

CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA DO SOLO DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE TERESINA, PELO *TOOLKIT* DO MAPBIOMAS NA PLATAFORMA *GOOGLE EARTH ENGINE*®

ⁱ **Marcos Aurélio Macêdo da Silva**

Mestrando em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGGEO – UFPI
E-mail: marcosaurelioms86@gmail.com

ⁱⁱ **Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque**

Professor Adjunto II do Curso de Geografia – UFPI

Resumo

O artigo apresenta a discussão das alterações na paisagem provocadas pela dinâmica das transformações no espaço urbano, principalmente no que diz respeito à apropriação dos territórios e dos recursos naturais. Com o crescimento dos centros urbanos, as cidades têm experimentado uma urbanização carente de infraestrutura adequada. Esta se apresenta como um sistema complexo em uma mudança constante, tendo suas funções alteradas de acordo com as necessidades da sociedade. O objetivo deste artigo é de contribuir com os estudos integrados relativos à urbanização, partindo da caracterização das classes de uso e cobertura do solo no perímetro urbano de Teresina/PI, contextualizando a análise temporal para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2019. Para efetivação do objetivo, seguiu-se as seguintes etapas: pesquisa documental para realização de levantamento bibliográfico e posterior revisão conceitual, bem como caracterização da área de estudo; levantamento das principais características de uso e cobertura do solo no município de Teresina/PI; realização de trabalho de campo para reconhecimento da área, com a coleta de dados referentes ao objeto em pauta. Como principais instrumentos utilizados para o tratamento dos produtos cartográficos, estão a plataforma MapBiomas, plataforma *Google Earth Engine* e o *software* QGIS 3.16. Como resultados, apresenta-se a classificação de uso e cobertura do solo, através de dados da plataforma MapBiomas. E ao longo da análise temporal deste trabalho, Teresina apresenta um crescimento exponencial na zona sul. Ressaltando-se que os resultados obtidos tendem a servir de subsídio ao poder público, visando elaborar diretrizes para o ordenamento territorial no município de Teresina/PI.

Palavras-chave: *Google Earth Engine*®. Urbanização. MapBiomas.

ⁱ *Endereço institucional:*
Geografia – UFPI
marcosaurelioms86@gmail.com
Endereço eletrônico:
marcosaurelioms86@gmail.com

ⁱⁱ *Endereço institucional:*
Geografia – UFPI
lindemberg@ufpi.edu.br
Endereço eletrônico:
lindemberg@ufpi.edu.br

LAND USE AND LAND COVER CLASSIFICATION OF THE URBAN AREA OF THE CITY OF TERESINA, BY THE MAPBIOMAS TOOLKIT ON THE GOOGLE EARTH ENGINE® PLATFORM.

Abstract

The article presents a discussion of the changes in the landscape caused by the dynamics of transformations in urban space, especially with regard to the appropriation of territories and natural resources. With the growth of urban centers, cities have experienced an urbanization lacking adequate infrastructure. This presents itself as a complex system in constant change, having its functions altered according to the needs of society. The objective of this article is to contribute to the integrated studies related to urbanization, starting from the characterization of land use and land cover classes in the urban perimeter of Teresina/PI, contextualizing the temporal analysis for the years 1990, 2000, 2010 and 2019. To accomplish the objective, the following steps were followed: documentary research for conducting bibliographic survey and subsequent conceptual review, as well as characterization of the study area; survey of the main characteristics of land use and land cover in the municipality of Teresina/PI; fieldwork for recognition of the area, with the collection of data relating to the object in question. The main tools used for the treatment of cartographic products are the MapBiomias platform, the Google Earth Engine platform and the QGIS 3.16 software. As results, the land use and land cover classification is presented, through data from the MapBiomias platform. And throughout the temporal analysis of this work, Teresina presents an exponential growth in the southern zone. It is noteworthy that the results obtained tend to serve as a subsidy to the government, aiming to develop guidelines for land use planning in the municipality of Teresina/PI.

Aqui entra o resumo em língua estrangeira (inglês, francês ou espanhol), fonte Constantia, letra 10, espaçamento simples. Palavras-chave ou equivalente em língua estrangeira (Keywords, Mots-clés etc.) em negrito. O resumo deve conter um máximo de 250 palavras. Deverá constar uma relação de até cinco palavras-chave descritoras do conteúdo do trabalho apresentadas no idioma escolhido. Não usar tradutor automático.

Keywords: Google Earth Engine®. Urbanization. MapBiomias.

Introdução

Ao se apropriar do território e dos recursos naturais, a ação humana transforma rapidamente a paisagem natural, com muito mais intensidade que a ação da natureza, provocando alterações nos fluxos energéticos e gerando impactos no ambiente. O uso da terra ligado a momentos particulares do processo de produção das relações capitalistas é o modo preponderante de ocupação de determinado lugar no espaço (CARLOS, 2003).

Nesse sentido, os processos de urbanização têm um papel expressivo nas mudanças ambientais que são percebidas nas cidades. O rápido crescimento urbano causa uma pressão significativa sobre o meio físico-natural, tendo consequências as mais variadas possíveis (GUERRA, 2006). “O modo de ocupação de determinado lugar da cidade se dá a partir da necessidade de realização de determinada ação, seja de produzir, consumir, habitar ou viver” (CARLOS, 2003, p. 45).

Com o acelerado crescimento populacional do município de Teresina, estado do Piauí, devido a sua posição geográfica como importante entroncamento rodoviário regional e como prestador de serviços, principalmente, na área da saúde e educação, observa-se que a cidade vivenciou e vive uma urbanização desenfreada e desorganizada, trazendo à tona sérios problemas socioambientais, principalmente no que se refere ao ordenamento do uso e cobertura do solo.

De acordo com o Censo Demográfico do IBGE (BRASIL, 2010), Teresina tinha uma população de 814.230 habitantes e uma densidade demográfica de 584,94 hab./km². Além disto, estima que em 2020 a população fosse de 868.075 habitantes, distribuída em 123 bairros.

Diante deste cenário de crescimento urbano e demográfico, a aplicação dos modelos de mudança de uso e cobertura do solo tem sido usada como ferramenta no planejamento e tomada de decisões, além de poderem estimar os impactos a serem utilizadas na avaliação de problemas atuais, daí o interesse em abordar esta temática para o perímetro urbano de Teresina/PI.

