

# ELABORAÇÃO DOS PERFIS DAS ÁREAS VERDES DE GOIÂNIA: ANÁLISE DO USO DO SOLO E SÍNTESE DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS

## Elaboration Of Profiles Of Green Areas In Goiânia: Analysis Of Land Use And Synthesis Of Main Characteristics Of The Areas

Maria Eduarda de Oliveira Silva<sup>1</sup>, Hugo José Ribeiro<sup>2</sup>, Kátia Alcione Koop<sup>3</sup>



### PALAVRAS CHAVE:

Áreas verdes urbanas;  
Geoprocessamento;  
Uso do solo;  
Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;  
Métricas de paisagem.

### KEYWORDS:

Urban green areas;  
Geoprocessing;  
Use of the soil;  
Normalized Difference Vegetation Index;  
Landscape metrics.

**RESUMO:** Considerando-se o crescimento populacional, se identifica o progresso quanto à ocupação civil dentro de municípios em desenvolvimento, como em Goiânia. Este fenômeno contribui para a redução da vegetação e cede espaço a edificações, tendendo a ocasionar perdas ecológicas e ecossistêmicas. Nos anos de 1985, 2002 e 2019, utilizando-se dados de plataformas de sensoriamento remoto, foi possível, por meio do *software* QGIS, caracterizar a capital de Goiás quanto à ocupação, ao uso do solo e à qualidade vegetativa pelo índice NDVI. Por meio do pacote *landscapemetrics*, aplicado ao *software* RStudio, foi possível obter os valores nos anos limites para as métricas de paisagem: CA, NP, PD, ED, SHAPE e PLAND. Através dos dados obtidos, foi possível comprovar que aproximadamente 40,92% da área do município sofreu alteração no intervalo de 34 anos, sendo a maior transformação associada ao crescimento da infraestrutura urbana e à redução da pastagem, fato que se comprova ao longo do estudo, em especial, na região de perímetro urbano.

**ABSTRACT:** Considering population growth, progress is identified in terms of civil occupation within developing municipalities, such as in Goiânia. This phenomenon contributes to the reduction of vegetation and gives space to buildings, tending to cause ecological and ecosystemic losses. In 1985, 2002 and 2019, using data from remote sensing platforms, it was possible, through QGIS software, to characterize the capital of Goiás in terms of occupation, land use and vegetative quality using the NDVI index. Through the landscape metrics package, applied to the RStudio software, it was possible to obtain the values in the limit years for the landscape metrics: CA, NP, PD, ED, SHAPE and PLAND. Through the data obtained, it was possible to prove that approximately 40.92% of the municipality's area underwent changes in the 34-year interval, with the greatest transformation being associated with the growth of urban infrastructure and the reduction of pasture, a fact that is proven throughout the study, especially in the urban perimeter region.

\* Contato com os autores:

Publicado em 22 de dezembro de 2022

<sup>1</sup> e-mail: [mariaeolvr@gmail.com](mailto:mariaeolvr@gmail.com) ( M. E. O. Silva )

Engenharia Ambiental e Sanitária, Graduanda, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, [mariaeolvr@gmail.com](mailto:mariaeolvr@gmail.com)

<sup>2</sup> e-mail: [hgribeirogeo@gmail.com](mailto:hgribeirogeo@gmail.com) ( H. J. Ribeiro )

Geoprocessamento, Doutor, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, [hgribeirogeo@gmail.com](mailto:hgribeirogeo@gmail.com)

<sup>3</sup> e-mail: [kakopp@gmail.com](mailto:kakopp@gmail.com) ( K. A. Koop )

Ciências Biológicas, Doutora, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, [kakopp@gmail.com](mailto:kakopp@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

Em meados do século XVIII, a capitania de Goiás, ainda em período de colonização, cria raízes em sua marcha à urbanização (Boaventura, 2007), e a partir de tal fenômeno, o regime de uso do solo se diversifica e ganha forma no novo ambiente ocupado. Tratando do conjunto de atividades dispostas sobre diferentes localizações e padrões de assentamento (Deák, 2001), o uso do solo em grandes cidades tende à redução da vegetação e ao aumento de áreas construídas, conduzindo a inestimáveis perdas ecossistêmicas. É dado início ao grande transcurso da mudança de paisagem.

A redução da área verde no ambiente urbano ocasiona ao biosistema diversas consequências relacionadas a perda de benefícios, como os explicitados no programa de pesquisa sobre as mudanças ambientais e suas tendências da *Millennium Ecosystem Assessment (MEA)*. Segundo MEA (2005), as áreas verdes revelam diversos serviços ecossistêmicos, sendo eles: serviços de provisão, que derivam em água, alimento, madeira etc.; serviços reguladores, que se referem ao controle do clima, enchentes, resíduos, qualidade da água e doenças; serviços culturais que permitem atividades recreacionais, esportivas, estéticas e espirituais; e serviços de suporte, pertinentes às funções base, como formação do solo, fotossíntese e ciclo de nutrientes. Todos os benefícios elencados, a seu modo, atuam na conservação de espécies, na melhoria da qualidade de vida e na manutenção ambiental de zonas urbanizadas entremeadas por áreas vegetativas.

Em alguns ambientes urbanizados, como no caso da cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás, há forte presença de Unidades de Conservação que são áreas territoriais protegidas pelo poder público, incluindo seus recursos ambientais, e possuem como objetivo a conservação de espécies, atividades de sensibilização ambiental e a preservação do ecossistema (SEMAD-GO, 2018). Por meio deste tipo de ambiente, a construção civil é impossibilitada de recobrir por inteiro os municípios, permitindo, ainda que em pequena escala, a ação dos serviços ecossistêmicos e a melhora da qualidade de vida na região.

A capital de Goiás, segundo a Agência Municipal do Meio Ambiente de Goiânia (AMMA, 2021), contém 191 áreas verdes urbanas entre parques e bosques e, segundo o jornal O Hoje (2019), foi considerada no ano de 2019 a cidade mais arborizada do Brasil, o que demonstraria uma possível preocupação municipal em conservar a flora e fauna regionais. Entretanto, segundo Moreira e Silva (2012), as características da vegetação da cidade atuam como fator de divulgação e especulação imobiliária, supervalorizando regiões e sendo uma forma midiática e política de atração para o desenvolvimento municipal. Ademais, de acordo com Nunes et al. (2020), há um déficit de 5,26%, correspondente a 38,36 km<sup>2</sup>, na delimitação de áreas declaradas como Áreas de Preservação Permanente (APPs), que veridicamente correspondem a áreas sem vegetação nativa ou restaurada e, por conseguinte, deixam de contribuir plenamente com as funções ecossistêmicas. Os mesmos autores também registraram o total de 45,36 km<sup>2</sup> de APPs conservadas no ano 2019, o que corresponde a 6,22% da área do município.

Para monitoramento das áreas verdes e registro geográfico de informações, emerge o geoprocessamento que, de acordo com Sebusiani e Bettine (2011), é a forma integrada de um conjunto de ferramentas ligadas a cartografia, ao armazenamento de dados e ao tratamento e análise de informações geográficas. Por meio dessas ferramentas, é possível gerenciar e gerar dados georreferenciados, relacionando-os a imagens de satélite. Em trabalhos que tratam de grandes áreas e diferentes períodos, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), campo de tal ramo, é um método eficaz para o alcance de resultados precisos e diagnósticos quanto ao uso e ocupação do solo, fornecendo subsídios que auxiliam na tomada de decisões e sua devida aplicação (Pollo, 2013).

Atrelado ao geoprocessamento, destaca-se o projeto MapBiomas, que contribui para o entendimento do desenvolvimento do uso do solo no Brasil e em outros países tropicais. Desde 2015 a

iniciativa opera mapeando a vegetação em diferentes coleções históricas, confeccionando mapas e provendo análises estatísticas sobre as transições de cobertura do solo brasileiro (MapBiomas, 2021). O projeto fornece resultados classificados segundo a predominância do uso do solo de determinada região, constando no banco de dados de sua 7ª coleção, 36 variações de classes. Imagens de satélite de observação da Terra, como o Landsat, também podem ser utilizadas tanto para a visualização do espaço real, quanto para estudos ambientais e monitoramento de vegetações regionais (Lourenço e Landim, 2004).

