

Companhia de Planejamento do Distrito Federal

para
Texto

discussão

**SESSENTA ANOS DE OCUPAÇÃO URBANA
DA CAPITAL DO BRASIL: PADRÕES,
VETORES E IMPACTOS NA PAISAGEM**

Giancarlo Brugnara Chelotti
Edson Eyji Sano

nº 73/janeiro de 2021
ISSN 2446-7502

**SESSENTA ANOS DE OCUPAÇÃO URBANA
DA CAPITAL DO BRASIL: PADRÕES,
VETORES E IMPACTOS NA PAISAGEM**

Giancarlo Brugnara Chelotti¹
Edson Eyji Sano²

Brasília-DF, Janeiro de 2021

¹ Giancarlo Brugnara Chelotti - Engenheiro Florestal (UnB), Especialista em Geoprocessamento (IG/UnB), Mestre em Geociências Aplicadas (IG/UnB), Doutorando em Ciências Ambientais (PPGCA/FUP/UnB), Perito Criminal da Polícia Civil do Distrito Federal.

² Edson Eyji Sano: Geólogo (USP), Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE), Doutor em Ciências do Solo (Universidade do Arizona, EUA), Pesquisador Embrapa Cerrados.

Texto para Discussão

Veículo de divulgação de conhecimento, análises e informações, sobre desenvolvimento econômico, social, político, gestão e política públicas, com foco no Distrito Federal, na Área Metropolitana de Brasília (AMB) e na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE) e estudos comparados mais amplos, envolvendo os casos acima.

Os textos devem seguir as regras da **Resolução 143/2015**, que regem o Comitê Editorial da Codeplan, e não poderão evidenciar interesses econômicos, político-partidários, conteúdo publicitário ou de patrocinador. As opiniões contidas nos trabalhos publicados na série Texto para Discussão são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, de qualquer maneira, o ponto de vista da Companhia de Planejamento do Distrito Federal - Codeplan.

É permitida a reprodução parcial dos textos e dos dados neles contidos, desde que citada a fonte. Reproduções do texto completo ou para fins comerciais são proibidas.

Companhia de Planejamento do Distrito Federal - Codeplan

Texto para Discussão

TD - n. 73 (2021) - . - Brasília: Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2021.

n. 73, janeiro, 29,7 cm.

Periodicidade irregular.

ISSN 2446-7502

1. Desenvolvimento econômico-social. 2. Políticas Públicas
3. Área Metropolitana de Brasília (AMB). 4. Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE).
I. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. II. Codeplan.

CDU 338 (817.4)

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL

Ibaneis Rocha

Governador

Paco Britto

Vice-Governador

SECRETARIA DE ESTADO DE ECONOMIA DO DISTRITO FEDERAL

André Clemente Lara de Oliveira

Secretário

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL - CODEPLAN

Jeansley Charllles de Lima

Presidente

Juliana Dias Guerra Nelson Ferreira Cruz

Diretora Administrativa e Financeira

Renata Florentino de Faria Santos

Diretora de Estudos Urbanos e Ambientais

Daienne Amaral Machado

Diretora de Estudos e Políticas Sociais

Clarissa Jahns Schlabit

Diretora de Estudos e Pesquisas Socioeconômicas

RESUMO

As populações urbanas são responsáveis por significativos impactos ambientais locais e globais. A velocidade e forma com que a urbanização ocorre variam de região para região. A capital do Brasil vem passando por intenso processo de urbanização, acarretando diversos problemas socioambientais. Apesar do Distrito Federal (DF) possuir um bom acervo de informações cartográficas e de uso do solo, ainda não se sabe com clareza quais são as forças que direcionam as ocupações urbanas no seu território. O objetivo deste trabalho foi analisar o padrão espacial da expansão urbana do DF, seus principais vetores e impactos na paisagem no período 1960-2019. As manchas urbanas foram obtidas por meio de fotointerpretação de aerolevantamentos fotogramétricos realizados pelo Governo do Distrito Federal nas décadas de 1960 a 2010. A análise da dinâmica da mancha urbana no DF foi complementada com dados de declividade, relevo e risco ecológico, este último estimado com base nas normas de limites urbanos de crescimento, além de métricas da paisagem baseadas em fragmentos. O Distrito Federal ainda continua em plena expansão, com acelerado crescimento e sem tendência de redução dessa expansão. A taxa média anual de crescimento de urbanização foi de $12 \text{ km}^2 \text{ ano}^{-1}$, aumentando para $20 \text{ km}^2 \text{ ano}^{-1}$ a partir de 2013. Resultados indicaram ainda que a expansão da mancha urbana ocorre em ciclos de fragmentação e adensamento, sendo que o período com maior crescimento e fragmentação foi o de 2013-2019. As declividades acima de 30% e as normas de limites urbanos de crescimentos referentes a áreas ambientalmente protegidas têm exercido forte influência no direcionamento do crescimento da mancha urbana. Entretanto, há uma grande perda de eficiência dos instrumentos governamentais a partir de 2013.