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município... Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Dessa forma, abordar as características de uso e cobertura do solo no perímetro urbano de uma cidade parte da ideia de contribuir com os estudos integrados relativos à urbanização e a gestão territorial. A partir deste olhar, este artigo objetiva destacar o crescimento urbano do município de Teresina através da análise temporal dos dados do projeto MapBiomas, obtidos através do repositório de Scripts do MapBiomas no *Google Earth Engine*.

Nesta perspectiva, a abordagem do estudo a partir da integração das variáveis, por meio do Geoprocessamento inserido em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), oferece um conjunto sistemático de informações agregadas, norteando o desenvolvimento das investigações sobre a questão no ambiente urbano.

Destaca-se que as análises devem ser suficientemente abrangentes e capazes de avaliar as condições presente no espaço geográfico, sempre acentuando a importância de se considerar os aspectos ambientais, socioeconômicos e de uso e cobertura do solo, sobretudo com dados de Sensoriamento Remoto.

As geotecnologias na evolução do ambiente urbano do município de Teresina.

A utilização dos recursos naturais são prerrogativas essenciais para a sobrevivência do ser humano e o desenvolvimento das sociedades. Implicações desse processo de apropriação se refletem em problemas ambientais relacionados à escassez e contaminação/poluição dos recursos naturais (ALBUQUERQUE, 2019). Nesse contexto, é essencial o conhecimento dos elementos naturais e as suas relações com o desenvolvimento das sociedades. A partir desse conhecimento, é possível utilizar o ambiente de forma adequada, possibilitando a construção de estratégias que visem à consolidação de planejamento do território do qual se apropria.

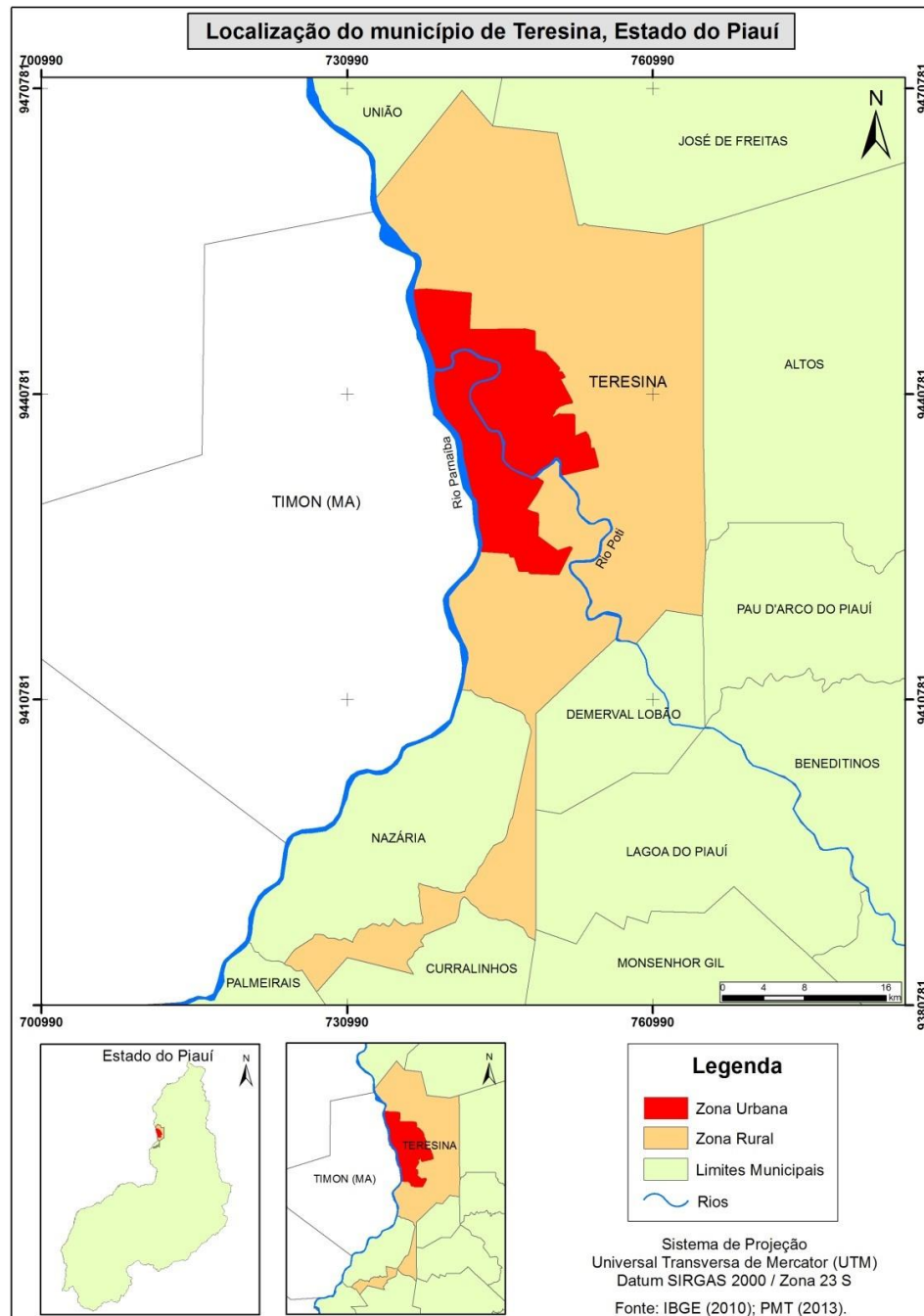
O município de Teresina (Figura 1), capital do estado do Piauí, possui uma área territorial de 1.391,04 km², sendo que o seu perímetro urbano engloba 264,30 km². Tem como limites os municípios de União e José de Freitas, ao norte; Monsenhor Gil, Palmeirais, Curralinhos e Nazária, ao sul; Nazária e o estado do Maranhão, ao oeste, e a leste Altos, Pau d'Arco, Demerval Lobão e Lagoa do Piauí. A sede municipal tem

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município...

Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

como coordenada geográfica a referência 05°05'21" de latitude sul e 42°48'07" de longitude oeste de Greenwich (BRASIL, 2010).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Teresina, estado do Piauí



Elaboração: SILVA, M. A. M (2020)

Logo, a Geomorfologia tem a capacidade de ser um importante suporte sobre as interpretações voltadas às configurações e características superficiais do terreno, merecendo destaque a ocupação do relevo, principalmente em encostas e áreas

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município...

Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

marginais de corpos hídricos, como riachos, lagoas e rios, particularmente no trecho urbano de Teresina/PI, tendo em vista os rios Poti e Parnaíba, além de seus inúmeros afluentes.

Neste interim, o estudo geomorfológico “reveste-se de grande importância em estudos ambientais, pois procura mostrar a distribuição espacial dos conjuntos de formas que compõem cada compartimento estrutural-topográfico, suas origens e características evolutivas” [...] (LIMA, 1987, p. 55).

Constata-se que o desenvolvimento acentuado e não planejado das cidades vem ocasionando modificações nos ambientes urbanos. O crescimento das cidades sob os recursos naturais, com percentuais acima de sua capacidade de suporte, vem tencionando problemáticas às populações e às cidades. Dessa forma, a expansão urbana se manifesta de forma desequilibrada, com efeitos e processos que podem ser nocivos ao meio ambiente (SALLES; MARTINS; CÂNDIDO, 2019).

Vale corroborar que a gestão do ambiente urbano deve estar atenta aos percentuais adequados de preservação e mesmo de compartilhamento da dimensão ambiental do espaço, podendo atender a critérios para uma urbanização sustentável, onde não se pensa o ambiente e o homem de forma isolada, mas sim em conjunto e em concordância.

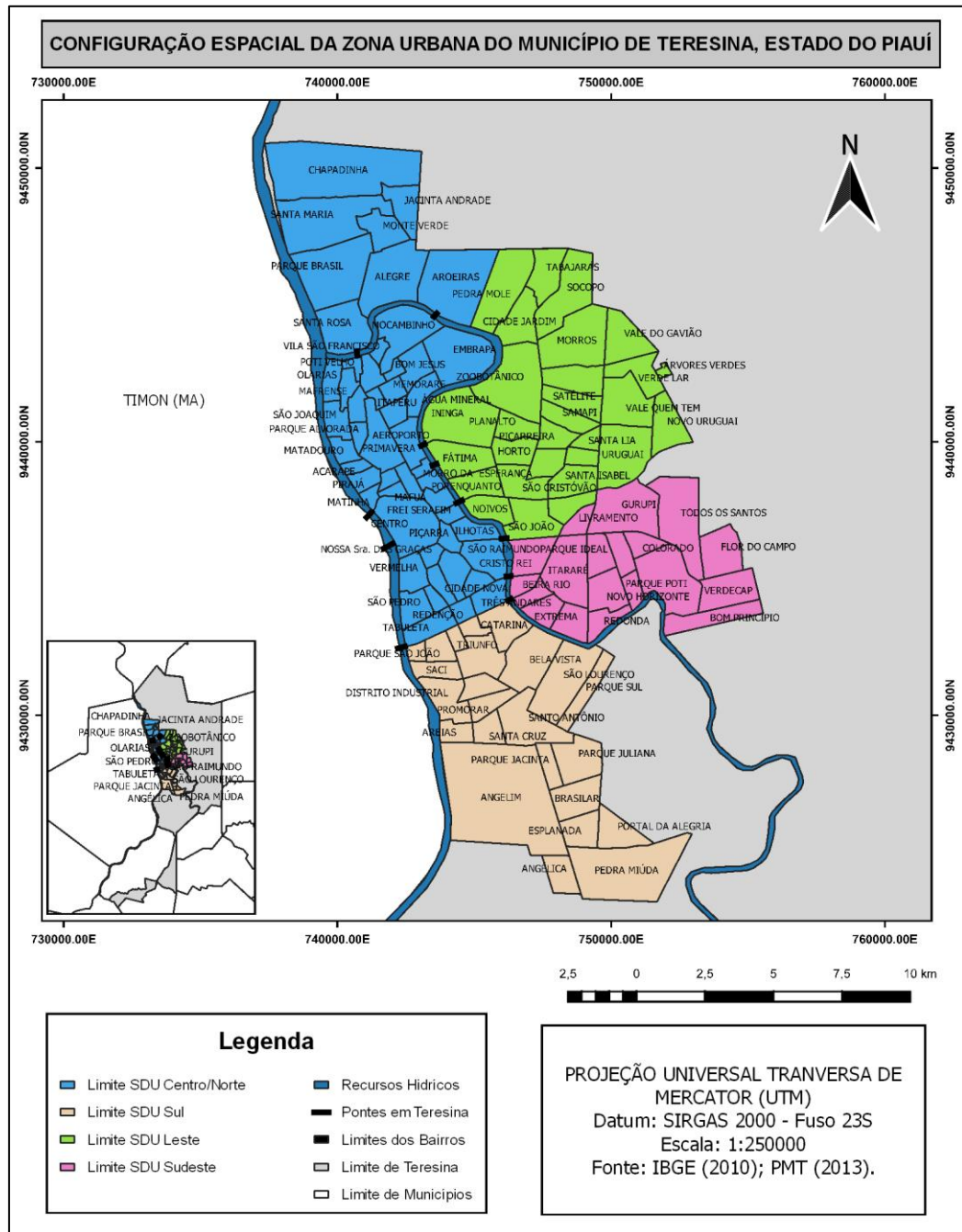
Nesta perspectiva, com um plano de ordenamento territorial, podem-se analisar quais usos do solo podem ser adequados para cada região da cidade, contribuindo com o planejamento desta e na conservação dos recursos naturais, evidenciando e justificando a necessidade de um melhor direcionamento das ocupações ao nível espacial e administrativo.

Diante das geotecnologias, é possível observar as variações da paisagem de um ambiente natural que sofrerá transformações até um ponto em que será considerado ambiente urbanizado pelo planejamento territorial, considerando as formas de como são aplicadas ou não as normativas do ordenamento territorial, frente às divergências das configurações de urbanização. Tendo em vista que a natureza é um todo Integrado, sobretudo, quanto associado aos setores geográfico/administrativos ao nível das Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDUs) adotado pela

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município...
 Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Prefeitura de Teresina/PI, a saber: SDU Norte, SDU Centro, SDU Leste, SDU Sudeste e SDU Sul (Figura 2).

Figura 2 - Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDUs) em Teresina/PI



Elaboração: SILVA, M. A. M (2020)

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município...

Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

De acordo com Rosa (2006) é de fundamental importância no processo de compilação de dados cartográficos a utilização do SIG, seja no uso da escala, sistema de projeção, análise e integração dos dados e nas simbologias apresentadas nos mapas. Estes podem ser vistos como modelos de representação, em que as feições do mundo real são representadas por uma expressão gráfica, e os símbolos às porções do território (REIS FILHO, 2012).