De acordo com Siqueira et al (2019), em Anápolis (GO), cidade localizada a aproximadamente 60 km da capital do estado, ocorreu de 1985 a 2015 o aumento de aproximadamente 82,4% da área urbanizada do município. Nesse período, se destacou a redução de áreas classificadas como de atividades agrícolas, formações campestres, atividades agropecuárias, reflorestamento e solo exposto. Já segundo o estudo de Oliveira (2013), que analisou dados de 1984 a 2011 na cidade de Planaltina de Goiás (GO), a área urbana cresceu apenas 53,4%, enquanto houve a redução da vegetação alterada, a elevação de áreas destinadas a agropecuária e de massas d'água, e a redução de cerca de 2,35% de vegetação natural. A alteração do uso do solo permanece tendenciosa segundo o estudo de Prado et al (2009), onde a análise de 20 municípios do sudoeste goiano permitiu observar a desenfreada ocupação de APPs e o aumento de áreas construídas. As evidências obtidas em importantes cidades que compõem o estado despertam o interesse pela análise da maior e mais densa cidade de Goiás.

Na análise proposta para este estudo, por meio de ferramentas do campo das geotecnologias, foi possível observar indicadores quanto as condições ambientais das áreas verdes urbanas de Goiânia, identificando o acréscimo ou decréscimos de vegetação, junto a análise de demais classificações de uso do solo nesse espaço, alavancando o subsídio científico de estímulos para a conservação da vegetação em área de preservação.

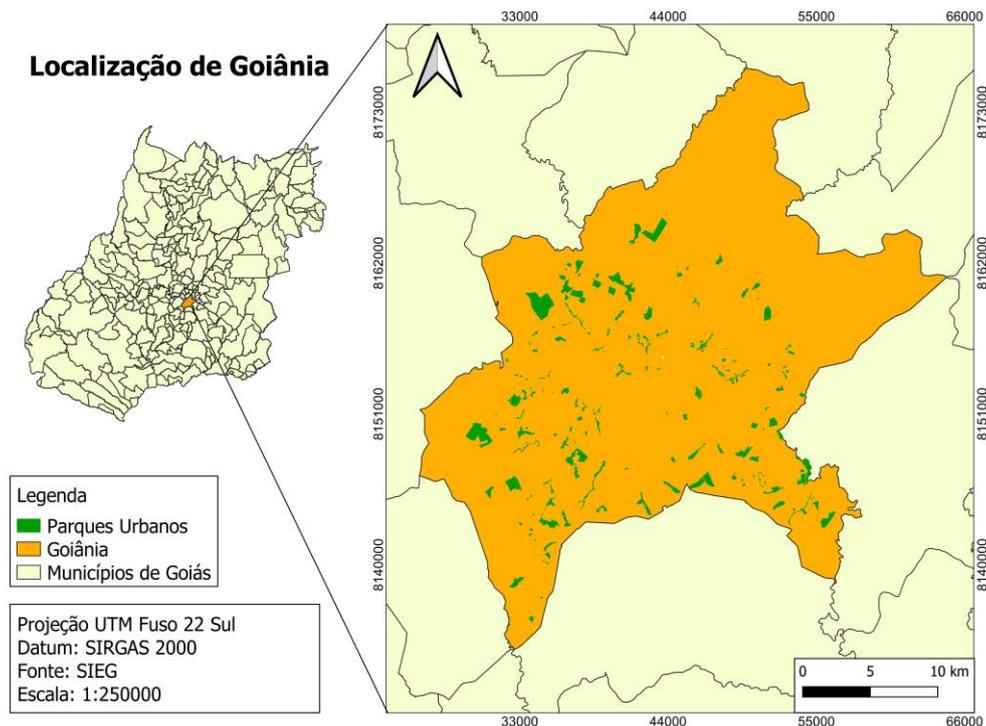
## 2. OBJETIVOS

Associado ao geoprocessamento e com enfoque nas áreas verdes urbanas, o trabalho teve por objetivo analisar o impacto da ocupação na cidade de Goiânia, por meio de métricas de paisagem, índice de vegetação e série histórica de uso e cobertura do solo.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo deste trabalho foi Goiânia, capital e mais densa cidade de Goiás. Localizada no centro do estado e a 760 metros de altitude acima do nível do mar, o município é encontrado na zona 22, hemisfério Sul segundo o Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator - UTM, nas coordenadas 684970.12 E e 8153123.86 N, representado pelo Datum SIRGAS 2000 (Cidade Brasil, 2021). A fim de padronizar os resultados da pesquisa e atender a resolução RPR 01/2005 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE que cita o Datum SIRGAS 2000 como sendo o oficial do país a partir de 2005, todas as imagens e vetores foram resprojetadas para o Datum SIRGAS 2000, Fuso 22, Hemisfério Sul.

Goiânia tem área estimada em 728,841 km<sup>2</sup>, se encontra inteiramente no bioma Cerrado, e possui, segundo a classificação de Köppen-Geiger em Aw, clima tropical com estação seca (IBGE, 2005). Como ilustrado na Figura 1, o município possui parques e bosques distribuídos em grande parte de seu território, somando no total 191 áreas verdes urbanas registradas, segundo a Agência Municipal do Meio-Ambiente – GO, e que juntas equivalem a aproximadamente 26,94 km<sup>2</sup> de área.



**FIGURA 1:** Localização de Goiânia com enfoque nos Parques Urbanos do município.

**FONTE:** Autoria Própria.

### 3.1. DIAGNÓSTICO DA COBERTURA E USO DO SOLO

A análise de uso do solo é um importante parâmetro para verificação temporal das alterações de cobertura vegetal e desenvolvimento social em um determinado município. Para que essa verificação se concretizasse, foi necessário obter as imagens de uso do solo produzidas pela plataforma MapBiomias, encontradas gratuitamente no catálogo do Google Earth Engine com resolução espacial 30x30 metros. As imagens foram adquiridas para os anos de 1985, 2002 e 2019, pelo recorte do município de Goiânia, sendo pertencentes a Coleção 5, publicada em agosto de 2020.

As imagens do projeto MAPBIOMAS são o resultado do mapeamento de uso e cobertura do solo anual a partir de imagens da missão LANDSAT entre os anos de 1985 a 2021. O processo de obtenção dessa informação envolve o uso de algoritmos de aprendizagem de máquina, como o Random Forest e computação em nuvem, por meio da plataforma Google Earth Engine. Segundo o grupo de pesquisa, o produto de uso e cobertura do solo do MAPBIOMAS tem uma acurácia de 85% para uso em escala de 1:100.000 e, atualmente encontra-se na versão 7.

Após obtidos, os arquivos do tipo raster foram exportados para o *software* QGIS, onde passaram pela etapa de reprojeção para o sistema de referência geográficas SIRGAS 2000 / UTM zona 22 Sul. Em seguida, esses arquivos foram poligonizados, se tornando vetores, que por sua vez permitiram melhor análise dos atributos do mesmo.

As imagens foram categorizadas segundo suas classes, permitindo a identificação das respectivas áreas e percentuais, para cada ano analisado. Os ajustes quanto a simbologia foram realizados, permitindo a elaboração de mapas individuais de Uso do Solo para cada ano citado.

Para observação da alteração do uso do solo entre os extremos 2019 e 1985, foi utilizada a álgebra de mapas no mesmo *software*, possibilitando a subtração entre as imagens, na ordem citada, e a elaboração de um mapa que revela a distinção entre as áreas de classe que sofreram ou não alteração no intervalo de tempo já mencionado.