Palavras-chave: Urbanização, Métricas de paisagem, Padrões espaciais, Área urbana.

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E CONVENÇÕES

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal

ANA - Agência Nacional de Águas

CO₂ - gás carbônico

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal

DF - Distrito Federal

ED - Densidade de borda

GDF - Governo do Distrito Federal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LPI - Índice de maior fragmento

LSI - Índice de forma

MDT - Modelo digital de terreno

P - Número de fragmentos

PD - Densidade de fragmentos

PDOT - Plano Diretor de Ordenamento Territorial

PEOT - Plano Estrutural de Organização Territorial

RA - Região Administrativa

SEDUH - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação

SIG - Sistema de informações geográficas

SR - Sensoriamento remoto

TERRACAP - Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal

UGB - Limites de crescimento urbano

ZEE/DF - Zoneamento Ecológico-Econômico do DF

SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E CONVENÇÕES

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
2.1. Área de Estudo.....	11
2.2. Aquisição, Organização e Pré-Processamento de Dados.....	14
2.3. Processamento e Análise de Dados.....	16
3. RESULTADOS	18
4. DISCUSSÕES	23
4.1. Ritmo e Morfologia de Crescimento	23
4.2. Vetores e Barreiras	24
4.3. Impactos Ambientais da Urbanização	27
5. CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

O mundo vem se urbanizando rapidamente. A população urbana mundial passou de 30% em 1950 para 55% em 2018, representando 4,2 bilhões de pessoas (UNITED NATIONS, 2019) e deve continuar aumentando. A maior parte desse aumento deve ocorrer em regiões urbanizadas de países em desenvolvimento, como China, Índia, México e Brasil (UNITED NATIONS, 2013). O crescimento urbano é impulsionado, principalmente, pelo aumento geral da população, projetado para adicionar 2,5 bilhões de pessoas à população urbana do mundo até 2050 e está relacionado com as três dimensões do desenvolvimento sustentável: o econômico, o social e o ambiental (UNITED NATIONS, 2019).

Diversos estudos já constataram forte relação entre expansão urbana e problemas socioambientais (DJORDJEVIĆ *et al.*, 2011; HAASE *et al.*, 2014; BARÓ *et al.*, 2015). Porém, nas últimas décadas, a magnitude e os impactos das transformações urbanas planetárias tornaram-se cada vez mais evidentes para cientistas e formuladores de políticas (HEPINSTALL-CYMERMAN *et al.*, 2013; MELCHIORRI *et al.*, 2018). Um exemplo disso é o fato de as áreas urbanas contribuírem com 70% da emissão global de CO₂ (GURNEY *et al.*, 2015). Dentre os impactos ambientais decorrentes da urbanização, há a formação de ilhas de calor (ZHANG *et al.*, 2013), impermeabilização do solo (HEPINSTALL-CYMERMAN *et al.*, 2013), redução e fragmentação da vegetação (RODRIGUEZ *et al.*, 2019) e poluição hídrica e atmosférica (McDONALD *et al.*, 2010; JI *et al.*, 2017).

De maneira geral, a velocidade da urbanização mundial apresenta uma curva de crescimento em formato sigmoide (UNITED NATIONS, 2019), indicando um crescimento inicial exponencial, seguido por uma desaceleração, conforme ocorre a saturação, e posterior conclusão do crescimento na maturidade (SHIELDS *et al.*, 2018). Diversos estudos têm indicado que a expansão urbana ocorre principalmente pela conversão de áreas rurais e, em menor proporção, pela conversão de áreas de vegetação natural (CARLSON e ARTHUR, 2000; ROBINSON *et al.*, 2005; GRIFFITHS *et al.*, 2010; HEPINSTALL-CYMERMAN *et al.*, 2013; GOUNARIDIS *et al.*, 2018). A literatura indica ainda que as altas declividades e altitudes são fatores de restrição da expansão urbana (LI *et al.*, 2013; 2018). Fatores socioeconômicos como população, renda e distância dos centros urbanos, também influenciam o padrão espacial da urbanização (LI *et al.*, 2013, 2018; JI *et al.*, 2017).

Entretanto, a velocidade e o tamanho do desenvolvimento espacial e demográfico variam conforme as diferentes regiões do globo (MELCHIORRI *et al.*, 2018). Essas variações levantam a questão do porquê algumas regiões urbanizam mais rápido que outras (UNITED NATIONS, 2019). A maior parte dos estudos sobre esse tema concentra-se em cidades do Hemisfério Norte com mais de 10 milhões de habitantes, enquanto os padrões espaciais da urbanização na América do Sul são pouco conhecidos. A América Latina e o Caribe, por exemplo, têm-se urbanizado com relativa rapidez, onde 81% da população residem em áreas urbanas. No Brasil, esse percentual é de 87%, porém, verifica-se uma desaceleração desde a década de 1990 (UNITED NATIONS, 2019).