Jensen (2009) menciona que uma vez retificada a informação espacial para uma projeção cartográfica padrão, cada pixel tem um valor significativo, considerando que a informação derivada do sensoriamento remoto permite o uso com outros dados espaciais de suporte à tomada de decisão. Salienta-se, neste contexto, que a superfície terrestre se torna um plano coordenado, e as informações geográficas estão vinculadas a um datum de referência, fundamentado em modelos matemáticos e cartográficos.

Nesse sentido, a espacialização dos diferentes geofatores e sua representação através de mapas permite a análise do espaço geográfico em sua essência, definindo potenciais de usos diferenciados. Dessa forma, os mapas de uso e cobertura da terra têm grande importância por demonstrarem, a partir da interpretação de imagens, as áreas ocupadas por pastagem, agricultura, vegetação, cursos de rios e outras feições. Assim, possibilitam também a indicação de áreas de risco ou aquelas que já foram intensamente degradadas, bem como a distinção entre variações ocorridas devido à evolução da paisagem e ou provocadas pela sociedade (ROSA, 2006).

Destaca-se que as geotecnologias são importantes ferramentas para a tomada de decisões, quanto ao planejamento urbano, uma vez que possibilita a espacialização do ambiente urbano, através de imagens, podendo traçar cenários, simular fenômenos, realizar cálculos por condições definidas ou com base em observações. Desta forma, os gestores de planejamento do uso da terra reconhecem a importância e precisão das informações contidas nos dados espaciais dos SIGs, uma vez que estas, quando devidamente analisadas e interpretadas, têm grandes potencialidades em suas aplicabilidades (JENSEN, 2009).

Estas aplicações que envolvem as áreas urbanizadas são auxiliadas pelo uso de técnicas geotecnológicas, sendo que estas informações se encontram relacionadas

com ferramentas que podem ser mais bem analisadas para a tomada correto de decisões. Desta forma, para compreender o uso e cobertura da terra é fundamental conhecer a história dos lugares para poder entender a dinâmica que transforma o espaço.

Com o uso de geotecnologias se busca novas possibilidades teóricas e metodológicas para o conhecimento atualizado das formas que se materializam no espaço geográfico, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à gestão territorial (BRASIL, 2013).

Material e procedimentos metodológicos

Procedimentos Metodológicos

Na perspectiva de compreender as classes de uso e cobertura do solo no perímetro urbano de Teresina/PI, o presente artigo está fundamentado em conceitos que norteiam a ciência geográfica pelo viés das geotecnologias, numa perspectiva integradora, visando enfatizar as relações existentes entre os diferentes elementos que integram o espaço geográfico.

O perímetro urbano adotado no estudo é dividido em regiões administrativas, denominadas Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDU), nomeadas como: Centro-Norte, Leste, Sudeste e Sul, estabelecido pela Lei Nº 3.559, de 20 de outubro de 2006. De acordo com o I Plano Estrutural de Teresina, estabelecido em 1978, foi definido o padrão aceitável de densidade populacional de 100 habitantes/ha (TERESINA, 1977). Do ponto de vista operacional, optou-se em trabalhar com os setores administrativos: Centro-Norte, Leste, Sudeste e Sul, considerando os limites das SDUs.

Com o recorte espacial definido e os objetivos traçados, o trabalho seguiu as seguintes etapas:

- Levantamento e análise de fontes bibliográficas;
- Aquisição de material geocartográfico;
- Análise e interpretação do material geocartográfico;
- Reconhecimento *in loco* da área de estudo;

- Confeccção dos mapas;
- Cálculo dos Índices;
- Conclusões sobre o material obtido.

Ao considerar a temática da pesquisa, contempla-se a relação entre a urbanização, o uso e cobertura do solo, no perímetro urbano de Teresina/PI, considerando a análise temporal para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2019, observando-se as alterações provocadas no ambiente, neste espaço-tempo.

Aquisição de Material

Para a confeccção dos planos cartográficos, a primeira ação realizada para a construção da base de dados da pesquisa foi à aquisição da delimitação do município de Teresina, estado do Piauí, através de seu perímetro urbano e divisão administrativa, junto à SEMPLAN e ao IBGE.

Para obtenção dos produtos cartográficos utilizou-se de programação na linguagem *JavaScript*, a partir da plataforma de programação e processamento em nuvem do *Google Earth Engine* (GEE), denominada *Code Editor*. Através desta plataforma adquiriu-se o produto classificado de imagens da área urbana do município de Teresina-PI, onde seguiu-se os seguintes passos:

- Utilização do script para Mapas de Uso e Cobertura da Terra da plataforma MapBiomias;
- Classificação das imagens para o recorte do município de Teresina;
- Definição das datas entre 01/07 a 30/11, para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2019, para composição das imagens através da formulação de *script* na plataforma *Google Earth Engine*;
- Exportação de imagens para o *Google Drive*;
- Importação das imagens no QGIS 3.16.6;
- Distribuição das classes conforme identificação e código hexadecimal da legenda e paleta de cores da Coleção 5.0 do MapBiomias;
- Constituição dos mapas de classificação de uso e cobertura do solo, para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2019 através do produto da Coleção 5.0 do MapBiomias;

Resultados e discussão

Para classificação da área urbana do município de Teresina, foram utilizadas imagens obtidas através do uso da plataforma *Google Earth Engine*, a qual tem acesso direto a banco de dados de produtos cartográficos com várias finalidades na escala de análise da terra.