### 3.2. AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA

Para cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, NDVI, foi necessária a obtenção de imagens de satélite em três diferentes anos - 1985, 2002 e 2019, e, por meio deles, se daria a evolução da cobertura vegetal do solo no município de Goiânia. As imagens foram obtidas do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), adquiridas no dia 28 de outubro de 2020 através dos satélites Landsat 5 TM, Landsat 7 TM e Landsat 8 OLI, onde TM (*Thematic Mapper*), ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) e OLI (*Operational Lander Imager*) representam o sensor do satélite utilizado.

O critério para escolha da cena mais adequada foi baseado na menor presença possível de nuvens e na proximidade entre as datas de passagem do satélite nos anos selecionados, sendo tais critérios encontrados com maior facilidade em período de seca. As cenas utilizadas para o mapeamento estão descritas na Tabela 1, sendo que as imagens para os anos de 1985 e 2019 foram obtidas no inverno enquanto a imagem de 2002 foi adquirida na estação outono. Para esta pesquisa considerou-se apenas a variação do vigor vegetativo entre os anos analisados.

TABELA 1: Informações sobre as Imagens Landsat obtidas.

Satélite	Órbita	Pontos	Datas	Resolução Espacial (m)
LANDSAT 5 TM	222	071 072	08/08/1985	30
LANDSAT 7 TM	222	071 072	27/05/2002	30
LANDSAT 8 OLI	222	071 072	22/08/2019	30

FONTE: INPE (2020).

As bandas vermelho e infravermelho próximo (IV próximo) são fundamentais para o cálculo de NDVI, e, portanto, foram as escolhidas para download, sendo elas respectivamente bandas 3 e 4 nos satélites LANDSAT 5 e 7 e bandas 4 e 5 no satélite LANDSAT 8. As imagens colhidas foram descompactadas após o descarregamento, e assim passíveis de tratamento. O programa utilizado para o processamento de dados de informação geográfica foi o *software* QGIS, e por meio dele, inicialmente, todas as imagens (raster) foram reprojatadas para a coordenada SIRGAS 2000 / UTM zona 22 Sul.

Dando início ao cálculo de NDVI, se optou por sua realização com as imagens de satélite sob correção atmosférica, para tal era preciso obter a reflectância espectral das bandas. Assim, previamente foi realizada a calibração das imagens, onde converteu-se para radiância espectral ( $L_{\lambda}$ ) os números digitais (ND) de pixel da imagem, como apresentado na Equação 1 (Markham e Baker, 1987).

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} \right) ND + L_{\min} \quad \text{Eq. [1]}$$

Em que:

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral da banda registrada no sensor ( $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ );

$L_{\max}$  e  $L_{\min}$  = Coeficientes de calibração da radiância espectral de cada banda ( $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ );

**ND** = Número digital da imagem [0,255].

Em seguida, pela Equação 2 (Allen et al, 1998), foi realizado o cálculo de distância Terra-Sol, que corresponde ao inverso do quadrado relativo da distância Terra-Sol. Para isso foi imprescindível o conhecimento da data de passagem do satélite pela órbita / ponto em questão.

$$d_r = 1 + 0,033 \cos \left( DOY \frac{2\pi}{365} \right) \quad \text{Eq. [2]}$$

Em que:

$d_r$  = Distância Terra-Sol (unidade astronômica);

**DOY** = Dia juliano do ano.

Obtidas as variáveis, se deu o cálculo da refletância espectral das bandas vermelho e infravermelho próximo. Por meio dela, apresentada na Equação 3 (Bastiaanssen, 1995), se obtêm o NDVI corrigido.

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda}}{K \cos \theta_{d_r}} \quad \text{Eq. [3]}$$

Em que:

$\rho_{\lambda}$  = Reflectância espectral da banda;

$L_{\lambda}$  = Radiância espectral da banda registrada no sensor ( $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ );

$K$  = Irradiância Espectral no topo da atmosfera ( $\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$ );

$\theta$  = Ângulo zenital solar;

$d_r$  = Distância Terra-Sol (unidade astronômica).

Por fim, o cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, elaborado por Rouse et al (1973), pode ser dado pela razão entre a diferença e a soma das reflectâncias das bandas no vermelho (V) e infravermelho próximo (IV) (Equação 4).

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad \text{Eq. [4]}$$

Em que:

$\rho_{IV}$  = Reflectância da banda no infravermelho próximo;

$\rho_V$  = Reflectância da banda no vermelho.

Os valores dos coeficientes de calibração de todos os satélites utilizados,  $L_{\text{mín}}$ ,  $L_{\text{máx}}$  e  $K$  podem ser encontrados na Tabela 2. Os dados de calibração para o satélite LANDSAT 5 TM foram adquiridos na obra de Delgado et al (2012). Os dados de calibração para o satélite LANDSAT 7 ETM+ foram obtidos por tabela do Manual SEBAL, Surface Energy Balance Algorithms for Land (Allen, 2002), e por fim, os valores de calibração para o satélite LANDSAT 8 OLI, foram disponibilizados pela USGS (2013).

**TABELA 2:** Coeficientes de calibração da radiância espectral mínima e máxima ( $L_{\text{mín}}$  e  $L_{\text{máx}}$ ) e da irradiância espectral ( $K$ ) dos satélites LANDSAT 5, LANDSAT 7 e LANDSAT 8 para as bandas no vermelho e infravermelho próximo.

Satélite	Banda	Resolução (m)	$L_{\text{mín}}$ ( $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ )	$L_{\text{máx}}$ ( $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ )	$K$ ( $\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$ )
LANDSAT 5 TM	B3 - Vermelho	30	-1,502	255,695	1557
	B4 - IV próximo		-1,763	245,695	1047
LANDSAT 7 ETM+	B3 - Vermelho	30	-5,000	152,900	1551
	B4 - IV próximo		-5,100	157,400	1044
LANDSAT 8 OLI	B4 - Vermelho	30	-49,419	598,437	15879,9
	B5 - IV próximo		-29,988	363,138	905,3

FONTE: Delgado et al (2012); Allen (2002); USGS (2013).

Elaborados os cálculos e obtidos os dados finais de NDVI para os pontos 071 e 072, de 1985, 2002, e 2019, bastou mesclar as imagens dos diferentes pontos nos mesmos anos e recortar o mapa final através da camada de máscara do município de Goiânia, obtida por meio do sítio eletrônico Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG). Por meio de ajustes na simbologia os mapas ficaram passíveis de melhor inspeção.

### 3.3. ANÁLISE DAS MÉTRICAS DE PAISAGEM

Métricas de paisagem são algoritmos com a função de quantificar as características espaciais de fragmentos isolados, seja em conjunto, ou referente ao mosaico completo de uma paisagem (Couto, 2004). No trabalho em questão, por meio do *software* RStudio, utilizando o pacote *landscapemetrics*, foi possível mensurar quantitativamente diversas métricas, das quais se selecionou as de maior relevância, sendo elas: CA, NP, PD, ED, SHAPE e PLAND.

As métricas selecionadas são descritas, segundo Barbalho et al (2015) e Barros (2018), como:

1. CA – Área da Classe: Área total de uma classe de fragmentos dentro da paisagem, expressa em hectares (ha).
2. NP – Número de Fragmentos: Corresponde ao exato número de fragmentos de determinada classe, sendo uma métrica adimensional.
3. PD – Densidade de Fragmentos: Expressa a quantidade de fragmentos por unidade de área em  $m^2$ , atuando como indicador de fragmentação. Expressa em  $10^{-2}ha^{-1}$ .
4. ED – Densidade de Borda: Relação entre o comprimento total da borda e a área do fragmento, representada em metros/hectare (m/ha).
5. SHAPE – Índice de Forma Ponderado pela Área: Métrica adimensional referente ao valor médio do índice de forma dos fragmentos da classe. Se relaciona quanto a irregularidade de uma forma.
6. PLAND – Porcentagem da Paisagem: Percentual da paisagem (%) composto pelos fragmentos de uma mesma classe.