À medida que a urbanização aumenta, o desenvolvimento sustentável depende cada vez mais da gestão bem-sucedida do crescimento urbano, especialmente em países de baixa renda, onde o ritmo da urbanização é projetado para ser o mais rápido (UNITED NATIONS, 2019). A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável possui como um dos seus 17 objetivos a sustentabilidade das cidades e comunidades (UNITED NATIONS, 2015). Compreender as principais tendências da urbanização que irão se desdobrar nos próximos

anos é crucial para a implementação dessa agenda, incluindo os esforços para forjar um novo quadro de desenvolvimento urbano (UNITED NATIONS, 2019).

Uma das ferramentas de gestão urbana mais amplamente utilizadas são os limites de crescimento urbano (UGB) que consistem em aplicação de zoneamentos, concessão e controle de licenças e outros regulamentos de uso da terra, demarcando os usos urbanos e rurais para conter o desenvolvimento urbano dentro de limites predefinidos (PENDALL *et al.*, 2002). Entretanto, os resultados empíricos da eficácia das UGB têm sido divergentes (HEPINSTALL-CYMERMAN *et al.*, 2013).

Além das ferramentas normativas, a evolução tecnológica constante do sensoriamento remoto e das técnicas de análise da paisagem permitem analisar processos de urbanização com níveis de detalhamento sem precedentes (MELCHIORRI *et al.*, 2018). Atualmente, é possível integrar diversas fontes de dados para melhorar o desempenho da classificação e análise da superfície terrestre (GOMEZ-CHOVA, 2015) ou combinar dados de sensoriamento remoto com análise de padrões de paisagem e sistemas de informações geográficas (SIG) para fornecer uma abordagem poderosa para testar teorias morfológicas urbanas (WUA *et al.*, 2011).

As métricas de paisagem são ferramentas importantes na análise de padrões espaciais (FONSECA *et al.*, 2013), permitindo obter informações quanto à expansão, fragmentação, adensamento, forma, conectividade da paisagem analisada, entre outros. Essas métricas são amplamente utilizadas para análise de paisagens naturais (BEZERRA *et al.*, 2011; HENTZ *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2017) e agrícolas (SOARES *et al.*, 2008; DE PAULA *et al.*, 2019), porém, também possuem grande potencial para a análise de áreas urbanas apontando, por exemplo, futuras expansões urbanas e vocações dos fragmentos de uso do solo (SCHNEIDER e WOODCOCK, 2007; HEPINSTALL-CYMERMAN *et al.*, 2013; DA ROCHA *et al.*, 2016).

No coração do bioma Cerrado, Brasília foi inaugurada em 1960 para ser a nova capital do Brasil. A cidade, originalmente planejada, passou a ter problemas de urbanização típicos das cidades não planejadas, tais como o surgimento de ocupações urbanas irregulares, favelas e escassez de recursos hídricos (REQUIA *et al.*, 2016; CHELOTTI *et al.*, 2019), especialmente a partir da década de 1990.

Apesar do Distrito Federal possuir um bom acervo de informações cartográficas e de uso do solo, ainda não se sabe com clareza quais são as forças que direcionam as ocupações urbanas no seu território. Grandes lacunas de dados permanecem em diversas áreas de desenvolvimento, incluindo áreas urbanas. Dados de baixa qualidade, desatualizados e a indisponibilidade de dados desagregados estão entre os principais desafios (CASTRO *et al.*, 2019), bem como a combinação de imagens de diferentes resoluções espaciais. Neves *et al.*, (2018) indicaram que o relevo influencia a ocupação do DF, porém, não trataram do caso específico da ocupação urbana tampouco outros fatores da paisagem que influenciam esse processo.

Não só os fatores fisiográficos influenciam na ocupação do território. As normas de ordenamento também possuem papel fundamental. No caso do Distrito Federal, historicamente, muitas vezes o ordenamento territorial veio apenas após a ocupação irregular do território, não cumprindo a sua função de planejamento e sim de remediação ou gestão (FONTOURA, 2013; SEVERO, 2014).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar o padrão espacial da expansão urbana no Distrito Federal, seus principais vetores e impactos na paisagem no período 1960-2019, avaliando a eficácia das normas de UGB vigentes nesse período.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O Distrito Federal é a unidade federativa onde se encontra a capital do Brasil, inaugurada em 1960, e está inserido na região central do país, entre os paralelos 15°30' S e 16°03' S e os meridianos 47°25' O e 48°12' O, ocupando uma área de 5.783 km² (Figura 1). O DF engloba sete bacias hidrográficas que abastecem três regiões hidrográficas brasileiras: Paraná, São Francisco e Tocantins-Araguaia. A rede de drenagem do DF é composta de rios, em sua maioria perenes, havendo ainda três grandes reservatórios artificiais: Descoberto, Paranoá e Santa Maria (CODEPLAN, 2017).