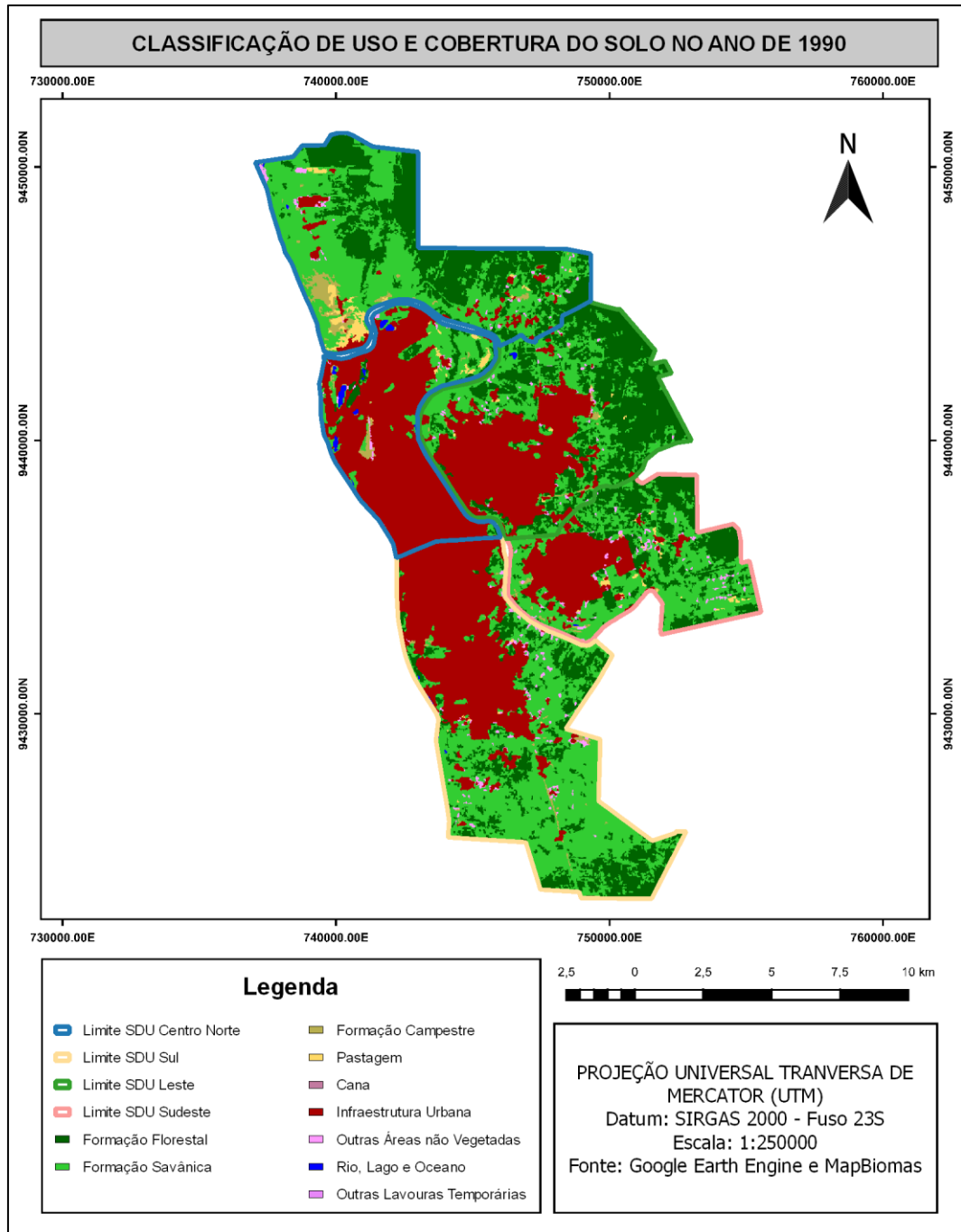
Diante desse recurso foram utilizadas imagens *Landsat*, obtidas pelos sensores orbitais TM e OLI, contidas no banco de dados do USGS, com resolução espacial de 30 metros. A partir dessas imagens, aplicou-se a classificação consolidada de uso e cobertura do solo utilizada pela plataforma MapBiomas, a qual classificou a imagem do município de Teresina, estado do Piauí.

A partir desta classificação, obteve-se o resultado em 9 (nove) classes (Formação Florestal; Formação Savânica; Formação Campestre; Pastagem; Cana; Infraestrutura Urbana; Outras Áreas não Vegetadas; Rio, Lago e Oceano; Outras Lavouras Temporárias), destas terá destaque a classe de Infraestrutura Urbana.

Ao mensurar a variação da sua expansão da mancha urbana, exibir suas transformações no decorrer dos anos de análise desta pesquisa e poder refletir sobre os direcionamentos que a cidade tem seguido, observa-se (Figura 5), o início da classificação no ano de 1990, sendo este é o ano base do intervalo temporal da pesquisa, onde se calcula que a Infraestrutura urbana, tem aproximadamente 7882,51 ha.

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município...
Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Figura 5 – Mapa de Classificação de Uso e Cobertura do Solo, ano de 1990, por Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDUs) em Teresina/PI



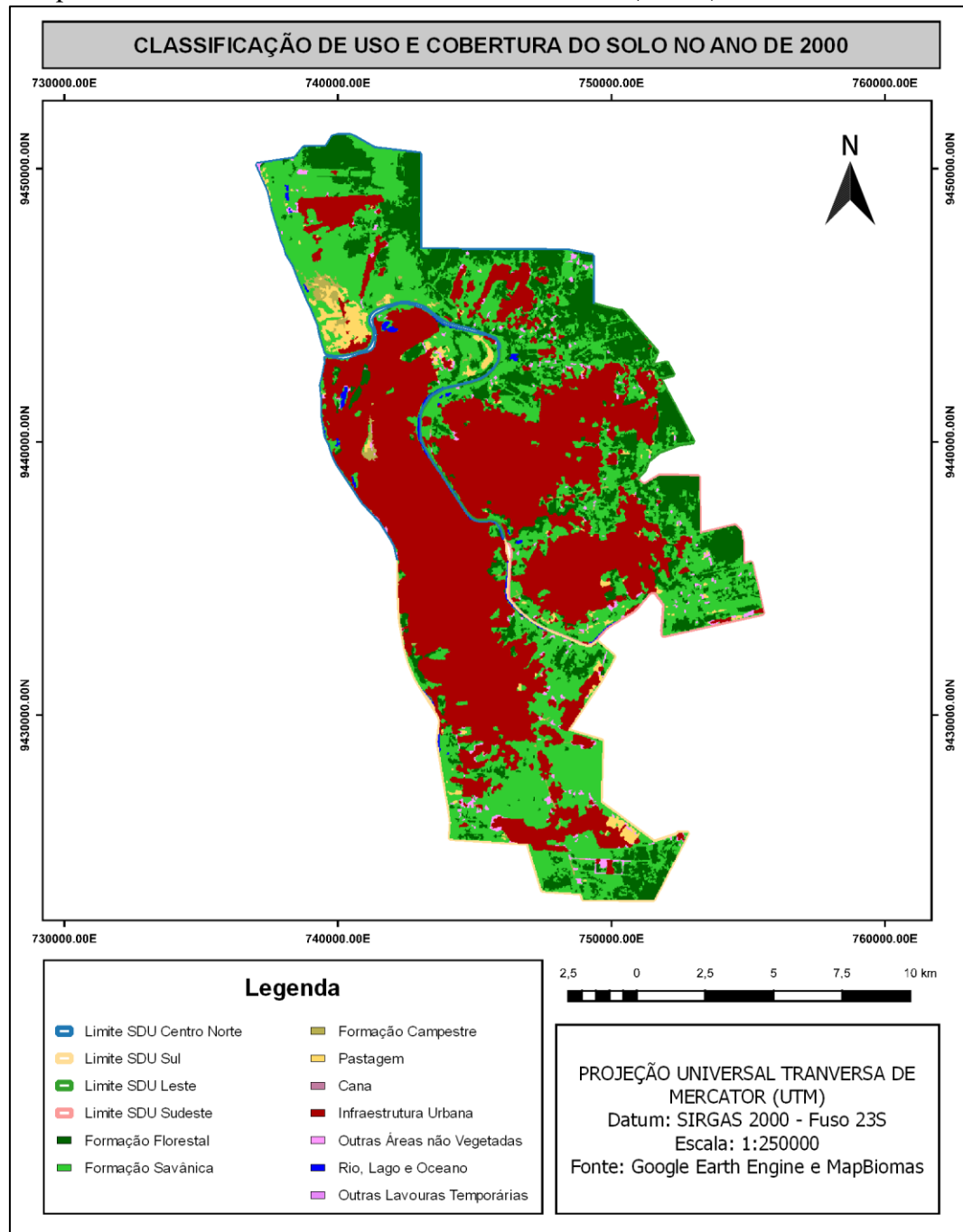
Elaboração: SILVA, M. A. M (2021)