As imagens contendo a informação de uso e cobertura do solo, usadas como entrada no algoritmo para métricas de paisagem, foram recortadas por meio de uma camada vetorial representando os limites dos parques verdes urbanos da cidade de Goiânia. Essa informação foi desenvolvida com base nos registros dos parques urbanos cadastrados pela Agência Municipal de Meio Ambiente - AMMA, que fornece uma coordenada destes locais, e a partir desta coordenada foram identificadas as feições vetoriais correspondentes no *plugin open street map* do *software* Qgis, de onde é possível extrair camadas vetoriais por meio da ferramenta OSM. Deste modo, a camada foi selecionada e reprojeta para o Datum SIRGAS 2000, Hemisfério Sul, Fuso 22.

Os mapas gerados passaram pela etapa de poligonização, e no formato *shapefile* se encontravam dispostas para uso. As métricas selecionadas puderam ser analisadas segundo cada classe de uso do solo das áreas verdes, permitindo a comparação quantitativa entre os comparativos de área, fragmento, borda e forma nos anos abordados.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. USO DO SOLO

Como já retratado, o uso e ocupação do solo é uma característica volátil, a depender do tempo, sendo diretamente relacionada às características socioculturais de um território. Como pode ser observado no Quadro 1, o uso do solo em Goiânia é bastante diversificado, apresentando 11 diferentes classes subdivididas entre os agrupamentos principais: floresta, formação natural não florestal, agropecuária e área não vegetada.

**QUADRO 1:** Área das Classes de Uso do Solo no município de Goiânia- GO nos anos de 1985, 2002 e 2019 em km<sup>2</sup>.

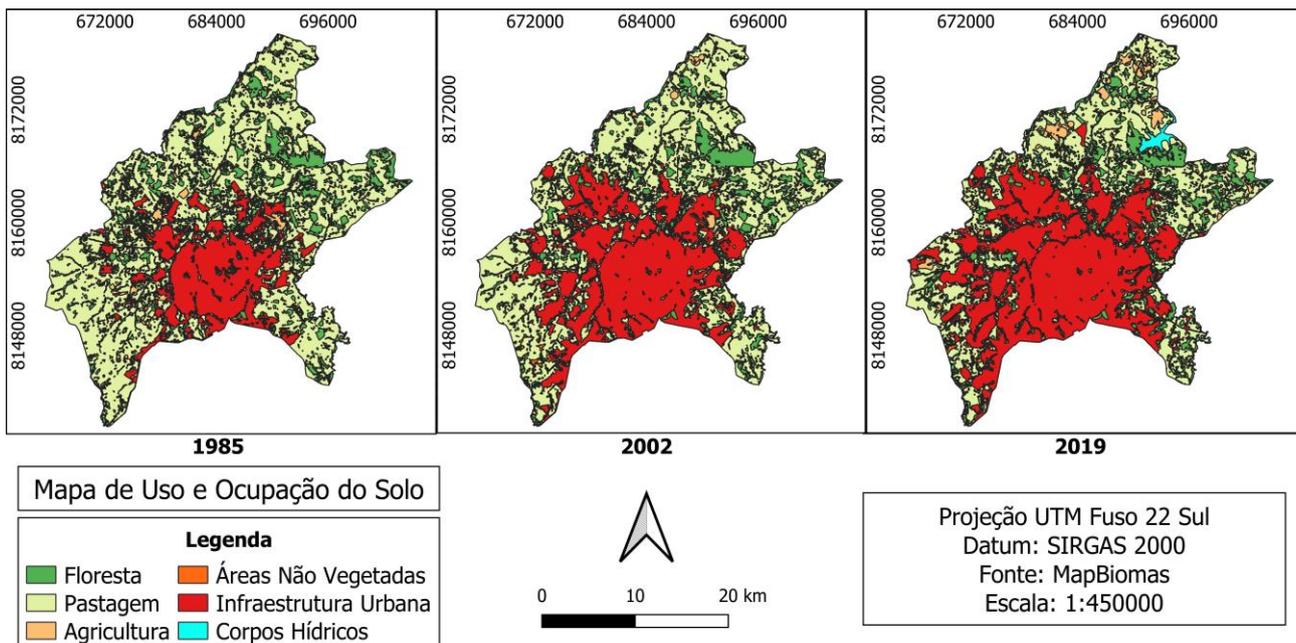
NM	Classe	1985	2002	2019
3	Formação Florestal	110.3	99.5	115.0
4	Formação Savânica	20.1	21.8	11.3
9	Floresta Plantada	0.0	0.0	0.7
12	Formação Campestre	4.3	2.4	2.4
15	Pastagem	437.1	365.8	280.2
19	Lavoura Temporária	1.6	0.0	0.0
20	Agricultura - Cana	0.0	0.0	0.1
24	Infraestrutura Urbana	128.4	229.8	289.4
25	Outras Áreas Não Vegetadas	13.3	5.5	4.1
30	Mineração	0.01	0.0	0.0
33	Corpos Hídricos	0.6	1.5	7.0
39	Agricultura - Soja	0.0	2.4	8.1
41	Outras Lavouras Temporárias	18.1	3.4	14.1
-	Total	733.9	732.2	732.2

Fonte: Autoria Própria.

Com a observação quantitativa realizada, a região apresentava, até o meio-tempo do estudo, ocupação majoritária da classe pastagem, bastante comum no Centro-Oeste devido a agropecuária e representando 59,6% de área ocupada no ano de 1985 e 49,9% em 2002. Entretanto, no ano de 2019, a classe dominante se revelou sendo a de infraestrutura urbana, destaque com 39,5% da área total do município, o que equivale a cerca de 289,4 km<sup>2</sup>. A mesma classe também apresentou crescimento de 125,5% de 1985 a 2019, aproximadamente 161,6 km<sup>2</sup>, confirmando as expectativas e seguindo a tendência ocorrida nas cidades do mesmo estado, como Anápolis e Planaltina de Goiás (Oliveira, 2013; Siqueira et al, 2019).

Enquanto isso, neste mesmo intervalo temporal, a classe que apresentou maior redução foi a pastagem, com abrupta queda de 35,9%, ou 157 km<sup>2</sup> de área, percentual bastante significativo para a área total, e que também segue um direcionamento estatístico baseado em demais municípios. Segundo Dias-Filho (2014), de 1975 à 2006 a redução de áreas de pastagem na região Centro-Oeste foi de 7,3%, correspondendo a perda de 56,8 hectares de área na região. O mesmo autor confirma a expansão das áreas agrícolas, de reflorestamento e de urbanização como os principais fatores associados a esse declínio.

Se opoendo a isso, ainda no Quadro 1, nota-se as classes de uso do solo menos preponderantes na localidade, sendo elas: floresta plantada, lavoura temporária, agricultura de cana de açúcar, mineração e agricultura de soja. Devido à especificidade dessas categorias, elas apresentam pequena participação na área da cidade, sendo apresentadas de forma ínfima e não constante entre os anos. A ocupação e uso do solo pode ser observada de forma simplificada nas imagens evolutivas da Figura 2.



**FIGURA 2:** Mapa de uso do solo do município de Goiânia referente aos anos de 1985, 2002 e 2019.

**FONTE:** MapBiomias (2020). Elaboração: Autoral.

As classes são representadas nos mapas segundo os grupamentos principais já mencionados, com exceção das categorias “infraestrutura urbana” e “corpos hídricos”, individualizadas devido sua importância para a investigação. Na sequência de imagens, além do óbvio progresso já mencionado em relação à infraestrutura urbana que atinge seu ápice em 2019, se considera a permanência de áreas classificadas como pastagem e floresta, onde nessa última pode-se destacar a classe formação florestal que, de forma condizente com os dados supracitados, apresenta suave decréscimo entre 1985 e 2002 com recuperação entre 2002 e 2019, o que representa, em um balanço geral, crescimento entre os extremos analisados.

