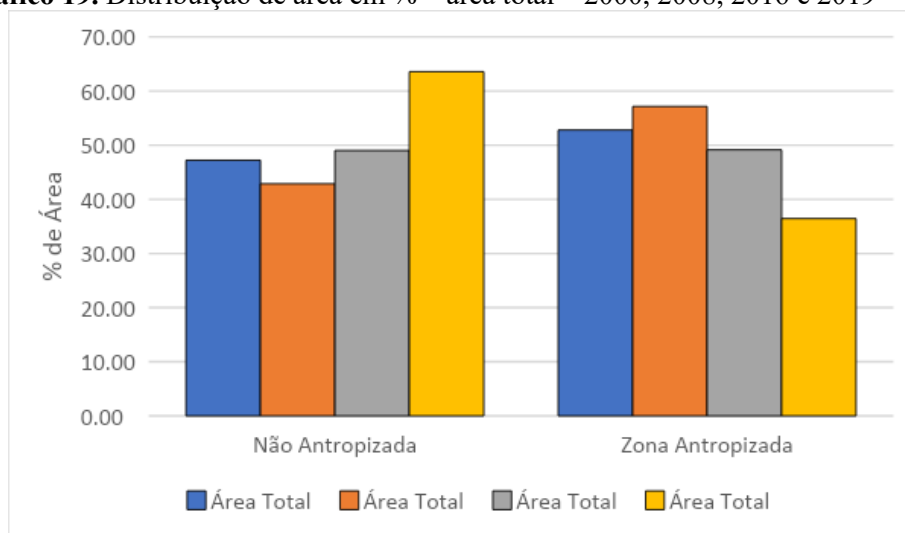
Tabela 14. NDBI – dimensão das partições das classes na AOE nos anos de 2000, 2008, 2016 e 2019

	Área Total							
	2000		2008		2016		2019	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Não antropizada	34,99	47,21	31,78	42,86	36,37	49,00	47,28	63,56
Antropizada	39,12	52,79	42,37	57,14	36,46	49,13	27,10	36,44

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Em uma direção diametralmente oposta, o desenvolvimento da zona antropizada passou de 52,79% da área total em 2000 a 57,14% como maior índice em 2008. Entretanto, houve um decréscimo nos anos seguintes, com 49,13% em 2016 e apenas 36,44% da AOE em 2019 (Gráfico 19):

Gráfico 19. Distribuição de área em % – área total – 2000, 2008, 2016 e 2019



Fonte: Elaboração da autora (2023).

Uma rápida análise demonstra uma melhoria significativa na qualidade ambiental do local, tendo em vista a redução da atividade antrópica, assim como da resposta espectral. Esta última denota a existência de atividade antrópica ou, ao menos, responsividade no espectro das construções civis, mas isso é insuficiente para indicar a diminuição de tais atividades.

No mapa geral, diversos pontos de atividades agropecuárias usufruem do local, seja para o pastoreio ou a agricultura. Nesse sentido, pressupõe-se que o imageamento ao longo dos últimos anos foi feito durante o período de safra, no qual diversas áreas que anteriormente era identificadas como regiões antropizadas, por haver pouca densidade de vegetação ou até mesmo solo exposto, passaram a apresentar tais plantações. Inclusive, esse pode ser um ponto negativo a ser destacado nos métodos de classificação por responsividade espectral desenvolvida na resolução aplicada, devido à impossibilidade de uma diferenciação tão precisa das áreas analisadas. Mesmo com uma análise geral e rápida da localidade, não é o melhor método a ser aplicado para um parecer definitivo, por faltarem detalhes que poderiam embasar a verificação.

Assim, reduziu-se a zona antropizada, ou ao menos de regiões com solo exposto e similares, entretanto, não é possível afirmar de forma tão assertiva que isto reflete de forma direta na melhora da qualidade ambiental da região nem no cumprimento das legislações de

preservação de áreas, tendo em vista que parte destas regiões identificadas como não antropizadas podem ser componentes de lavouras com um grau mais avançado de desenvolvimento que passa a responder de forma que não possibilite a classificação desta como zona antropizada pelo método de classes do NDBI.

4.7 COMPARATIVO DA ANÁLISE GERAL NDVI *VERSUS* NDBI

Diante dos dados elucidados anteriormente, constatou-se uma diferença substancial na relação existente entre os métodos de classificação NDBI e NDVI. Apesar do rigor e da precisão de ambos no que tange à classificação, sobretudo da resolução espectral da imagem utilizada, torna-se imprescindível o comparativo direto sobre as diferenças no contexto da AOE.

A comparação das imagens obtidas nos dois índices representa resultados análogos à técnica empregada na revelação de fotografias (negativa e positiva), em que o NDVI realça os fragmentos com vigor arbóreo, e o NDBI, os fragmentos antropizados.

De fato, a série histórica elucidada um consistente aumento nas áreas de crescimento definidas como zonas antrópicas, o que pode ser associado tanto ao aspecto temporal e natural do desenvolvimento da sociedade quanto à constante expansão das cidades e à busca pelo uso de novas terras pelos habitantes. Igualmente acentuada é a transição de 2016 para 2019, que reflete fortes indícios do impacto da promoção da LF n. 13.465 (Brasil, 2017).

Nesse sentido, este tópico realiza a comparação direta dos valores de classificação encontrados nas classificações anteriormente empregadas nas análises NDBI e NDVI, pois, como ocorreram de maneira discrepante, serão utilizadas apenas duas classes: zona antropizada e não antropizada. Deste modo, a classificação se manteve igual para o NDBI e a zona antropizada do NDVI, enquanto as classes de NDVI correspondentes à vegetação em crescimento e à vegetação densa passaram a compor uma classe única (não antropizada).

Com isso, comparam-se diretamente as relações existentes entre a vegetação existente aferida e o volume de área pertencente a cada classe ao longo dos anos e de forma comparativa entre os métodos adotados.

Os dados de área foram organizados e estão dispostos nas Tabelas 15 e 16 (em km² e %, respectivamente) e, de forma semelhante, os percentuais de cada área foram reorganizados no Gráfico 20.