A figura 5 apresenta a classificação de uso e cobertura do solo, relacionada com a divisão administrativa das SDUs no ano de 1990. Com relação à figura 6, que apresenta a mesma classificação de uso e cobertura do solo, porém no ano 2000, foi possível observar que a mancha urbana da cidade de Teresina expandiu-se em todas

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município... Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

as zonas, com um incremento de área urbana de aproximadamente, 3236,23 (ha), contudo a expansão urbana foi maior nas zonas leste e sul da capital.

Figura 6 – Mapa de Classificação de Uso e Cobertura do Solo, ano de 2000, por Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDUs) em Teresina/PI



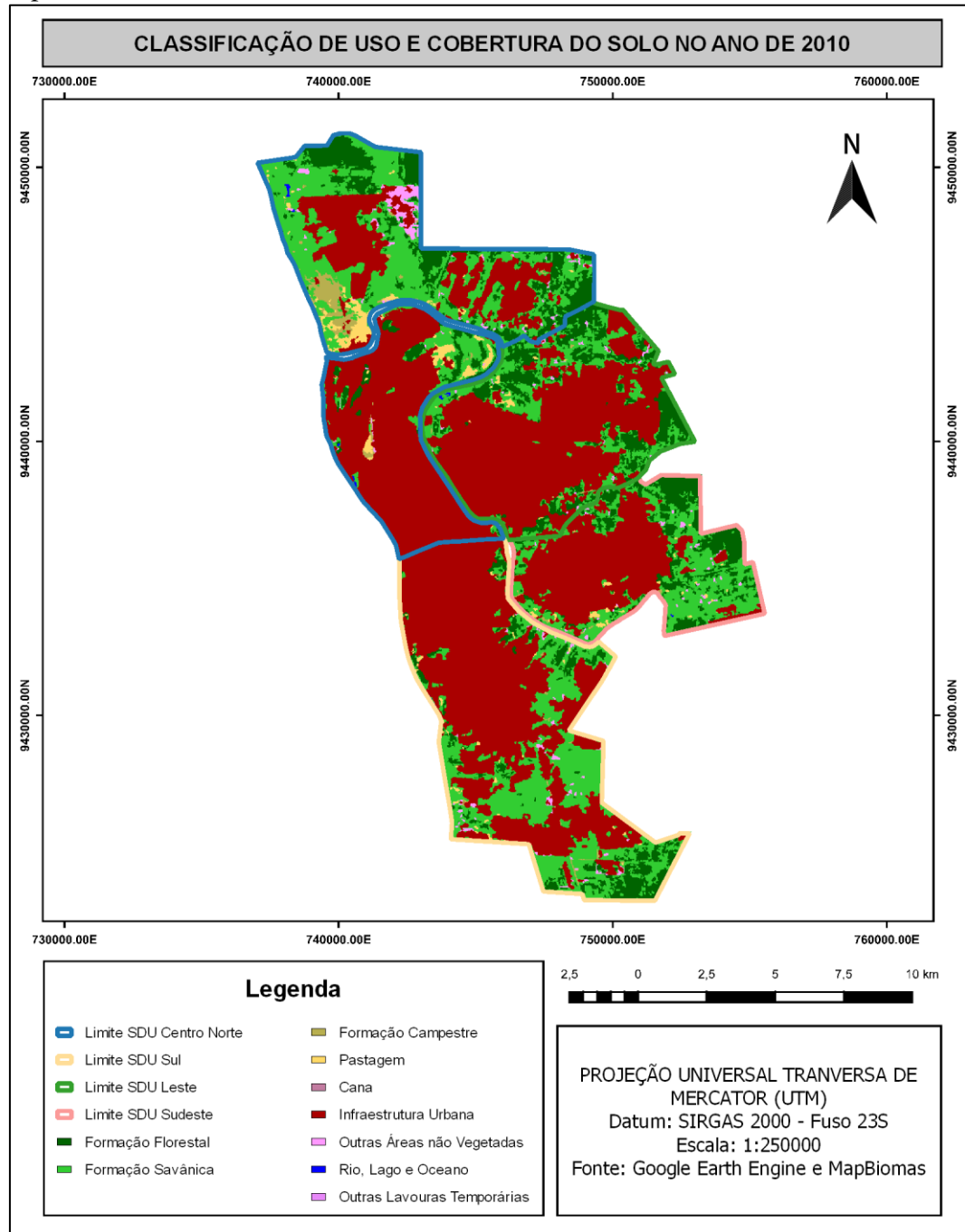
Elaboração: SILVA, M. A. M (2021)

A figura 6 apresenta a classificação de uso e cobertura do solo, relacionada com a divisão administrativa das SDUs no ano de 2000. A figura 7, que apresenta a mesma classificação de uso e cobertura do solo, porém no ano de 2010, foi possível observar

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município... Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

que a mancha urbana da cidade de Teresina expandiu-se em todas as zonas, com um incremento urbano de aproximadamente, 2143,29 (ha), contudo a expansão urbana continuou maior nas zonas leste e sul da capital.