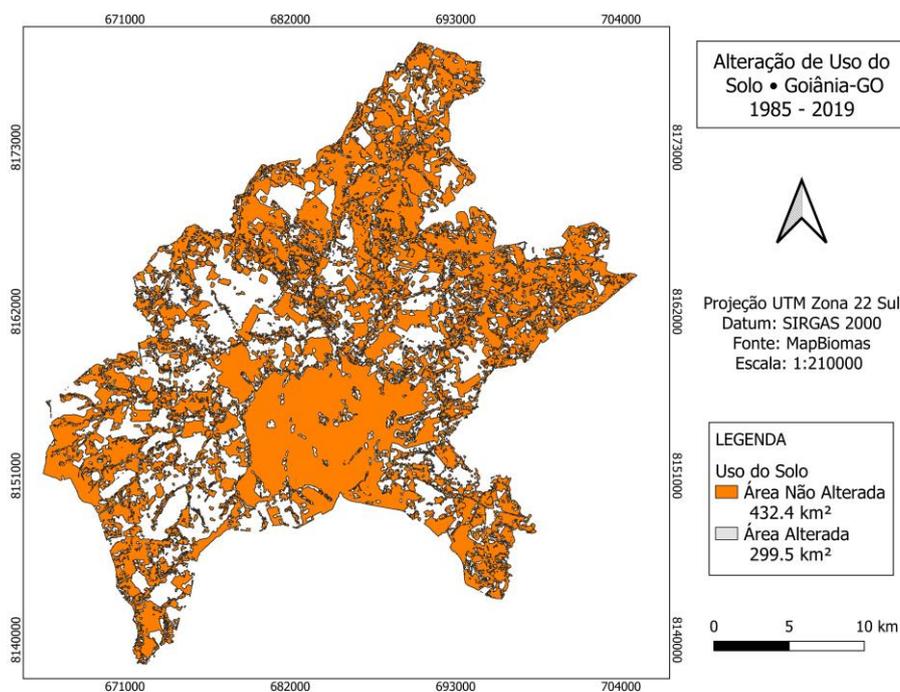
Uma explicação para este fato, deve-se à manutenção de programas (ArborizaGyn, Plante a Vida, Plano Diretor de Arborização Urbana - PDAU) com o intuito de inserir o município de Goiânia na posição das capitais mais arborizadas do país. Segundo o IBGE, Goiânia tem uma taxa de arborização de 89,3, com mais de 900 mil árvores de 382 espécies diferentes. Somente o programa Plante a Vida, criado em meados de 2005, já distribuiu cerca de 750 mil mudas na cidade, o que contribuiu de forma significativa com a manutenção da vegetação a partir dos anos 2000 (GOIÂNIA, 2008).

Segundo as análises da Figura 2, se identifica um corpo d’água evidente e relevante na imagem do ano de 2019, que por sua vez, eleva a ocupação hídrica em relação aos dois anos anteriores, e abrange no último ano, 0,944% da área total da cidade. Este dado é decorrente do importante desenvolvimento do município, e representa a barragem do Ribeirão João Leite, fornecedor de água de abastecimento para Goiânia, Trindade e Aparecida de Goiânia. De acordo com Martins (2013), tal reservatório foi inundado no ano de 2009, e somente a partir deste ano passa a ser identificado em tamanha proporção em imagens de satélite.

Apesar dos dados representados no Quadro 1, vale observar que a acurácia das classificações e seus valores podem ser comprometidos tanto devido a resolução espacial das imagens obtidas (30x30 metros), quanto pela representação anual destas, desconsiderando alterações pontuais de uso do solo e sua ocorrência em determinado período do ano, não apurado. Deste modo, como aferido pelo próprio MapBiomias, a acurácia geral do produto da Coleção 5 para o bioma Cerrado, no qual o município abordado é inserido, é de 74,8% para o Nível 3 de legenda, o mais detalhista quanto as classificações (MapBiomias, 2022).

Entretanto, como abordado nos estudos de Gonçalves e Ribeiro (2021) e Sena-Souza et al (2022), a utilização do MapBiomas como ferramenta apresenta relativa facilidade e ausência de custos, o que viabiliza seu estudo mesmo que sugerindo posteriormente análises mais aprofundadas, conseguindo expressar ainda que com as possíveis inconsistências resultados com padrões de alteração de uso do solo claros em um contexto geral de análise. Ainda, as possíveis alterações pontuais ao longo do ano representam menor significância em estudos que analisam o longo prazo.

Quanto à alteração do uso do solo, após a subtração das imagens entre os extremos 2019 e 1985, se obteve a imagem simbolizada na Figura 3.



**FIGURA 3:** Mapa de alteração do Uso do Solo do município de Goiânia entre os anos de 1985 e 2019.

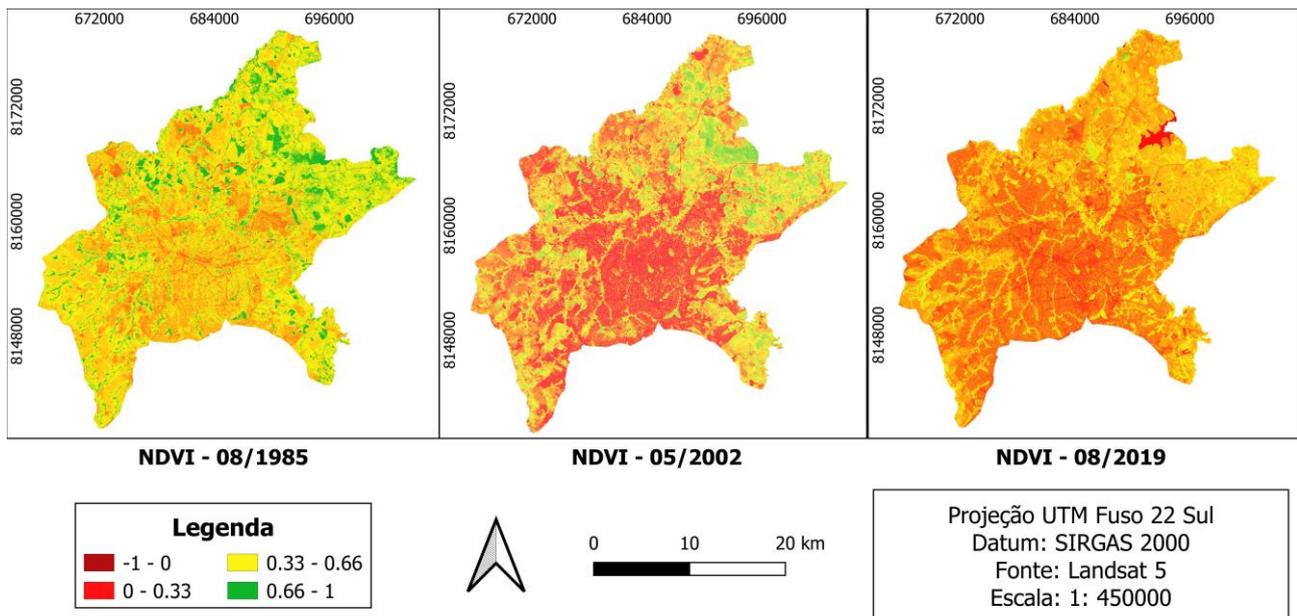
**FONTE:** MapBiomas (2020). Elaboração: Autoral.

Por sua vez, essa revela a área do município que não sofreu alterações, tornando possível identificar que de modo aproximado, 432,4 km<sup>2</sup> da ocupação de Goiânia permaneceu inalterada, não variando segundo a classe. Se contrapondo, cerca 40,92% do espaço da capital, foi modificado, sendo estes fragmentos localizados em maior densidade próximo ao entorno da infraestrutura urbana inicial do município em 1985, o que revela, juntamente com o observado Quadro 1, que a preponderância da variação das classes de uso do solo se dá pelo avanço da construção civil e o desenvolvimento urbano.