Tabela 15. NDVI *versus* NDBI – dimensão das partições das classes (em km²) na AOE – 2000, 2008, 2016 e 2019

Km ²	Área Total							
	2000		2008		2016		2019	
Classificações	NDBI	NDVI	NDBI	NDVI	NDBI	NDVI	NDBI	NDVI
Não antropizada	34,99	61,53	31,78	64,12	36,37	37,36	47,28	40,53
Antropizada	39,12	12,58	42,37	10,04	36,46	36,86	27,10	33,68

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Tabela 16. NDVI *versus* NDBI – dimensão das partições das classes (em %) na AOE – 2000, 2008, 2016 e 2019

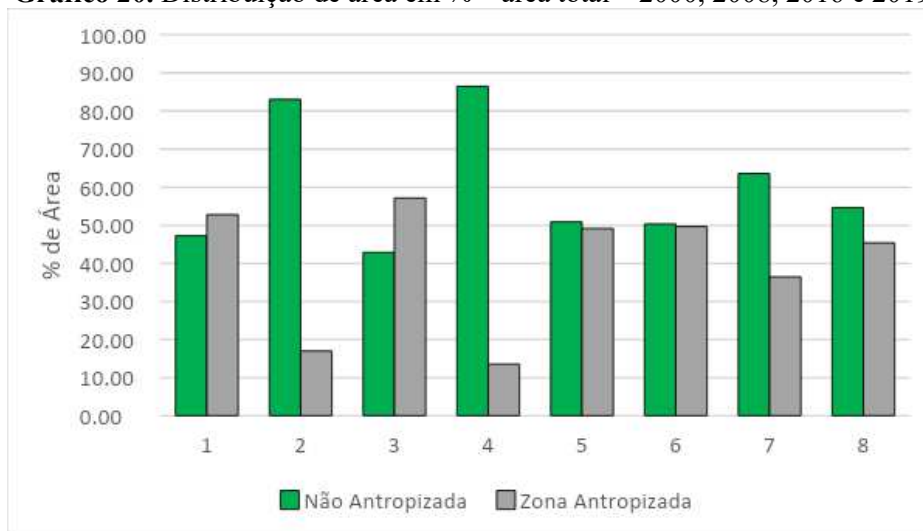
%	Área Total							
	2000		2008		2016		2019	
Classificações	NDBI	NDVI	NDBI	NDVI	NDBI	NDVI	NDBI	NDVI
Não antropizada	47,21	83,03	42,86	86,46	50,87	50,33	63,56	54,62
Antropizada	52,79	16,97	57,14	13,54	49,13	49,67	36,44	45,38

Fonte: Elaboração da autora (2023).

Em um comparativo direto das classificações realizadas, observa-se uma notória disparidade entre os valores obtidos pelas classificações realizadas, em especial nos anos iniciais, os quais têm uma nítida discrepância.

Neste tópico, tal distinção se apresenta de forma mais clara com o respectivo levantamento de hipóteses que poderiam contribuir para os resultados encontrados, e ainda, identificar as classificações condizentes com a realidade.

Gráfico 20. Distribuição de área em % – área total – 2000, 2008, 2016 e 2019

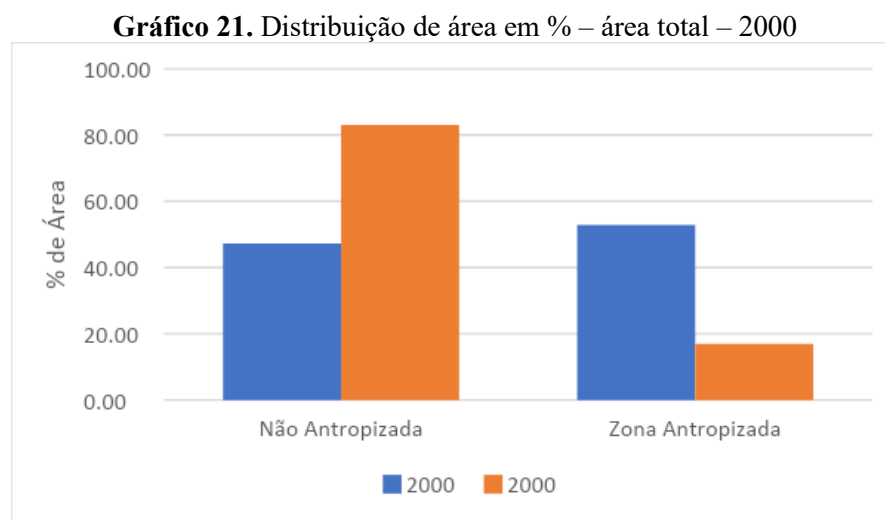


Fonte: Elaboração da autora (2023).

Isoladamente, os Gráficos 21, 22, 23 e 24 subsequentes apresentam os anos analisados, ao parearem apenas os valores referentes aos percentuais de cada classe durante o período analisado.

No primeiro ano a ser analisado (2000), apresentado no Gráfico 21, ao levantar um comparativo entre as classificações da época, nota-se diferença elevada entre os valores da zona antropizada e os da não antropizada, em que a última corresponde a menos da metade da área total no NDBI (47,21%), ao passo que a mesma classe compõe cerca de 83,03% do total.

Tais resultados coadunam a proposta do método de classificação, posto que o NDVI é desativado em uma busca mais especializada por vegetação, com limites definidos, ao passo que o NDBI focaliza a busca de construções civis.

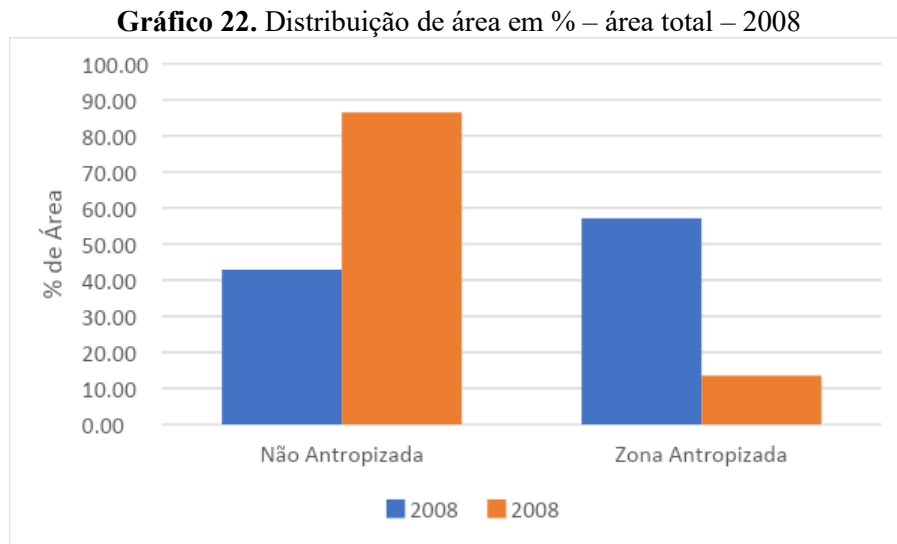


Fonte: Elaboração da autora (2023).