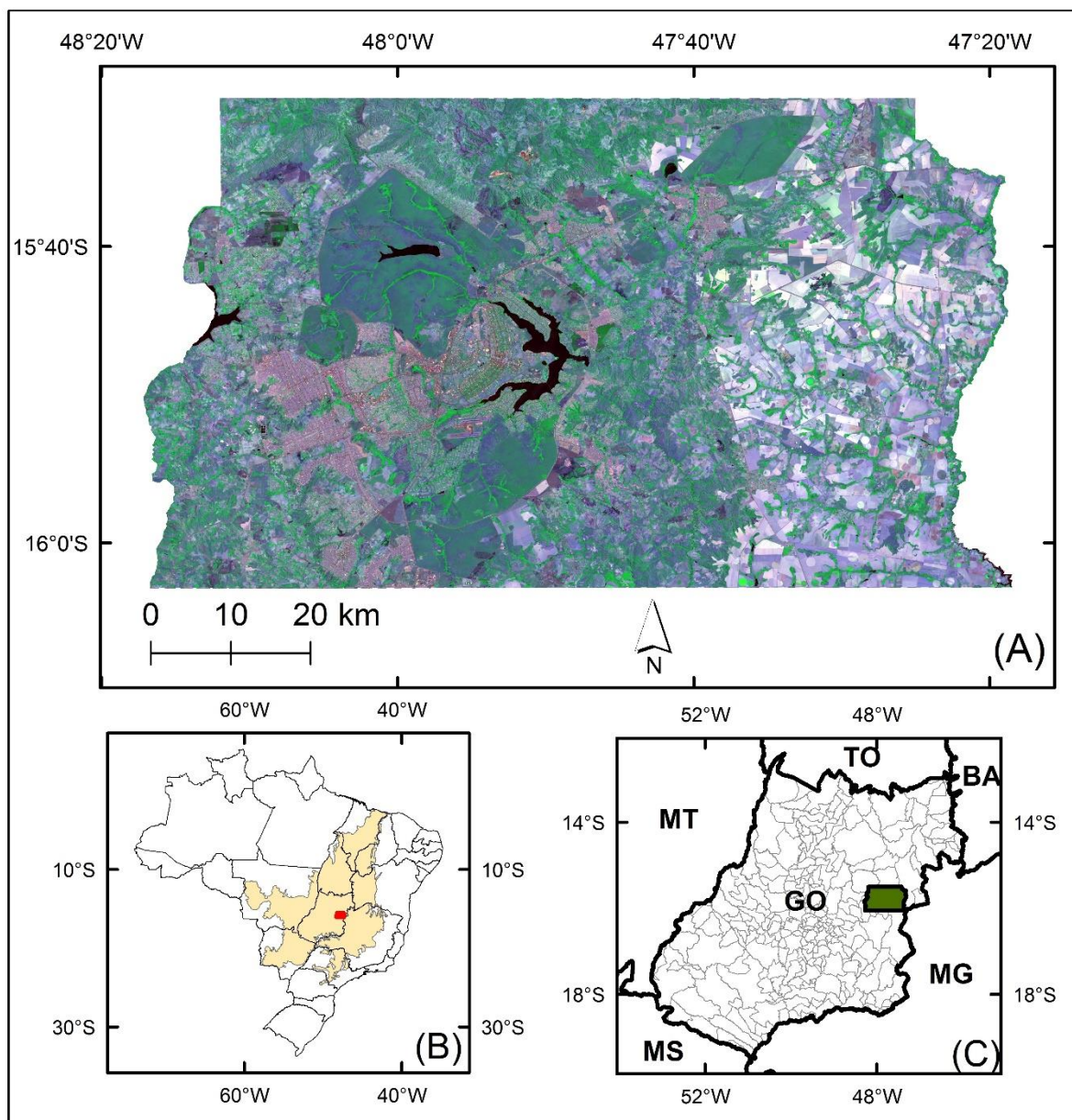
O Distrito Federal está inserido na ecorregião do Planalto Central, caracterizada por acentuada complexidade geomorfológica, com altitudes variando entre 950 metros ao longo dos rios principais e 1.400 metros no Planalto (NEVES *et al.*, 2018). Nesta unidade federativa, predominam as rampas de colúvio, ocupando 49,6% do território, caracterizadas por regiões planas (1% a 5% de declividade) e altitude entre 950 metros e 1.050 metros; as chapadas, regiões mais altas e planas, com altitude variando entre 1.100 metros e 1.200 metros e declividade média de 5%, as quais ocupam 24,8% do território; e as colinas, que correspondem a regiões com relevo mais acidentado e altitudes mais baixas (900 metros, em média), ocupando 12% do território (NEVES *et al.*, 2018).

O Distrito Federal é o menor território autônomo do Brasil que, por determinação constitucional, não pode ser dividido em municípios. É formado pela capital federal (Brasília) e suas Regiões Administrativas (RAs). A construção da cidade foi precedida de um concurso para a escolha do melhor projeto urbanístico e teve suas obras iniciadas em 1956 (BRASIL, 1956). Brasília foi inaugurada em 21 de abril de 1960 com projeto urbanístico produzido por Lúcio Costa e arquitetura de Oscar Niemayer. Além da área compreendida no projeto urbanístico original, o Distrito Federal incorporou as cidades de Planaltina e Brazlândia, antes pertencentes ao Estado de Goiás (BRASIL, 1956).