Figura 7 – Mapa de Classificação de Uso e Cobertura do Solo, ano de 2010, por Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDUs) em Teresina/PI



Elaboração: SILVA, M. A. M (2021)

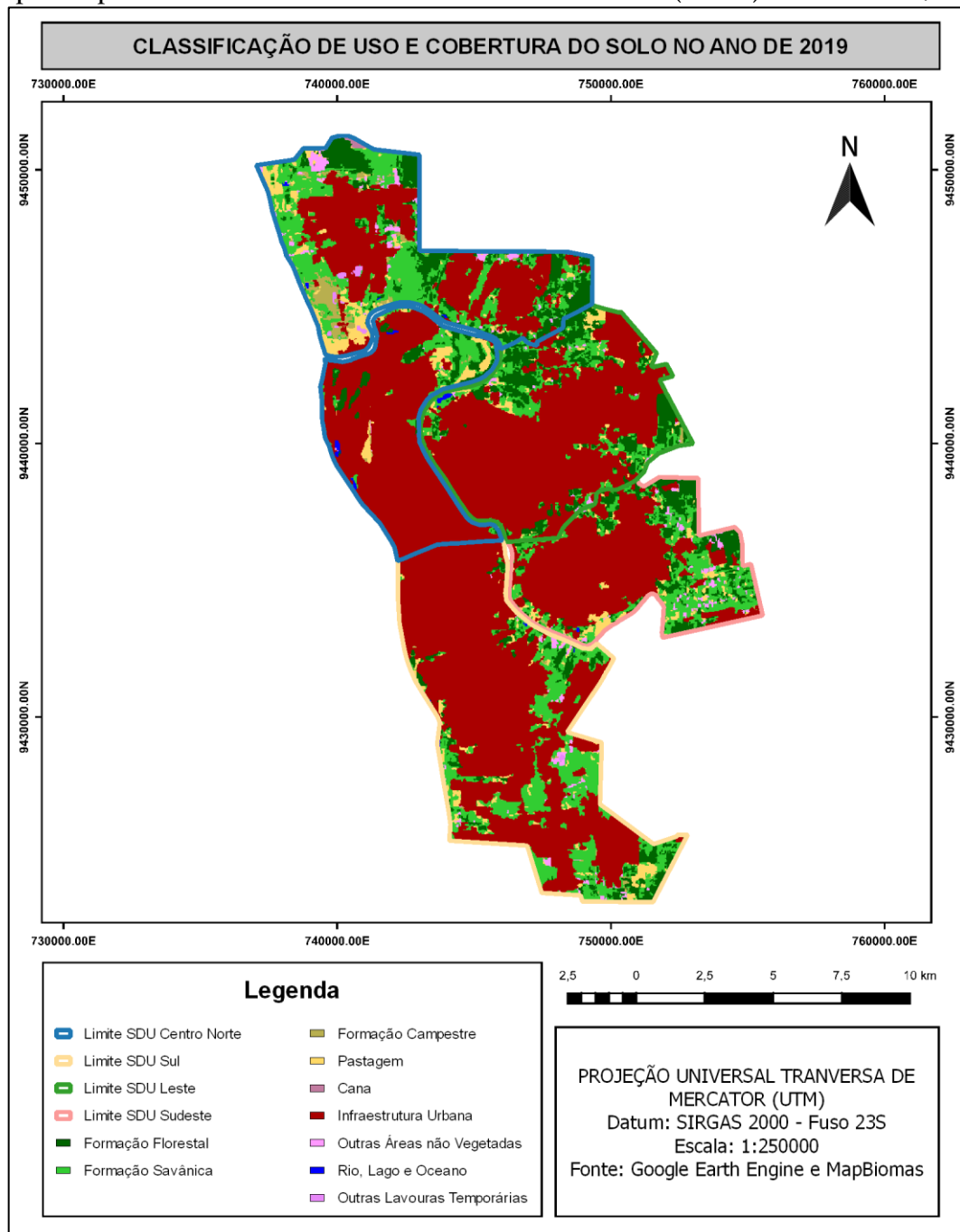
A figura 7 apresenta a classificação de uso e cobertura do solo, relacionada com a divisão administrativa das SDUs no ano de 2010. Com relação à figura 8, que

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município...

Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

apresenta a mesma classificação de uso e cobertura do solo, porém no ano de 2019, foi possível observar que a mancha urbana da cidade de Teresina se expandiu em todas as zonas, com um incremento urbano de aproximadamente 1989,0253 (ha), contudo a expansão maior continuou nas zonas leste e sul da capital.

Figura 8 – Mapa de Classificação de Uso e Cobertura do Solo, ano de 2019, por Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDUs) em Teresina/PI



Elaboração: SILVA, M. A. M (2021)

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município...
 Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

A figura 8 apresenta a classificação de uso e cobertura do solo, relacionada com a divisão administrativa das SDUs no ano de 2019. Observa-se que neste ano, a mancha urbana expandiu-se consideravelmente, sobretudo, ao comparar com a figura 5, que corresponde ao ano de 1990, onde se teve um incremento urbano de aproximadamente 7368,75 (ha). A partir da análise dos dados, pode-se constatar que houve um incremento considerável na infraestrutura urbana.

Com relação às regiões administrativas, pode-se observar que a zona leste e a zona sul já possuem quase toda a extensão de sua área coberta por infraestrutura urbana. Os vazios entre as manchas de Infraestrutura Urbana que se apresentam, mais evidentes na figura 6, que faz referência ao ano 2000, são relacionados aos direcionamentos tomados pelo planejamento urbano, com relação às aplicações do Plano Diretor e dos planos de desenvolvimento da cidade.