#### 4.2. ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA

O índice de vegetação por diferença normalizada é uma métrica que permite o monitoramento da cobertura vegetal de um território estipulado, segundo a qualidade da vegetação. Esse índice está relacionado a interação do espectro eletromagnético com a vegetação, e varia de -1 a 1, onde quanto mais próximo a 1 mais sadia se encontra a vegetação, e quanto menor este valor, pior a qualidade (EOS, 2019).

É possível acompanhar na Figura 4 as alterações ocorridas quanto a vegetação de Goiânia nos anos considerados, sendo possível observar visualmente o prejuízo qualitativo da vegetação nos dois últimos anos. Em 1985 a média do valor do NDVI foi aproximadamente 0,33, seguido por 0,19 em 2002 e 0,20 em 2019. Na mesma ordem os desvios padrões apresentados foram 0,11, 0,15 e 0,08. Os resultados obtidos refletem apenas as datas que foram analisadas neste estudo, para verificar o comportamento médio temporal, sugere-se construir uma série temporal com as imagens disponíveis do satélite Landsat, o que não é foco desta pesquisa.



**FIGURA 4:** Mapas de NDVI do município de Goiânia referente aos anos de 1985, 2002 e 2019.

**FONTE:** Autoria Própria.

As alterações referentes às médias obtidas podem ter sido influenciadas por diversos motivos, como a alteração do uso do solo da área, a estação climática em que as imagens foram obtidas, e até mesmo possíveis erros, tanto nas imagens de satélite quanto no método. Conforme mostrado no estudo de Bayma (2015), fatores atmosféricos como precipitação e temperatura do ar, a sazonalidade climática, parâmetros biofísicos, fenômenos geofísicos e ação antrópica influenciam na resposta fenológica da vegetação com variação do comportamento espectral.

Considerados estes fatores em relação a menor média de NDVI, em posição de destaque, se ressalta a divergência das estações do ano, já que as imagens Landsat de 1985 e 2019 foram obtidas no mês de agosto, inverno no hemisfério sul, enquanto a imagem de 2002 foi obtida em maio, estação outono, característica de baixas precipitações, temperaturas amenas e baixa humidade do ar, alterações que influenciam na queda de folhagens de algumas espécies e podem modificar a atividade vegetativa destas. Além do mais, na estação outono, segundo discutido por Ribeiro et al (2019), a reflectância do infravermelho próximo é inferior, enquanto no inverno onde a seca é mais intensa, os valores de reflectância na região espectral do vermelho são maiores, possuindo ambos os fatores carga de influência na obtenção dos resultados.

Ainda é possível verificar a constância das características relacionadas ao uso do solo. No centro da delimitação da cidade há uma tendência expressiva a baixos valores do índice de vegetação, devido a presença de infraestrutura urbana passível de observação também na Figura 2. Do mesmo modo, nas extremidades da borda da cidade, em especial na orientação norte e nordeste, é significativo os maiores valores de NDVI, considerando o afastamento da região urbanizada e a preponderância de áreas florestais, campestres, agrícolas e de pastagem, onde há maior densidade vegetativa.

Os fragmentos de recorte dos parques urbanos de Goiânia, através da comparação entre a sobreposição dos arquivos no *software* de SIG, por sua vez revelam uma alta considerável do índice NDVI nesses fragmentos, comprovando a existência e vigor da vegetação nessas áreas de preservação. Por fim, como observado nas imagens de uso e ocupação do solo, a barragem do ribeirão João Leite também é salientada na imagem de NDVI do ano de 2019, o que deve-se ao comportamento espectral da água ser distinto em relação aos demais materiais e estados físicos, contanto com baixa reflectância em

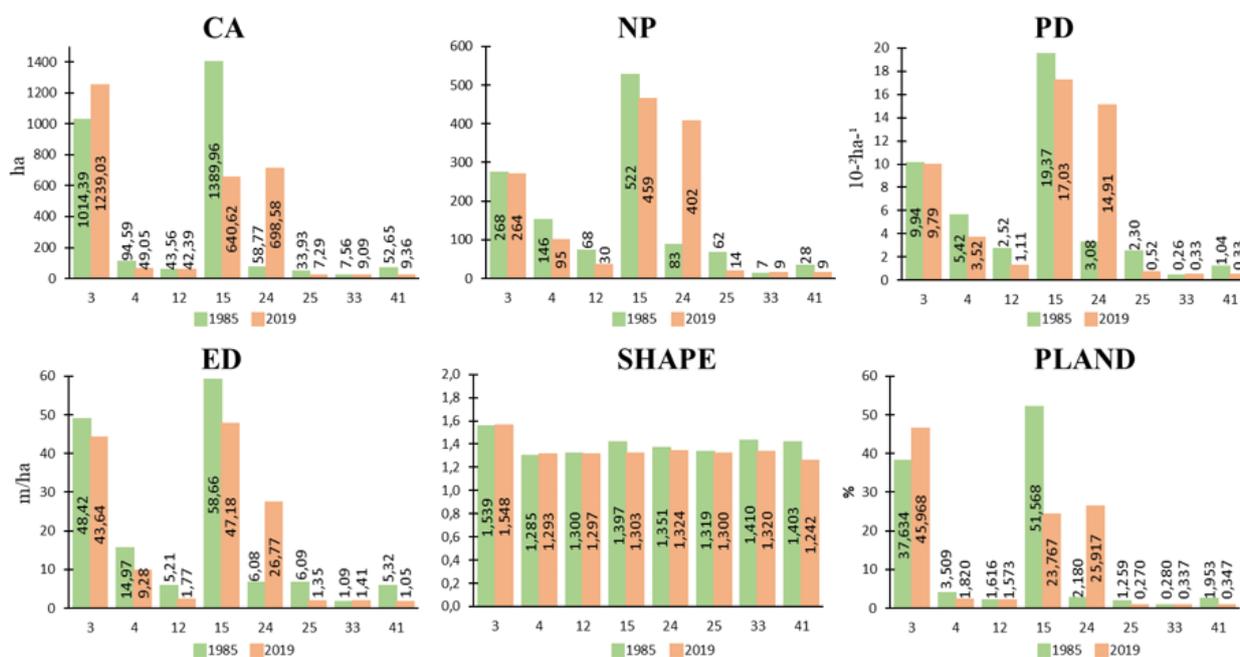
comprimentos de onda na faixa visível quando se apresenta na forma líquida, exibindo, portanto, NDVI negativo (Lissner, 2013).

Assim como na análise de uso e ocupação do solo, a resolução das imagens para todos os Landsats utilizados (30 metros para as bandas de Vermelho e Infravermelho Próximo), pode apresentar deficiência na previsão do índice NDVI, visto que alterações pontuais na ocupação do solo não são consideradas. Entretanto, apesar dos fatores que venham a influenciar no resultado do índice, demais autores já provaram em estudos similares (Aquino et al, 2012; Martinho et al, 2012) que a qualidade dos resultados obtidos com base nas imagens provenientes de satélites Landsat é satisfatória quanto ao comportamento da vegetação.

### 4.3. METRICAS DE PAISAGEM

As métricas de paisagem, assim como os métodos passados, também são importantes indicadores das condições ambientais de determinada região, em especial, em relação aos estudos de ecologia da paisagem. Nos fragmentos utilizados para investigação, que dizem respeito aos recortes de parques urbanos da capital de Goiás, é possível observar de modo característico, a influência do parâmetro métricas e sua evolução a depender das classes de uso do solo, extraídas a partir do produto MAPBIOMAS com resolução espacial de 30m. Sendo assim, entende-se que a menor porção detectável é a área do pixel que equivale a 900m<sup>2</sup>. As métricas adotadas e seus respectivos resultados são dispostos na Figura 5.

As métricas foram comparadas dentro do intervalo de 34 anos, tempo suficiente para uma boa análise de transformação da paisagem. Na Figura 5 estão presentes as métricas de área (CA e PLAND), métricas de fragmentos (NP e PD), métrica de borda (ED) e métrica de forma (SHAPE), onde se realçam as classes de uso do solo: Formação Florestal (3), Pastagem (15) e Infraestrutura Urbana (24), que mostram abrangência majoritária na área dos parques verdes urbanos.