Já antes de sua inauguração, dois núcleos urbanos surgiram para abrigar os operários da construção da nova capital: Taguatinga e Gama. Em 1964, a área urbana ocupava pouco mais de 1% do seu território, enquanto as áreas naturais correspondiam a 97% do território (ANJOS *et al.*, 2002).

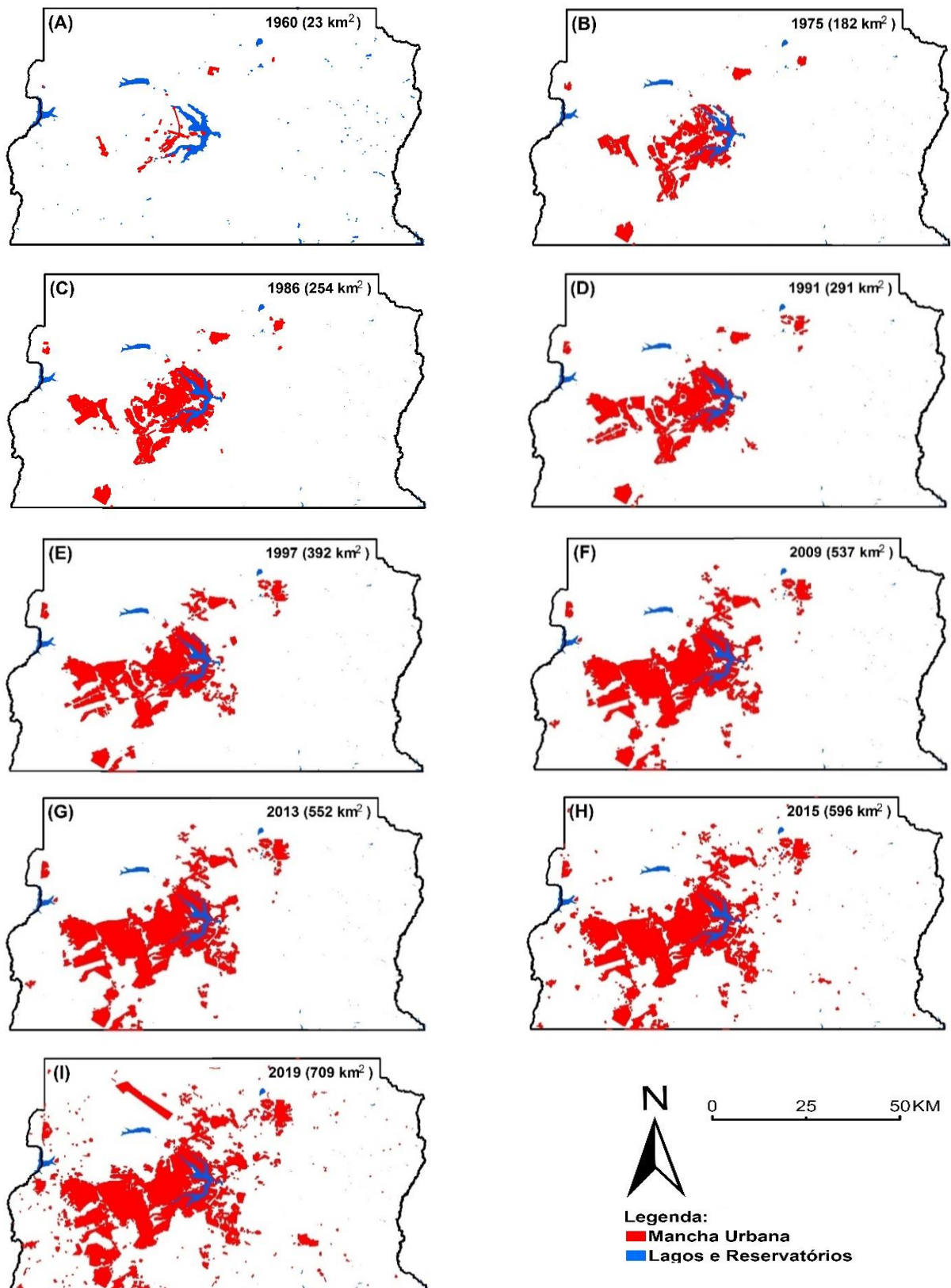
Em decorrência de intenso fluxo de imigração, o Distrito Federal foi dividido em oito Regiões Administrativas: Brasília, Brazlândia, Gama, Jardim, Paranoá, Planaltina, Sobradinho e Taguatinga (BRASIL, 1964). Em 1978, houve a necessidade de ordenamento da rápida expansão urbana, com a publicação do Plano Estrutural de Organização Territorial (PEOT), primeira norma de UGB do DF e que ampliou o número de RAs para doze (DISTRITO FEDERAL, 1978). Entre 1985 e 2012, foram elaborados diversos planos diretores de ordenamento territorial (PDOT) visando controlar a expansão urbana (DISTRITO FEDERAL, 1992, 1997, 2009). Esses planos estavam mais preocupados em consolidar a ocupação desordenada do passado do que ordenar a ocupação urbana futura (FONTOURA, 2013; SEVERO, 2014).