É importante salientar que a construção civil utiliza grande variedade de materiais, sobretudo em soluções para coberturas de edificações que possuem índices espectrais variados e que podem contaminar os resultados ao se aproximarem do intervalo utilizado nas classes definidas a serem aplicadas na AOE. Como indicado na metodologia, parte da vegetação que poderia não ser classificada como zona antropizada passa a ser vista como tal, a exemplo das regiões com vegetação mais seca, justamente em virtude da responsividade discrepante. Áreas não antropizadas, como solo exposto e corpo d'água, ou até mesmo vias asfaltadas, podem ter sido identificadas como antropizadas, fenômeno que também acontece em virtude do tamanho dos *pixels* da resolução das imagens utilizadas que, nesse caso, são gratuitas.

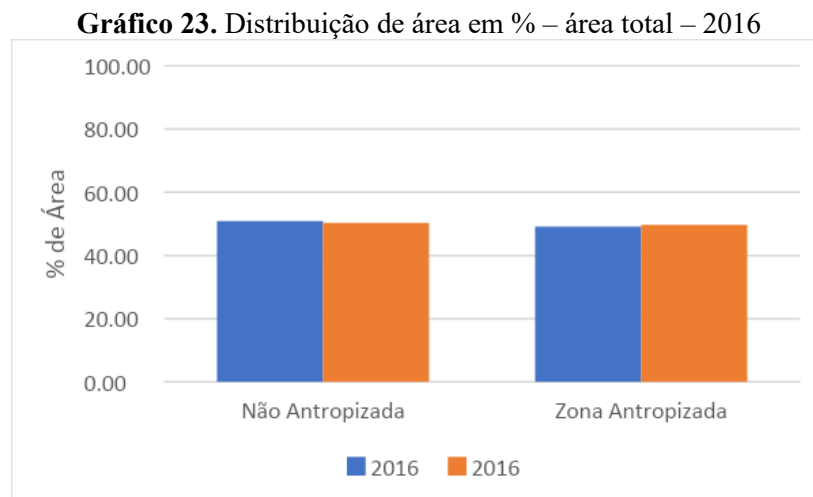
No Gráfico 22, relativo ao ano de 2008, manteve-se o padrão das imagens de 2000. Mesmo com relativa diferença nos valores percentuais absolutos, aspecto esperado em função da diferença do método, as escalas são próximas, pois 42,86% se referem ao valor de zona antropizada na classificação NDBI, enquanto a mesma classe, no NDVI, foi de 86,46%. Ainda

há uma diferença marcante nos valores absolutos, mas, como ambas as imagens foram retiradas do mesmo satélite, salienta-se o padrão como um bom indicativo nesse contexto.



Fonte: Elaboração da autora (2023).

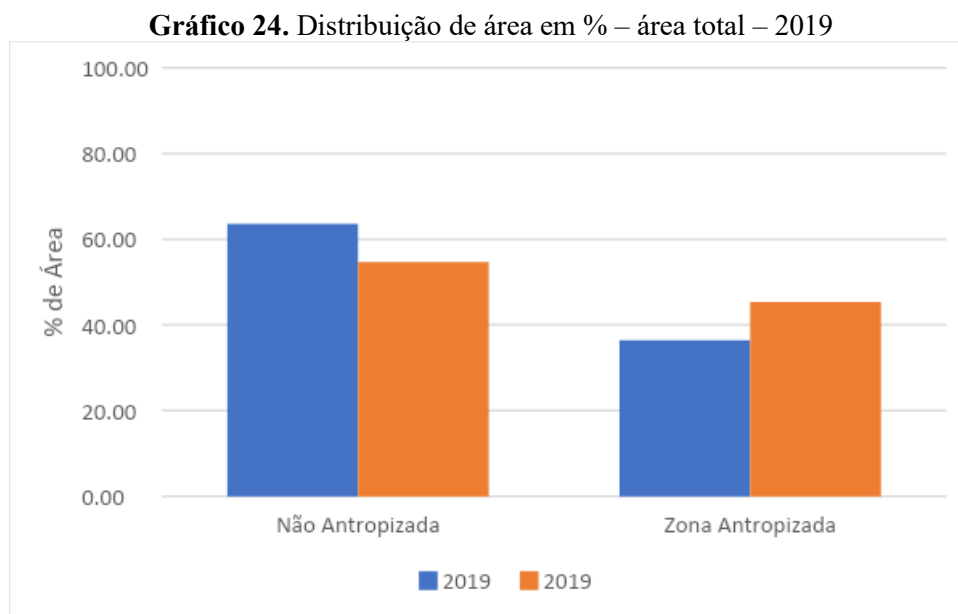
Em 2016, os percentuais das classificações representadas no Gráfico 23 se mostraram próximos: enquanto a zona antropizada do NDBI foi de 50,87%, a mesma classe, no NDVI, correspondeu a 50,33% (Gráfico 23):



Fonte: Elaboração da autora (2023).

Como visto, tais índices demonstram concordância entre as classificações aplicadas. Apesar das diferenças, elas são pouco significativas em comparação à magnitude da área total, padrão simular no tocante às áreas não antropizadas.

Diferentemente dos números apresentados acima, o Gráfico 24 demonstra que o ano de 2019 obteve maior disparidade entre os valores obtidos nas classificações, com 63,56% de área não antropizada no NDBI e apenas 54,62% em NDVI (Gráfico 24):



Fonte: Elaboração da autora (2023).

Novamente, mesmo com disparidade entre os valores obtidos, ela é relativamente menor em comparação aos anos de 2000 e 2008, o que remete a melhorias na compatibilidade dos métodos com o aperfeiçoamento dos recursos de imageamento utilizados. Houve, ainda, uma relação semelhante no comportamento dos dados obtidos via satélite, o que remete a uma elevada possibilidade de identificação do satélite adotado ou, de forma mais específica, dos sensores empregados no imageamento como principal fator de impacto na qualidade da classificação, além da proximidade de relação entre as classificações NDBI e NDVI.