**FIGURA 5:** Evolução de algumas métricas de paisagem no período entre 1985 e 2019. (Legenda: 3 - Formação Florestal; 4 - Formação Savânica; 12 - Formação Campestre; 15 - Pastagem; 24 – Infraestrutura Urbana; 25 - Outras Áreas não Vegetadas; 33 - Corpos Hídricos; 41 - Outras Lavouras Temporárias. Fonte: MapBiomas).

**FONTE:** Autoria Própria.

A métrica área da classe (CA) é uma das mais comumente utilizadas para estudo, e quanto maior seu valor, maior o benefício para a conservação, já que corresponde a maior cobertura da paisagem pela classe abordada (Calegari, 2010). Neste caso, as classes mais abundantes são formação florestal e pastagem, sendo no ano de 2019 observada a redução da pastagem em 53,91% e a elevação da formação florestal em 22,15% em relação ao ano inicial, apresentando também o aumento de ocupação de infraestrutura urbana em 1088,67% em comparação com 1985. As demais classes não apresentaram variações tão discrepantes. Alterações semelhantes também ocorreram nas métricas de fragmentos, Número de Fragmentos (NP) e Densidade de fragmento (PD), ambas importantes para averiguação da fragmentação de uma área. A primeira avaliando o número de fragmentos e a segunda as suas densidades, revelando que quanto maior e mais densa, maior a probabilidade de uma área se tornar propícia a biodiversidade e à riqueza ambiental. Relacionadas, elas apresentam as mesmas características, com crescimento significativo apenas no ramo infraestrutura urbana e, em menor proporção, corpos hídricos, revelando a primeira métrica, a adesão do urbanismo dentro dos parques urbanos. Todos os demais gêneros de cobertura apresentaram redução no número de fragmentos, reagindo a elevação da classe 24.

A Densidade de Borda (ED) é relacionada ao comprimento e área de uma paisagem, e seu valor alto implica em maior efeito de borda, maléfica a biodiversidade local que se torna mais exposta. No caso das áreas analisadas, é identificado maior densidade nos fragmentos comuns já citados, 3, 15 e 24, onde os dois primeiros apresentaram queda no ano final, e a infraestrutura urbana reafirma seu crescimento em 20,69 m/ha.

No caso do SHAPE, Índice de Forma Ponderado pela Área, é a única métrica de forma abordada, indicando fragmentos de forma mais simplificados, onde menores valores favorecem à conservação. Na Figura 5, é o gráfico com menor alteração, crescendo 0,009, 0,094 e 0,027, nas classes 3, 15 e 24 respectivamente. A maior variação se deu no tipo 41, com queda de 0,161 em relação ao ano anterior, equivalendo a fragmentação e redução de áreas de lavouras.

Por fim, na métrica PLAND, ou porcentagem da paisagem, pode-se quantificar a abundância de cada fragmento dentro de uma paisagem, onde quando mais próximo de zero, mais raro é o fragmento (Rocha, 2011). No caso deste estudo, as classes mais presentes em 2019 foram a pastagem e a formação florestal, sendo que a primeira reduziu 53,91% e a segunda aumentou 22,14% em relação a 1985. Também, destaca-se o crescimento, mais uma vez citado, da classe de infraestrutura urbana, reafirmando a abrangência de fragmentos da classe em áreas verdes. Já as classes mais raras, estatisticamente são: Formação Savânica; Formação Campestre; Outras Áreas não Vegetadas, Corpos Hídricos e Outras Lavouras Temporárias.

## 5. CONCLUSÕES

Ao longo de sua história, Goiânia passou por diversas alterações relacionadas a sua ocupação e o processo de adensamento demográfico tomou forma em diversos âmbitos característicos ao uso do solo da capital de Goiás, uma das mais urbanizadas cidades do país. Com efeito, consequências diversas tendem a ocorrer, sejam elas de cunho social, econômico ou ambiental, onde destaca-se os prejuízos atrelados da invasão urbana aos remanescentes florestais ainda cultivados no município, as áreas verdes urbanas.

A realização do estudo de uso do solo permitiu comprovar que, de modo geral, ocorreram diversas alterações na rotatividade ocupacional dentro do município. No caso, se esclareceu que 40,92% do espaço da capital foi modificado entre os extremos do intervalo de estudo (1985 e 2019), com destaque na alteração da região de entorno nos limites do perímetro urbano, e da conservação das bordas afastadas. Verificou-se que a maior alteração entre 1985 e 2019 foi dada ao aumento da classe de infraestrutura

urbana em 125,48%, como esperado, enquanto a maior queda foi referente as de áreas de pastagem, com 35,91% de declínio.

Analisando o índice de vegetação normalizada (NDVI), se identificou a notável piora da qualidade da vegetação nos dois últimos anos de estudo (2002 e 2019), que apresentaram menores médias de NDVI, sendo 0,194 e 0,202 respectivamente. O valor inferior obtido para 2002 não era esperado, induzindo que a variação da estação do ano na captura da imagem de satélite base esteja diretamente ligada ao dado em questão. Assim como observado na ocupação do solo, o NDVI apresenta valor consideravelmente baixo nas regiões urbanizadas, localizadas no centro do mapa, com a observação de pontos de melhor qualidade nos locais onde se situam as áreas verdes urbanas, corroborando com a presença de vegetação nesses locais.

Fazendo uma observação geral das métricas, é possível concluir a presença de características que influenciam negativamente na conservação da biodiversidade, como a ascensão da fragmentação e maiores efeitos de borda relacionados à invasão urbana nas áreas verdes, induzindo possivelmente na redução dos serviços ecossistêmicos que esses parques e bosques urbanos prestariam ao ecossistema.

Assim, por meio da associação entre os métodos utilizados, é possível ratificar o crescimento das áreas de infraestrutura urbana adentro das áreas verdes, juntamente ao surpreendente aumento da classe de formação florestal e redução da classe de pastagem. Tais comprovações revelam a alteração que as áreas regulamentadas pela AMMA sofreram no decorrer de 34 anos, contribuindo para a análise das características dessas áreas e abrindo brecha para demais estudos relacionados às características dos parques e bosques da capital de Goiás.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56.

ALLEN, R.; TASSUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL Surface Energy Balance Algorithm for Land – Advanced Training and Users Manual**. Idaho Implementation, version 1.0, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1579385>.

AMMA – Agência Municipal do Meio Ambiente. **Parques e Bosques**. Disponível em: <https://www.goiania.go.gov.br/shtml/amma/parquesebosques.shtml>. Acesso em: 4 jan. 2021.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. **Estudo da dinâmica do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no núcleo de São Raimundo Nonato-PI**. Revista Espaço e Tempo, v.31, p.157-168, 2012. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2012.74261>

BARBALHO, M. G. S, SILVA, S.; DELLA GIUSTINA, C. C. **Avaliação temporal do perfil da vegetação da microrregião de Ceres através do uso de métricas de paisagem**. Boletim Goiano de Geografia, v. 35, n. 3, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v35i3.38837>.

BARROS, M. P. **Métricas da paisagem como ferramenta de avaliação dos efeitos da urbanização na estrutura da paisagem: o caso de Cuiabá, Brasil**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, n. 4, p. 411-432, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e42018411-432>.

BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University. The Netherlands, p. 288.

BAYMA, A. P.; SANO, E. E. **Séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor MODIS para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 21, n. 4, p. 797-813, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702015000400047>.

BOAVENTURA, D. M. R. **Urbanização em Goiás no século XVIII**. 2007. Tese (Doutorado em História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. DOI: [10.11606/T.16.2007.tde-13052010-090028](https://doi.org/10.11606/T.16.2007.tde-13052010-090028). Acesso em: 6 jan. 2021.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA E.; BUSUATO L. C. **Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandá, MG, para fins de restauração florestal.** Revista *Árvore*, v.34, n.5, p.871-880, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500012>.