Figura 1 - Composição colorida RGB das bandas 4, 5 e 6 do satélite Landsat-8 OLI de 3 de janeiro de 2019 do Distrito Federal (A) e sua localização no Brasil e no bioma Cerrado (B) e no Estado de Goiás (C)



Fonte: IBGE (2019)
Elaboração: Os Autores.

Figura 2 - Evolução temporal da mancha urbana do Distrito Federal no período 1960-2019



Fonte: Distrito Federal (2019a)
Elaboração: Os Autores.

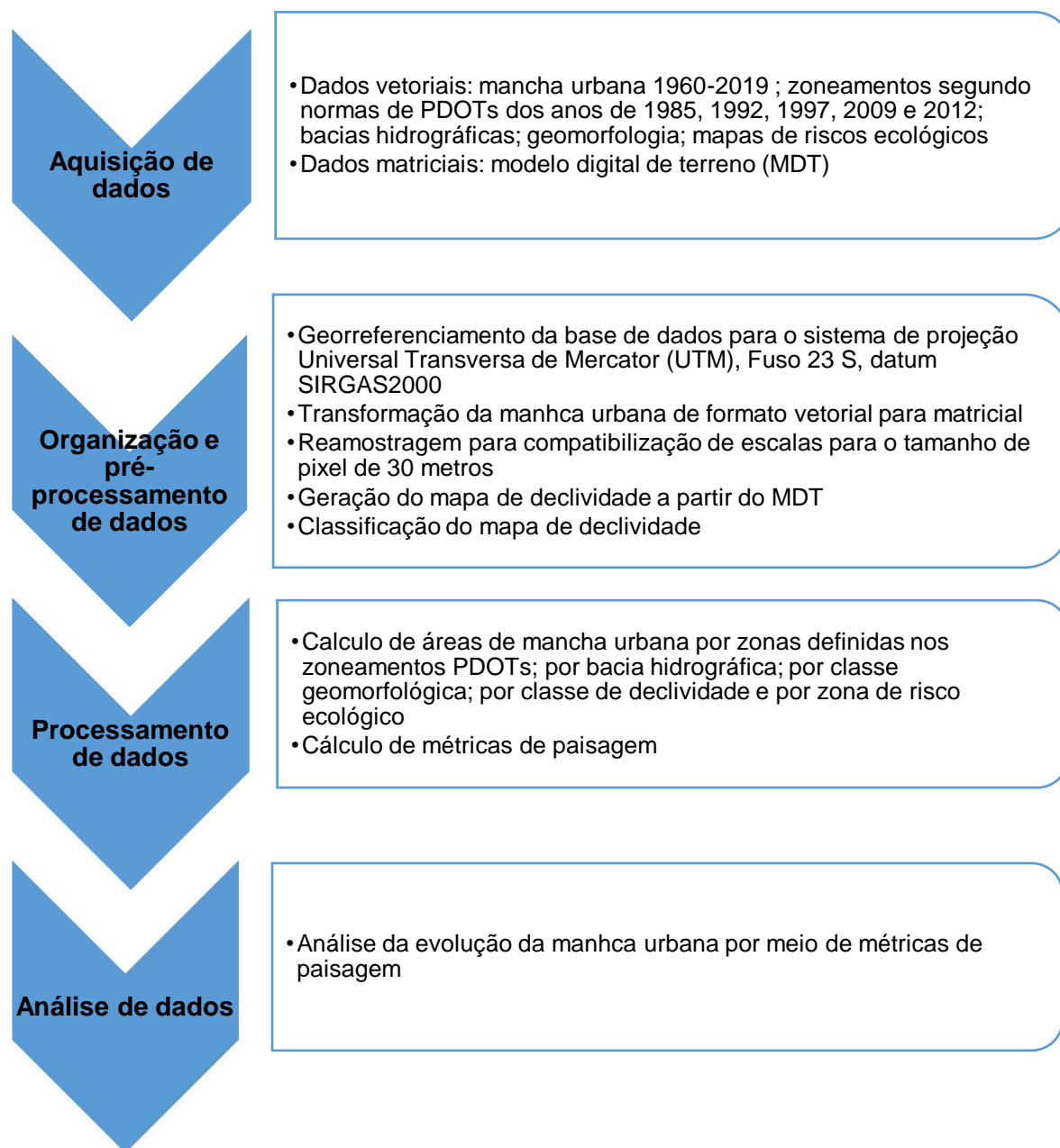
Originalmente planejada para 500 mil habitantes, o Distrito Federal possui atualmente quase três milhões, mais de 30 Regiões Administrativas e sofre com os mesmos problemas presentes em outras grandes metrópoles, tais como crescimento desordenado, favelização, poluição ambiental, fragmentação da vegetação, desabastecimento de água e problemas de mobilidade (NUNES e ROIG, 2015; REQUIA *et al.*, 2016; CHELOTTI *et al.*, 2019; CODEPLAN, 2019). Em 2015, menos de 50% do seu território correspondia a áreas naturais (NEVES *et al.*, 2018). A Figura 2 apresenta a evolução temporal da mancha urbana no DF entre 1960 e 2019, passando de 23 km² em 1960 para 709 km² em 2019. O crescimento urbano apresentou uma tendência de expansão preferencial da parte central do Distrito Federal para a direção sudoeste e, em menor extensão, da parte central para a direção nordeste.