Em 2000 e 2008, o percentual de zona antropizada se inseriu em uma relação inversa, pois, enquanto o NDBI indicava maior presença de vegetação, o NDVI se referia à zona antropizada. Por sua vez, 2016 e 2019 demonstraram uma relação positiva nas classificações, posto que NDBI e NDVI salientavam maiores valores da zona antropizada.

Para atestar a relação existente entre a classificação resultante e a qualidade das imagens utilizadas, é necessária outra abordagem pautada em uma análise estatística que compreenda os resultados obtidos por outros satélites com sensores semelhantes. Entretanto, ao menos com base nos dados levantados para a classificação da AOE, a mudança do satélite impactou positivamente na concordância das classificações realizadas, mesmo sem condicionar a classificação equivalente para as imagens.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise qualitativa foi realizada com o intuito de encontrar as faixas para APPs e parâmetros a serem aplicados nos mapas. Evidentemente, a cada atualização das normativas, as faixas mínimas de preservação se diminuíram e outros usos e permissões foram instituídos para favorecer a antropização de áreas que deveriam ser conservadas.

Quanto à análise qualitativa que previa a revisão das normativas, o art. 62 do CF Florestal passou a ser interpretado de maneira conjunta com outros artigos da lei, os quais não fazem referência aos reservatórios artificiais de energia elétrica propriamente ditos (Brasil, 2012).

Nessa perspectiva, reconheceu-se válida a interpretação de que áreas rurais consolidadas e inseridas na faixa da APP com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, perderiam a natureza de APP. Sem embargo de opinião contrária, enquanto as áreas antropizadas deixam de ser APPs por terem sofrido intervenções humanas, é possível reduzir a faixa de preservação permanente sob o perímetro efetivamente consolidado. Em complemento, “nas áreas de preservação permanente, é autorizada exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas consolidadas até 22 de julho de 2008”; por isso, não apresenta parâmetros para APPs no entorno dos reservatórios artificiais que, nesse caso, receberam tratamento específico no referido dispositivo legislativo (Brasil, 2012, arts. 61-A e 62).

Em uma visão mais ampla, ao consolidar a ocupação na APP do reservatório artificial, não há vedação legal, de que tais áreas sofram destinação diversa daquelas citadas acima, pois, ao perderem a natureza de APP, retornam para a esfera da propriedade privada do empreendedor; logo, devem prevalecer os princípios da CFRB acerca da propriedade privada, desde que haja o exercício pleno da função social da propriedade (Brasil, 1988).

Ao final das análises atinentes à revisão das normativas, percebeu-se que o CF anterior reconheceu as florestas e vegetações nativas como bens comuns a serem preservados, ao menos no que tange ao AOE. Porém, na atualização desse aparato legislativo em vigor, houve retrocesso no que diz respeito às faixas de preservação permanente, as quais sofreram um decréscimo (Brasil, 1965, 2012).

A condição que diminuiu a faixa de preservação permanente no CF em vigor no entorno de reservatórios artificiais, à faixa na projeção horizontal entre a cota máxima operativa normal e a máxima *maximorum*, se tornou rentável àqueles que empreenderam ilegalmente os

parcelamentos às margens de reservatórios (Brasil, 2012). A LF n. 13.465 para a regularização fundiária de ocupações urbanas, assim como da LC n. 671, que transformou o solo de rural para urbano às margens do reservatório da UHE Miranda, se inseriram em um momento propício, visto que a urbanização da região era real e os parcelamentos existentes não conseguiriam atender à faixa de 100 metros da Conama 302 (Brasil, 2017, 2002; Uberlândia, 2019b).

No tocante à análise quantitativa, os resultados encontrados corroboram que a vegetação densa diminuiu por motivos óbvios, a exemplo da diminuição das larguras das APPs, especialmente em áreas do entorno de represas artificiais na AOE. Houve períodos de acréscimos na vegetação, apesar de ter sido depredada e apresentar porte grande ou denso em uma velocidade menor que a capacidade humana de antropização.

Também se notou a eficácia e a acurácia do NDVI como ferramenta para análises ambientais. A mesma afirmação não pode ser feita com relação ao NDBI, em virtude das dificuldades em definir o intervalo para áreas sem vegetação que, nesse caso, são confundidas com áreas de solo exposto, água e asfalto, por exemplo. Estima-se que, para uma aplicação mais exata do NDBI, seria necessária a obtenção, em laboratório, da exata resposta espectral de materiais como o asfalto e as telhas de edificações.

A perda ou depredação de áreas com vigor vegetativo é uma consequência esperada, oriunda da ausência de fiscalização, da expansão urbana ou da urbanização de áreas antes legalmente protegidas – não se trata de uma realidade local, como também mundial. Não se sabe ainda como será a paisagem urbana no futuro, mas haverá desafios para a preservação do meio ambiente em virtude do adensamento. É extensa a lista de literaturas que trataram nas últimas décadas a respeito da antropização de APPs e seus impactos, assim como do custo econômico e social de cidades espraiadas ou da criação de vazios urbanos que contrariam objetivos de sustentabilidade.

Mesmo com o embasamento legal da nova visão da administração pública para transformar os loteamentos a serem regularizados na zona rural em ZUEs, tal situação pode se tornar uma “colcha de retalhos”. Isso poderá ocorrer em virtude da obtenção de soluções, a médio ou a longo prazo, acerca da logística e do deslocamento, assim como de questões sociais e equipamentos urbanos.

A disseminação de loteamentos clandestinos na zona rural evidenciava a ausência da fiscalização, algo teoricamente resolvido com a criação de ZUEs em uma realidade que era de domínio público. Então, questiona-se: se não havia fiscalização urbana, haverá tal verificação ambiental nas áreas urbanizadas?