CIDADE BRASIL. **Goiânia - Informações sobre o município e a prefeitura.** Cidade-brasil.com.br. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-goiania.html>. Acesso em: 30 mar. 2021.

COUTO, P. **Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS.** Inv. Op., Lisboa, v. 24, n. 1, p. 109-137, jun. 2004. Disponível em: [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0874-51612004000100007&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0874-51612004000100007&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 21 abr. 2021.

DEÁK, C. **À busca das categorias da produção do espaço- Cap. 5: Localização e espaço: valor de uso e valor.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001. Disponível em: [https://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c\\_deak/CD/3publ/01LD-categ/MC-categ-esp.pdf](https://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c_deak/CD/3publ/01LD-categ/MC-categ-esp.pdf). Acesso em: 4 jan. 2021.

DELGADO, R. C.; SEDIYAMA, G. C. COSTA, M. H.; SOARES, V. P.; ANDRADE, R. G. **Classificação espectral de área plantada com a cultura da cana-de-açúcar por meio da árvore de decisão.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 32, n. 2, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000200017>.

DIAS-FILHO, M.B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36p. Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402.

EOS – **EARTH OBSERVING SYSTEM.** NDVI FAQ: All you need to know about NDVI. Artigo de 30 ago. 2019. Disponível em: <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>. Acesso em: 13 mai. 2021.

GOIÂNIA. Agência Municipal de Meio Ambiente. Plano diretor de arborização urbana de Goiânia. Goiânia, 2008. 134 p.

GONÇALVES, V.; RIBEIRO, E. Obtenção de série histórica da evolução da classe Floresta Plantada a partir dos dados de uso e cobertura do solo da Coleção 5 do projeto MapBiomias. **Metodologias e Aprendizado**, v. 4, p. 99-105, 2021.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** R. PR – 1/2005, Resolução do Presidente do IBGE N° 1/2005 - Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Disponível em: [http://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/nota\\_tecnica\\_termino\\_periodo\\_transicao\\_sirgas2000.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/nota_tecnica_termino_periodo_transicao_sirgas2000.pdf). Acesso em: 21 de out. 2022.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. **Estudo da variabilidade do "índice de vegetação por diferença normalizada/NDVI" utilizando krigagem indicativa.** Holos environment, v. 4, n. 1, p. 38-55, 2004. <https://doi.org/10.14295/holos.v4i1.398>.

LISSNER, J. B.; GUASSELLI, L. A. **Variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na lagoa Itapeva, litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil, a partir de análise de séries temporais.** Sociedade & Natureza. UFU. Online, v. 25, p. 427-440, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v25n2/a16v25n2.pdf>. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000200016>. Acesso em: 16 abr. 2021.

MapBiomias Brasil | **O projeto.** Mapbiomas.org. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 12 jan. 2021.

MapBiomias Brasi. **Estatística de Acurácia.** Mapbiomas.org. Disponível em: <https://mapbiomas.org/accuracy-statistics>. Acesso em: 22 out. 2022.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. **Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances.** International Journal of Remote Sensing, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431168708948658>.

MARTINHO, P. R. R.; HOLLER, W. A.; SANTOS, B. D. O.; SPADOTTO, C. A.; TRAJANO, S. D. S.; DALTI, J.; FOIS, N. S. **Metodologia de monitoramento de cobertura vegetal: estudo de caso: Município de Goiânia, GO.** Campinas: Embrapa, 2012.

MARTINS, M. A. N.; SILVA, M. A. **A construção da barragem João Leite e os reflexos nas áreas de abrangência do reservatório.** IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2013, Salvador. Anais. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador, 2013

MEA – Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being.** Washington: Island Press, 2005. Disponível em: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2021.

MOREIRA, J. F. R.; SILVA, C. A. **Paisagem urbana e áreas verdes: contexto dos parques urbanos de Goiânia.** Boletim Goiano de Geografia, p. 239-254, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v32i2.21090>.

NUNES, F. G.; DE SOUZA, J. R. B.; SANTOS, A. M. **Análise da configuração espacial das áreas verdes urbanas e dos corredores ecológicos no município de Goiânia - GO.** Revista GeoNordeste, n. 1, p. 168-187, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33360/RGN.2318-2695.2020.i1.p.168-187>.

OLIVEIRA, E. S. **Estudo preliminar sobre a evolução do uso e ocupação do solo no município de Planaltina de Goiás.** Revista Geotemas, Pau dos Ferros, v. 3, n. 1, p. 111-123, jan./jun. 2013. Disponível em: <http://periodicos.uern.br/index.php/geotemas/article/view/483/362>. DOI: <https://doi.org/10.33237/geotemas.v3i1.483>. Acesso em: 26 jun. 2021.

PRADO, R. B.; FERREIRA, C. E. G.; BENITES, V. M.; NAUMOV, A. **Mapeamento e descrição do padrão de uso e cobertura da terra em municípios do Sudoeste Goiano a partir de imagens orbitais TM/Landsat-5.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, n. 148, 2009. 44 p. Disponível em: [http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/bpd148\\_2009\\_mapeamento\\_sudoeste\\_goiano.pdf](http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/bpd148_2009_mapeamento_sudoeste_goiano.pdf). Acesso em: 18 abr. 2021.

POLLO, R. A. **Diagnóstico do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso no município de São Manuel (SP), por meio de geotecnologias.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

Redação O Hoje. **Goiânia é a cidade mais arborizada do Brasil.** Ohoje.com, 2019. Disponível em: <http://ohoje.com/noticia/cidades/n/164752/t/goiania-e-a-cidade-mais-arborizada-do-brasil>. Acesso em: 4 Jan. 2021.

RIBEIRO, R. C.; DE OLIVEIRA, F. G.; DOS ANJOS, C. S. **Análise da resposta espectral da vegetação nativa do bioma do cerrado nas diferentes estações do ano.** Anais do XIX simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 2019, Santos. Anais eletrônicos. São José dos Campos, INPE, 2019. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/analise-da-resposta-espectral-da-vegetacao-nativa-do-bioma-do-cerrado-nas-diferentes-estacoes-do-ano> Acesso em: 16 abr. 2021.

ROCHA, J. G. **Modelagem de conhecimento e métricas de paisagem para identificar e analisar padrões espaciais em ambiente de caatinga.** 2011. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1973. v.1, p.309-317.

SEBUSIANI, H. R. V.; BETTINE, S. C. **Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana.** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, [S.l.], v. 7, n. 1, fev. 2011. ISSN 1809-239X. Disponível em: <https://rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/366>. Acesso em: 04 jan. 2021.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Estado de Goiás (SEMAD-GO). **Unidades de Conservação.** SEMAD, 2018. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/aceso-a-informacao/118-meio-ambiente/unidades-de-conserva%C3%A7%C3%A3o/1328-parques-e-unidades-deconserva%C3%A7%C3%A3o.html>. Acesso em: 4 Jan. 2021.

SENA-SOUZA, J. P.; CRESPO, T. V.; SOARES, G. C. S. **Influência do relevo na dinâmica temporal do uso e cobertura da terra no norte de Minas Gerais, Brasil.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 15, n. 05, p. 2475-2485, 2022. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2475-2485>.

SIQUEIRA, M. P.; FERREIRA, A. A.; BRITO, G. H. M.; BRANQUINHO, R. G. **Avaliação Multitemporal do Uso e Cobertura do Solo no Município De Anápolis-GO.** Ipê AgronomicJournal, v. 3, n. 2, p. 4-15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.37951/2595-6906.2019v3i2.5444>.

USGS - United States Geological Survey. **Landsat 8 (L8) Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) Calibration Notices.** Landsat Missions, 2013. Disponível em: [http://landsat.usgs.gov/calibration\\_notices.php](http://landsat.usgs.gov/calibration_notices.php). Acesso em: 28 abr. 2021.