2.2. Aquisição, Organização e Pré-Processamento de Dados

A metodologia aplicada no presente estudo segue o fluxograma apresentado na Figura 3. Para a análise dos padrões espaciais de urbanização, foram utilizados os dados de mancha urbana produzidos pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH) do Governo do Distrito Federal (GDF), os quais foram gerados por fotointerpretação de aerolevantamentos e imagens orbitais (DISTRITO FEDERAL, 2019a). Esses dados consideram como mancha urbana toda área onde ocorrem ocupações com características urbanas, tais como alto grau de impermeabilização do solo, alta densidade demográfica e presença de infraestrutura de vias de circulação, independentemente da zona do PDOT a qual a área está submetida. Além disso, não há classificação quanto à sua densidade, separando apenas o tecido urbano do não urbano.

Foram selecionados os anos de 1960, 1975, 1986, 1991, 1997, 2009, 2012, 2015 e 2019, por serem os anos da inauguração de Brasília e de publicações de leis de regulação de uso do solo e seus respectivos mapas, ou o mais próximo possível dessas datas, considerando as informações cartográficas disponíveis, com exceção das duas últimas datas, que foram utilizadas para verificar o cumprimento e eficiência da norma de UGB atualmente vigente (DISTRITO FEDERAL, 2012).

Figura 3 - Fluxograma da metodologia desenvolvida neste trabalho



Elaboração: Os Autores.

As manchas urbanas em formato vetorial (*shapefile*) foram convertidas para o formato matricial (*raster*) e reamostradas para tamanho de pixel de 30 metros para compatibilização com as escalas dos demais dados cartográficos utilizados. A mancha urbana de cada ano foi comparada com os mapas de ordenamento territorial (UGB) de cada período analisado, produzido pelas suas respectivas leis; com os elementos da paisagem (declividade, altimetria e geomorfologia); bacias hidrográficas e com os mapas de risco ecológico. A Tabela 1 apresenta os tipos de dados utilizados nesse estudo e suas respectivas fontes.

Tabela 1 - Principais fontes de dados utilizados neste estudo

Dado	Fonte	Forma de obtenção pela fonte	Escala/Resolução Espacial
Mancha urbana	DISTRITO FEDERAL (2019a)	Fotointerpretação de aerolevantamentos e imagens orbitais	1:20.000
Mapas de ordenamento territorial	DISTRITO FEDERAL (1977, 1985, 1992, 1997, 2009, 2012)	Zoneamento por critérios geopolíticos	
Modelo digital de terreno (MDT)	TERRACAP (2009)	Aerolevantamento a laser	5 metros
Geomorfologia	Neves <i>et al.</i> (2018)	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM)	30 metros
Bacias hidrográficas	ADASA (2016)	Gerado a partir do MDT TERRACAP (2009)	1:10.000
Risco ecológico de perda de área de recarga de aquífero	DISTRITO FEDERAL (2017)	Cruzamento de informações geológicas e hidrogeológicas	1:100.000
Risco ecológico de perda de solo por erosão			1:100.000
Risco ecológico de contaminação do subsolo			1:100.000
Risco ecológico de perda de áreas remanescentes de Cerrado nativo		Classificação supervisionada de imagem Landsat de 2010, revisada a partir de levantamento aerofotogramétrico de 2013	1:100.000

Elaboração: Os Autores.

A altimetria foi obtida pelo modelo digital de terreno (MDT) produzido a partir de aerolevantamento a laser (TERRACAP, 2009), sendo também reamostrado para 30 metros de tamanho de pixel. A partir desse MDT, foi gerado o mapa de declividade em ambiente SIG, contendo três classes temáticas: 0 - 10%; 10 - 30%; e > 30%. Os intervalos de cada classe correspondem às classes previstas na legislação brasileira sobre urbanização (BRASIL, 1979). Para a comparação com a geomorfologia foi utilizado o mapa geomorfológico gerado por Neves *et al.* (2018). Os mapas de risco ecológico foram obtidos pelo Zoneamento Ecológico-Econômico do DF (ZEE/DF) (DISTRITO FEDERAL, 2017).

2.3. Processamento e Análise de Dados

A partir dos mapas de manchas urbanas, foi calculada a evolução urbana em área e percentual ao longo do período analisado. Para cada data, também foram calculadas métricas de paisagem baseadas em fragmentos. A Tabela 2 apresenta as métricas utilizadas neste trabalho e suas respectivas descrições.