Sob a lógica da urbanização de terras rurais, pode-se ampliar a segregação e a exclusão social, haja vista que a região da Represa de Miranda possui construções de alto padrão desde a criação da MZTL. De fato, a criação de zonas urbanizadas no município antes mesmo de uma legislação específica necessária, como os planos diretores de transportes e paisagístico e o plano de mobilidade urbana, produz normativas desconectas e com brechas que permitem a expansão urbana irregular quando a função legislativa e da gestão urbana é prever riscos e planejar o ordenamento territorial. Zonas rurais transformadas em urbanas, mas que continuam a possuir características de áreas rurais, talvez carreguem infraestruturas que exigirão investimentos para se adequarem aos adensamentos futuros.

Por um lado, a criação da ZUE 5 por tabela valorizou as terras entre a região da Represa de Miranda e o distrito-sede, zona urbana de Uberlândia (MG), o que criou um grande vazio urbano. Por outro lado, a forma como se dará sua ocupação é uma “página em branco” passível de intervenções e regulamentações que possibilitem alcançar ideais de sustentabilidade impressos nos traçados e na forma como os espaços públicos e a biodiversidade da flora e da fauna podem ser adequadamente tratados.

O planejamento urbano e ambiental demanda ajustes espaciais e ambientais frequentes. Quando o poder público se ausenta do papel de regulação do solo e o relega aos projetistas particulares contratados pelos proprietários de terras com vistas ao parcelamento, aspectos como patrimônio ambiental, hierarquia de vias, insolação de espaços urbanos e baixa densidade de bairros impactam na vitalidade de áreas e são negligenciados, principalmente, quando o padrão do loteamento não é para a população de baixa e média renda, e tal situação fica mais preocupante quando não há fiscalização e monitoramento.

Destarte, não é possível inserir estratégias de desenvolvimento ou geração de empregos acima do equilíbrio do meio ambiente natural, dado que esse tipo de ação cria um modo de regulação do solo urbano que começa a sofrer pressões competitivas. Nesse caso, as políticas sociais são substituídas por um discurso desenvolvimentista ou progressista de geração de renda, o que incide sobremaneira na vida das pessoas a médio e longo prazos.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Desregulamentação, contradições espaciais e sustentabilidade urbana.

Revista Paranaense de Desenvolvimento, Curitiba, n. 107, p. 25-38, jul./dez. 2004.

Disponível em: <https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/100>. Acesso em: 11 nov. 2023.

ALMEIDA, T. de; MENESES, P. R. (org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB; CNPq, 2011.

BERNARDES, L.; BOSCOLI, M. A. B. Estratégias de urbanismo sustentável para loteamento urbano. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 1, 2015. **Anais eletrônicos** [...]. Presidente Prudente: 2015, p. 245-252.

DOI:<https://10.5747/ch.2015.v12.nesp.000621>. Disponível

em:<https://www.unoeste.br/site/enepe/2015/suplementos/area/Humanarum/Arquitetura%20e%20Urbanismo/ESTRAT%C3%89GIAS%20DE%20URBANISMO%20SUSTENT%C3%81VEL%20PARA%20LOTEAMENTO%20URBANO%201.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação

Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 mar. 2002. Disponível em:

<https://www.ipplap.com.br/docs/resolucaoconama302.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2021

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo

impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 mar. 2006. Disponível em:

https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2006_Res_CONAMA_369.pdf. Acesso em: 11 nov. 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 16 fev. 2021.

BRASIL. Decreto n. 9.310, de 15 de março de 2018. Institui as normas gerais e os

procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. **Diário Oficial da União**: seção 1,

Brasília, DF, 16 mar. 2018. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2018/decreto/d9310.htm. Acesso em: 12 nov. 2023.

BRASIL. Lei Federal n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal.

Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 16 set. 1965. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso em: 11 nov. 2023.

BRASIL. Lei Federal n. 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.

Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 16 abr. 2021.

BRASIL. Lei Federal n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 16 abr. 2021.

BRASIL. Lei Federal n. 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei n. 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 18 out. 2012b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/112727.htm. Acesso em: 11 nov. 2023.

BRASIL. Lei Federal n. 13.465, de 11 de julho de 2017. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal; institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União; altera as Leis n. 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, 13.001, de 20 de junho de 2014, 11.952, de 25 de junho de 2009, 13.340, de 28 de setembro de 2016, 8.666, de 21 de junho de 1993, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 12.512, de 14 de outubro de 2011, 10.406, de 10 de janeiro de 2002 (Código Civil), 13.105, de 16 de março de 2015 (Código de Processo Civil), 11.977, de 7 de julho de 2009, 9.514, de 20 de novembro de 1997, 11.124, de 16 de junho de 2005, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 10.257, de 10 de julho de 2001, 12.651, de 25 de maio de 2012, 13.240, de 30 de dezembro de 2015, 9.636, de 15 de maio de 1998, 8.036, de 11 de maio de 1990, 13.139, de 26 de junho de 2015, 11.483, de 31 de maio de 2007, e 12.712, de 30 de agosto de 2012, a Medida Provisória n. 2.220, de 4 de setembro de 2001, e os Decretos-Leis n. 2.398, de 21 de dezembro de 1987, 1.876, de 15 de julho de 1981, 9.760, de 5 de setembro de 1946, e 3.365, de 21 de junho de 1941; revoga dispositivos da Lei Complementar n. 76, de 6 de julho de 1993, e da Lei n. 13.347, de 10 de outubro de 2016; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 8 set. 2017. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2017/lei/113465.htm. Acesso em: 16 abr. 2021.

CAMPOS, P. A. A dinâmica imobiliária: elementos para o entendimento da espacialidade urbana. **Cadernos IPPUR**, Rio de Janeiro, v. 3, n. esp., p. 47-70, 1989. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/ippur/issue/download/262/69>. Acesso em: 11 nov. 2023.

CAPRA, F. **A teia da vida**: uma nova compreensão da vida dos sistemas vivos. 1. ed. São Paulo: Cultrix, 2012. *E-book*. Disponível em: <http://www.comunita.com.br/assets/teiadavidafritjofcapra.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2021.

CARLOS, A. F. A. **A cidade**. São Paulo: Contexto, 2003.

CARRIJO, B. R. Cartografia geomorfológica com base em níveis de dissecação do relevo no médio curso do Rio Araguari – MG. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 4, n. 10, p. 41-59, set. 2003. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG41015316>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15316>. Acesso em: 11 nov. 2023.