Para observar o detalhamento mais abrangente do incremento urbano por divisão administrativa das SDUs, procedeu-se a análise com base no recorte temporal deste trabalho, apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Extensão da área de Infraestrutura urbana por Superintendências de Desenvolvimento Urbano (SDUs) em Teresina/PI

2019				
SDU	CENTRO NORTE	SUL	LESTE	SUDESTE
ÁREA (m ²)	46151178,42	49381929,32	37008313,02	19971108,8
ÁREA (ha)	4615,117842	4938,192932	3700,831302	1997,11088
2010				
SDU	CENTRO NORTE	SUL	LESTE	SUDESTE
ÁREA (m ²)	39718097,54	42346756,16	33218950,42	17338472,1
ÁREA (ha)	3971,809754	4234,675616	3321,895042	1733,84721
2000				
SDU	CENTRO NORTE	SUL	LESTE	SUDESTE
ÁREA (m ²)	33370176,11	35582519,25	27926050,71	14308620,6
ÁREA (ha)	3337,017611	3558,251925	2792,605071	1430,86206
1990				
SDU	CENTRO NORTE	SUL	LESTE	SUDESTE
ÁREA (m ²)	27129891,8	24660464,97	18372144,28	8662564,32
ÁREA (ha)	2712,98918	2466,046497	1837,214428	866,256432

Elaboração: SILVA, M. A. M (2021)

A expansão da mancha urbana se apresenta com o preenchimento dos vazios entre as faixas referentes à Infraestrutura Urbana. Inicialmente, observa-se que a mancha urbana da cidade de Teresina expandiu-se em todas as zonas, contudo a expansão foi maior nas zonas leste e sul da capital, sendo que “[...] a urbanização de Teresina teve como marca a expansão da mancha de urbanização em um ritmo mais acelerado do que o crescimento urbano propriamente dito exigiria” (TERESINA, 2017, p. 55).

Considerações finais

Para tornar atingíveis os propósitos almejados neste artigo tangeu-se acerca do planejamento urbano no Brasil, destacando o planejamento e ordenamento territorial em ambiente urbano, a sustentabilidade urbana, as transformações na paisagem, e o uso de geotecnologias aplicadas à avaliação do uso e cobertura do solo em áreas urbanas.

Portanto, estabeleceu-se um elo entre o planejamento, o ordenamento territorial e o geoprocessamento, realçando a importância das geotecnologias como ferramenta de análise para o apoio aos instrumentos de gestão urbana, evidenciando as técnicas de geoprocessamento como meios importantes para o diagnóstico das diferentes condições encontradas dentro da escala de análise.

A classificação temática das imagens de satélite e a análise multitemporal dos mapas de uso e cobertura do solo permitiu observar o processo evolutivo de mudanças para os anos na área de estudo. As técnicas utilizadas neste trabalho permitiu uma contextualização do ordenamento territorial urbano, caracterizando as transformações ocorridas na paisagem do ambiente urbano de Teresina, estado do Piauí.

A metodologia aplicada utiliza o geoprocessamento para apresentar e demonstrar a cidade de forma integrada, incorporando o ambiente natural ao planejamento e ao ordenamento territorial. O geoprocessamento se apresenta como eficaz ferramenta para o desenvolvimento urbano, tendo em vista a sua aplicabilidade na análise das alterações de uso do solo em ambiente urbano.

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município...

Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

Os resultados apresentados pela coleção de mapas obtidos como produto da análise do modelo adotado foram gerados através de um conjunto de programas e plataformas computacionais, que atenderam os objetivos desta pesquisa, que através do geoprocessamento conseguiu-se identificar áreas com ampla alteração na cobertura do solo.

Sobre a expansão da mancha urbana e as transformações espaço-temporais em Teresina/PI, analisados e gerados através do uso de linguagem *JavaScript*, na plataforma *Google Earth Engine* GEE, apontam para um inchaço da área de infraestrutura urbana, onde pode-se observar que há a expansão da mancha de infraestrutura urbana, sendo que esta teve uma expansão onde inicialmente deixou vazios direcionados pelos planos de desenvolvimento da cidade e posteriormente foram preenchidos, sobretudo, devido a demanda de agentes imobiliários.

O artigo conclui que são diversos os problemas de ordem territorial em Teresina. Merece destaque as ocupações desordenadas e a falta de aplicação de instrumentos de infraestrutura, necessários ao processo de urbanização.

Ressalta-se que os resultados obtidos neste estudo servem para subsidiar discussões para tomada de decisões sobre o desenvolvimento do planejamento e ordenamento territorial urbano de Teresina, posto que o processo de urbanização é contínuo e dinâmico. Reitera-se que ao se fazer uso de Geotecnologias para o monitoramento do crescimento urbano é de grande importância para o planejamento territorial.

Referências

ALBUQUERQUE, Diêgo, Souza; SOUSA, Maria Losângela, Martins de. **Análise geoambiental como subsídio ao planejamento no município de Pereiro/Ceará/Brasil**. Revista Equador (UFPI), vol. 8, nº 2, p.348 – 364, 2019.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da Terra**. Coordenação dos Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 3º Ed, Rio de Janeiro, 2013.

_____. **Banco de dados. Censo 2010**. 2012. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 31 out. 2019.

Classificação de uso e cobertura do solo da área urbana do Município...
Marcos Aurélio Macêdo da Silva e Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque

_____. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 31 out. 2019.

CARLOS, Ana Fani Alessandri. **A cidade**. São Paulo: Contexto, 2003.

GUERRA, Antonio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, p. 192.

JENSEN, John R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LIMA, Iracilde Maria de Moura Fé. **Relevo piauiense: uma proposta de classificação**. In: Carta CEPRO. V.12, n.2, p. 55-84, Ago/Dez. Teresina, 1987.

REIS FILHO, Antônio, Aderson, dos. **Análise integrada por geoprocessamento da expansão urbana de Teresina com base no Estatuto da Cidade: estudo de potencialidades, restrições e conflitos de interesses**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

ROSA, Eduardo, Reis. **Técnicas de geoprocessamento aplicadas na análise do uso da terra no município de Pilar do Sul - SP**. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SALLES, Maria, Clara, Torquato; MARTINS, Maria, Fátima; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. **Sustentabilidade urbana: uma proposta metodológica para análise e classificação de cidades**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.10, n.4, p.232-247, 2019.

TERESINA. **I Plano Estrutural de Teresina**. PMT, 1977.

_____. **Revisão e atualização do Plano Diretor do município de Teresina – Pi**, Leitura Técnica, 2º Produto, Latus - Consultoria, Pesquisa e Assessoria de Projetos LTDA, Teresina-PI, p. 128, 2017.

_____. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação de Teresina – SEMPLAN **Mapa de Teresina – formato Shapefile**. Disponível em: <https://semplan.teresina.pi.gov.br/mapas-interativos/>. Acesso em mai. 2020.

Recebido em 26 out. 2021;
aceito em 22 mar. 2022.