CAVALHEIRO, F.; ANDRADE, L. S. L. de A.; CARDOSO, M. A. Ecologia urbana: o planejamento e o ambiente alterado das cidades. **Revista do Servidor Público**, Brasília, ano 40, v. 111, n. 4, p. 109-112, out. 1983. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/3735>. Acesso em: 11 nov. 2023.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI. **A Bacia**. Araguari: CBH, 2023. Disponível em: <https://www.cbharaguari.org.br/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

CORDOBA-HERNANDEZ, R. (2021). La vulnerabilidad ecosistémica según el planeamiento de la protección del suelo de la comunidad de Madrid. **Urbano**, 24(43), 18-29. DOI: <https://doi.org/10.22320/07183607.2021.24.43.02>. Disponível em: https://oa.upm.es/68966/1/2021e_Vulnerabilidad_Urbano.pdf. Acesso em: 11 nov. 2023.

COSTA, B. S. GABRICH, L. M. S. A área rural consolidada e a anistia aos danos ambientais no Código Florestal Brasileiro: retrocesso legitimado pelo STF. **Revista Direito em Debate**, 27 (50), 102-114. DOI: <https://doi.org/10.21527/2176-6622.2018.50.102-114>. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/revistadireitoemdebate/article/view/8145>. Acesso em: 11 nov. 2023.

FARR, D. **Urbanismo sustentável**: desenho urbano com a natureza. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FEHR, M., & BORGES, A. A. S. (2010) A formação de um lago artificial: impactos ambientais e perspectivas de mitigação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 3 (2), 70-77, 2010. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v3i2.232628>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/232628>. Acesso em: 11 nov. 2023.

FERNANDES, E. Preservação ambiental ou moradia? Um falso conflito. *In*: ALFONSIN, B.; FERNANDES, E. (org.). **Direito Urbanístico**: estudos brasileiros e internacionais. Belo Horizonte: Del Rey, p. 356-358, 2006.

FLAUZINO, F. S. **Qualidade da água e dos sedimentos nos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda – MG**. 2014. 147 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15995>. Acesso em: 11 nov. 2023.

FLORIANI, D. **Diálogos interdisciplinares para uma agenda socioambiental**: breve inventário de debate sobre ciência, sociedade e natureza. *In*: Desenvolvimento e Meio Ambiente, Paraná: UFPR, n.1, p. 21-39, jan/jun. 2000. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v1i0.3055>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/3055>. Acesso em: 11 nov. 2023.

FLORIANI, D. **Disciplinaridade e construção interdisciplinar do saber ambiental**. *In*: Desenvolvimento e Meio Ambiente, Paraná: UFPR, n.10, p. 33-37, jul./dez. 2004. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v10i0.3090>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/issue/view/3182>. Acesso em: 11 nov. 2023.

LEFF, E. **Racionalidade ambiental**: a reapropriação social da natureza. Trad. Luís Carlos Cabral. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LEFF. **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez, 2003.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. Tradução de Anita di Marco. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

GOLDEMBERG, J. **Energia e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Blucher, 2010. (Série Sustentabilidade, 4).

GONÇALVES, T. M. A cidade como palco da urbanidade. *In*: GONÇALVES, T. M.; SANTOS, R. dos. (org.) **Cidade e meio ambiente**: estudos interdisciplinares. Criciúma: Unesc, 2010, p. 13-17.

GONÇALVES, T. M.; SANTOS, R. dos; COLOSSI, G.; CAZNOK, J.; CAMPOS, L. A.; PEREIRA, E. B. Representação social da arborização. *In*: GONÇALVES, T. M. (org.) **Intervenções urbanas**: uma abordagem interdisciplinar pensando a arborização da cidade de Criciúma (SC). Criciúma: Unesc, 2010, p.18-21.

GONÇALVES, T. M. **Os postos de gasolina apropriados como espaço de convivência**. Criciúma: Unesc, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (INEP). **Cidades e estados**: Uberlândia. Rio de Janeiro, RJ, 2022. Portal: IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/panorama>. Acesso em: 26 out. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Quem somos**. Belo Horizonte: Igam, 2023. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. 2023.

JACOBI, P. Impactos socioambientais urbanos: do risco à busca da sustentabilidade. *In*: MENDONÇA, F. (org.) **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: UFPR, 2004, p. 169-184.

KOGA, D. **Medidas de cidades**: entre territórios de vida e territórios vividos. São Paulo: Cortez, 2011.

LEITE, C. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes**: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012.

LIMA, W. P. & ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. *In*: RODRIGUES, RR. & LEITÃO-FILHO, H.F. (ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo, Edusp e Fapesp, 2ª ed., 2004, p. 33-44.

MAGALHÃES, R. A. M. A construção da sustentabilidade urbana: obstáculos e perspectivas. *In: ENCONTRO DA ANPPAS*, 3, 2006. **Anais eletrônicos** [...]. Brasília: 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/LfGQfchDwRFNhDqqjd5hxzS/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 11 fev. 2024.

MAPBIOMAS (MAPBIOMASBRASIL). **Brasil perdeu área de vegetação nativa equivalente a 10% do território nacional entre 1985 a 2019**. [s.l.], 2020. Portal: MAPBIOMAS. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2020/08/28/o-brasil-perdeu-area-de-vegetacao-nativa-equivalente-a-10-do-territorio-nacional-entre-1985-e-2019/>. Acesso em: 13 out. 2023.

MAPBIOMAS. **Desmatamento nos biomas do Brasil cresceu 22,3% em 2022**. [s.l.], 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/06/12/desmatamento-nos-biomas-do-brasil-cresceu-223-em-2022>. Acesso em: 13 out. 2023.

MARICATO, E. **Metrópole na periferia do capitalismo: ilegalidade, desigualdade e violência**. São Paulo: Hucitec, 1996.

MARICATO, E. **Brasil, cidades alternativas para a crise urbana**. Petrópolis: Vozes, 2001.

MENEZES, P. M. L.; FERNANDES, M. D. C. **Roteiro de cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas. *In: SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO DE ECOSSISTEMAS DEGRADADOS COM ESPÉCIES NATIVAS*, 1, 2000, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: EDUSP, 2000.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa Copam n. 217, de 6 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário Oficial de Minas Gerais**, Belo Horizonte, 8 dez. 2017. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>. Acesso em: 12 nov. 2023.

MORANDI, D. T.; MENEZES, E. S.; FRANÇA, L. C. de J.; MUCIDA, D. P.; SILVEIRA, L. P. da; SILVA, M. D. da. Diagnóstico da antropização em Área de Preservação Permanente em segmento do Rio Jequitinhonha (MG). **Biofix Scientific Journal**, Curitiba, v. 3, n., p. 252-259, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5380/biofix.v3i2.60177>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/60177>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R. dos; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F. de; SANTOS, G. M. A. D. A. dos; EUGENIO, F. C. Confronto do uso e ocupação da terra em APPs no município de Muqui, ES. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, n. 22, v.2, p. 141-152, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.019012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/pfFhggLhCBkqV3KXKss69vq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2023.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Importante aliada, as florestas tropicais em recuperação compensam 26% das emissões de carbono causadas pelo desmatamento das próprias florestas tropicais. São Paulo: Observatório do Clima, 2023. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/importante-aliada/>. Acesso em: 19 abr. 2023.

OLIVEIRA, C. D. C. de; BORGES, L. A. C.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Land use in permanent preservation areas of Grande River (MG). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 2, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.023015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/7TDWCsTnCdKbGpVCPq8hNkS/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 30 nov. 2023.

OLIVEIRA, L. F. S. Grandes empreendimentos hidrelétricos e efeitos socioespaciais: a usina hidrelétrica de Miranda no município de Indianópolis – MG. **Geoaraguaia**, Barras do Garças, MT, v. 5, n. 1, p.70-85, jan./jul. 2015. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4913>. Acesso em: 10 nov. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **ONU-Habitat**: cidades devem liderar o caminho para um futuro mais justo, verde e saudável pós-pandemia. Brasília, DF, 2021. Portal ONU. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/123684-onu-habitat-cidades-devem-liderar-o-caminho%C2%A0para-um-futuro-mais-justo-verde-e-saud%C3%A1vel-p%C3%B3s>. Acesso em: 13 out. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **ONU-Habitat**: população mundial será 68% urbana até 2050. Brasília, DF: 2022. Portal: ONU. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-popula%C3%A7%C3%A3o-mundial-ser%C3%A1-68-urbana-at%C3%A9-2050#:~:text=As%20%C3%A1reas%20urbanas%20j%C3%A1%20abrigam,das%20Na%C3%A7%C3%B5es%20Unidas%2C%20Ant%C3%B3nio%20Guterres>. Acesso em: 13 out. 2023.

PENA, R. F. A. “**Sensoriamento Remoto**”. *Brasil Escola*, Goiânia, 2022. Portal: Brasil Escola Uol. Disponível em: <https://brasilescuela.uol.com.br/geografia/sensoriamento-remoto.htm>. Acesso em: 8 nov. 2022.

PEREIRA L. S.; SILVA, D. O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Sensoriamento remoto aplicado à agricultura de precisão no cultivo de bambu. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v.16, n. 1, p. 8-33, 2016. Disponível em: <https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/9972>. Acesso em: 11 nov. 2023.

PESSOA, M. L. **Ocupação irregular e regularização fundiária de interesse social em áreas de proteção ambiental**: o caso da Ilha Grande de Marinheiros. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/97880>. Acesso em: 30 nov. 2023.

ROLNIK, R. (coord.) **Regulação urbanística e exclusão territorial**. São Paulo: Pólis, 1999. (Publicações Pólis, 32).

ROLNIK, R. **Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças**. 1. ed. São Paulo: Bontempo, 2015.

ROMERO, M. A. B. Estratégias bioclimáticas de reabilitação ambiental adaptadas ao projeto. *In: ROMERO, M. A. B. (org.) Reabilitação ambiental sustentável arquitetônica e urbanística*. Brasília: FAU/UnB, 2009, p. 135-198.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil subsídios para planejamento ambiental**. 1. ed. Brasília: Oficina de Textos, 2006.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE*, 1, 1973, Washington. **Anais eletrônicos [...]**. Washington: Nasa, 1973, p. 309-317. Portal: NRTS NASA. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19740022614>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SÁNCHEZ, F. **A reinvenção das cidades para um mercado mundial**. Chapecó: Argos, 2003.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: EdUSP, 2006.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1996.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Plano Ambiental de Conservação e Uso do Reservatório Artificial da UHE Miranda – Pacuera 2021**. Belo Horizonte: Semad, 2022. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/component/content/article/13-informativo/5068-2022-02-25-14-03-28>. Acesso em: 26 abr. 2023.

SILVA, E. A. Transformações sócio-espaciais e a problemática ambiental no Brasil: o caso das hidrelétricas. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 23, p. 34-40, 2007. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG82315657>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15657>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SILVA, G. J. A. O urbanismo sustentável no Brasil: a revisão de conceitos urbanos para o século XXI (parte 1). **Arquitextos**, São Paulo, ano 11, n. 128.03, [n.p.], jan. 2011. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.128/3724>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SILVA, G. J. A.; ROMERO, M. A. B. **Novos paradigmas do urbanismo sustentável no Brasil: a revisão de conceitos urbanos para o século XXI**. São Paulo: Pluris, 2010.

SILVA, V. de P. da. Grandes projetos e a transformação no sentido do lugar. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 18-28, 2007. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG82115513>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15513>. Acesso em: 11 nov. 2023.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Emissões totais**. São Paulo: Observatório do Clima, 2023. Portal: Plataforma SEEG. Disponível em: https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acesso em: 13 out. 2023.

SOARES, M. P. **Verdes urbanos e rurais**: orientação para arborização de cidades e sítios campestres. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1998.

SOUZA, M. L. de. **ABC do desenvolvimento urbano**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

TAGLIARINI, F. de S. N.; RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; BARROS, A. C. de; GARCIA, Y. A.; CAMPOS, S. Índice Radiométrico NDVI em Área de Preservação Permanente obtido por meio de Aeronave Remotamente Pilotada. **Irriga**, Botucatu, v. 26, n. 3, p. 717-731, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n3p717-731>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4484>. Acesso em: 11 nov. 2023.

TEIXEIRA, A. C.; RIZZATTI, M. Geotecnologias para avaliação de conflitos ambientais da sub-bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 44, e8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X66982>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/66982>. Acesso em: 11 nov. 2023.

UBERLÂNDIA (MG). **Decreto n. 8.966, de 18 de outubro de 2002**. Regulamenta a Lei Complementar n. 278, de 10 de abril de 2002, que estabelece critérios de parcelamento do solo dos sítios de recreio localizados nas margens da Represa de Miranda. Legislação do Município de Uberlândia (MG), Uberlândia, 19 out. 2002. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/decreto/2002/897/8966/decreto-n-8966-2002-regulamenta-a-lei-complementar-n-278-de-10-de-abril-de-2002-que-estabelece-criterios-de-parcelamento-do-solo-dos-sitios-de-recreio-localizados-nas-margens-da-represa-de-miranda#:~:text=1%C2%BA%20Este%20Decreto%20regulamenta%20a,Miranda%2C%20no%20Munic%C3%ADpio%20de%20Uberl%C3%A2ndia>. Acesso em: 16 abr. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei Complementar n. 432, de 2006**. Aprova o plano diretor do município de Uberlândia, estabelece os princípios básicos e as diretrizes para sua implantação, revoga a Lei Complementar n. 78, de 27 de abril de 1994, e dá outras providências. Legislação do Município de Uberlândia (MG), Uberlândia, 20 out. 2006. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/2006/44/432/lei-complementar-n-432-2006-aprova-o-plano-diretor-do-municipio-de-uberlandia-estabelece-os-principios-basicos-e-as-diretrizes-para-sua-implantacao-revoga-a-lei-complementar-n-078-de-27-de-abril-de-1994-e-da-outras-providencias#:~:text=APROVA%20O%20PLANO%20DIRETOR%20DO,1994%20E%20%C3%81%20OUTRAS%20PROVID%C3%8ANCIA>. Acesso em: 16 abr. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei Complementar n. 523, de 7 de abril de 2011**. Dispõe sobre o parcelamento do solo do município de Uberlândia e de seus distritos e dá outras providências. Legislação do Município de Uberlândia (MG), Uberlândia, 8 abr. 2011a. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/2011/53/523/lei-complementar-n-523-2011-dispoe-sobre-o-parcelamento-do-solo-do-municipio-de-uberlandia-e-de-seus-distritos-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 16 abr. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei Complementar n. 525, de 14 de abril de 2011**. Dispõe sobre o zoneamento do uso e ocupação do solo do município de Uberlândia e revoga a Lei Complementar n. 245, de 30 de novembro de 2000, e suas alterações posteriores. Legislação do Município de Uberlândia (MG), Uberlândia, 15 abr. 2011b. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/2011/53/525/lei-complementar-n-525-2011-dispoe-sobre-o-zoneamento-do-uso-e-ocupacao-do-solo-do-municipio-de-uberlandia-e-revoga-a-lei-complementar-n-245-de-30-de-novembro-de-2000-e-suas-alteracoes-posteriores>. Acesso em: 11 nov. 2023.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei Complementar n. 670, de 2 de maio de 2019**. Dispõe sobre o Programa de Regularização de Núcleos Urbanos Irregulares – Prourbi no município de Uberlândia e seus distritos. Legislação do Município de Uberlândia (MG), Uberlândia, 3 maio 2019a. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/2019/67/670/lei-complementar-n-670-2019-dispoe-sobre-o-programa-de-regularizacao-de-nucleos-urbanos-irregulares-prourbi-no-municipio-de-uberlndia-e-seus-distritos#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20Complementar%20disp%C3%B5e,ao%20ordenamento%20territorial%20urbano%20e>. Acesso em: 16 abr. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei Complementar n. 671, de 6 de maio de 2019**. Institui e delimita a Zona de Urbanização Específica 5 – ZUE 5 – Complexo Turístico Interlagos, altera a Lei Complementar n. 525, de 14 de abril de 2011 e suas alterações, que “dispõe sobre o zoneamento do uso e ocupação do solo do município de Uberlândia e revoga a Lei Complementar n. 245, de 30 de novembro de 2000 e suas alterações posteriores”, e dá outras providências. Legislação do Município de Uberlândia (MG), 7 maio 2019b. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/2019/68/671/lei-complementar-n-671-2019-institui-e-delimita-a-zona-de-urbanizacao-especifica-5-zue-5-complexo-turistico-interlagos-altera-a-lei-complementar-n-525-de-14-de-abril-de-2011-e-suas-alteracoes-que-dispoe-sobre-o-zoneamento-do-uso-e-ocupacao-do-solo-do-municipio-de-uberlndia-e-revoga-a-lei-complementar-n-245-de-30-de-novembro-de-2000-e-suas-alteracoes-posteriores-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 16 abr. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). **Lei Ordinária n. 10.700, de 9 de março de 2011**. Dispõe sobre a política de proteção, controle e conservação do meio ambiente, revoga a Lei Complementar n. 17, de 4 de dezembro de 1991 e suas alterações, e dá outras providências. Legislação do Município de Uberlândia (MG), Uberlândia, 10 mar. 2011c. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-ordinaria/2011/1070/10700/lei-ordinaria-n-10700-2011-dispoe-sobre-a-politica-de-protecao-controle-e-conservacao-do-meio-ambiente-revoga-a-lei-complementar-n-17-de-04-de-dezembro-de-1991-e-suas-alteracoes-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 16 abr. 2021.

UBERLÂNDIA (MG). Prefeitura Municipal. **Loteamentos irregulares**. Uberlândia: PMU, 2023. Disponível em: <http://uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/loteamentos-irregulares/>. Acesso em: 8 fev. 2023.

UBERLÂNDIA (MG). Prefeitura Municipal. **Perímetros de Uberlândia (MG), do Parque do Pau Furado e da ZUE 5**. Uberlândia: PMU, 2022.

UN-HABITAT. United Nations Human Settlements Programme. **Envisaging the Future of Cities** – World Cities Report. Genève: Un-Habitat, 2022. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf. Acesso em: 27 abr. 2023.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64. jan. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wYWM8Ws6jCnzYQrVvJx3fzJ/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 11 nov. 2023.

VILLAÇA, F. **O que todo cidadão precisa saber sobre habitação**. São Paulo: Global, 1986.

VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. *In*: CZABA, D.; SCHIFFER, S. R. (org.) **O processo de urbanização no Brasil**. São Paulo: EdUSP, 2004.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping imagery. **International Journal of Remote Sensing**, [s.l.], v. 24, n. 3, p. 583-594, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160304987>. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431160304987#.U-MFePldVWY>. Acesso em: 10 dez. 2022.