Tabela 2 - Descrição das métricas de paisagem utilizadas neste trabalho

Métrica de Paisagem	Descrição	Fórmula	Característica avaliada
Número de fragmentos (P)	Número de fragmentos na paisagem	$P = \sum p$	Fragmentação
Densidade de fragmentos (PD)	Número de fragmentos por km ²	$PD = P/A$	Fragmentação
Densidade de borda (ED)	Somatório do comprimento (m) das bordas de todos os fragmentos/área total (m ²) da paisagem	$ED = \frac{\sum_{p=1} e_p}{A} * 10000$	Forma
Índice de maior fragmento (LPI)	Área do maior fragmento/área urbana total	$LPI = \frac{a_{maxp}}{A_u} * 100$	Dominância
Índice de forma (LSI)	Complexidade da forma dos fragmentos pela razão padronizada entre perímetro e área.	$LSI = \frac{0,25 * \sum_{e=1}^n e_p}{\sqrt{A_u}}$	Agregação/complexidade geométrica

Onde: **p** = fragmento; **A** = área total da paisagem; **A_u** = área total da mancha urbana; **a_{maxp}** = área do maior fragmento; **e_p** = perímetro do fragmento.

Fonte: adaptado de Herold *et al.*, (2003), McGarigal *et al.* (2012) e Jung (2016)

Elaboração: Os Autores.

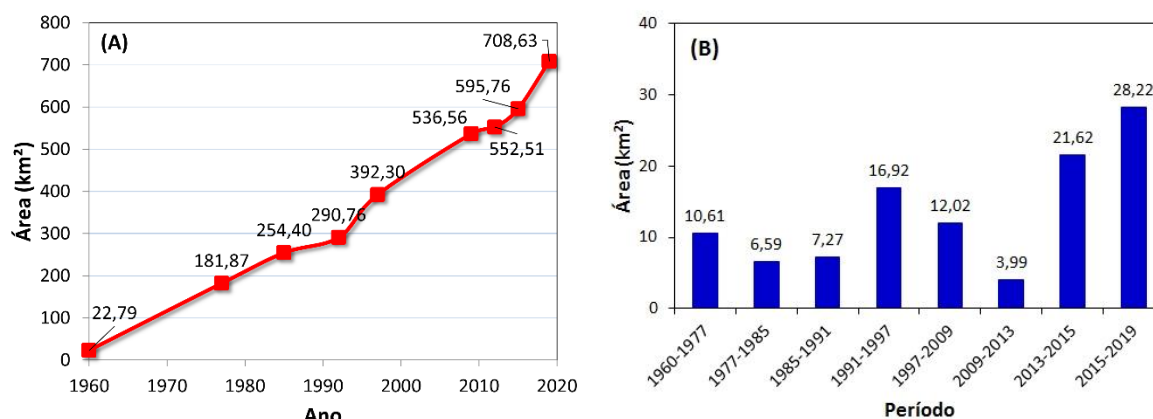
As métricas de paisagem quantificam as dimensões e mensuram a distribuição espacial das manchas, avaliando tanto o fragmento individualmente como a estrutura geral da área e o papel de cada fragmento no conjunto (DA ROCHA *et al.*, 2016). Essas métricas refletem a configuração espacial da urbanização e seus padrões de forma, dispersão, fragmentação, agregação e conectividade das áreas urbanas. Para cada uma dessas características, existe uma grande quantidade de métricas disponíveis na literatura. Entretanto essas métricas costumam ser altamente correlacionadas, podendo gerar redundância de informações (SOARES *et al.*, 2008; McGARIGAL *et al.*, 2012). Dessa forma, optou-se por utilizar um número reduzido de métricas, já testadas em áreas urbanas (DA ROCHA *et al.*, 2016), que pudessem trazer informações relevantes sobre a mancha urbana.

As métricas de paisagem utilizadas neste estudo foram calculadas com suporte dos programas FRAGSTATS (McGARIGAL *et al.*, 2012) e LecoS (JUNG, 2016). Adicionalmente, para cada data, foram calculadas a área e o percentual de área urbana ocupada por zona de ordenamento territorial; por bacia hidrográfica; por faixa de altitude; por classe de declividade; em áreas de risco ecológico; e por geomorfologia, por meio de técnicas de sobreposição e interseção de camadas em ambiente SIG.

3. RESULTADOS

Desde a sua inauguração, a área urbana do Distrito Federal sempre esteve em crescimento, com um ritmo médio de aproximadamente $11,43 \text{ km}^2 \text{ ano}^{-1}$ (Figura 4a). Porém, ao analisar a taxa de crescimento por período, observa-se grande variação nas taxas de crescimento, sendo que os períodos de maior crescimento são os mais recentes, de 2013 até o presente (Figura 4b), quando a taxa de crescimento urbano passa de $20 \text{ km}^2 \text{ ano}^{-1}$. Esses resultados demonstram que o DF ainda não atingiu sua maturidade urbana, segundo o padrão de crescimento urbano descrito pela *United Nations* (2019) e essa expansão ainda não se estabilizou, sendo provável que a urbanização continue acelerada nos próximos anos. Atualmente a mancha urbana ocupa 12% da área total do Distrito Federal.

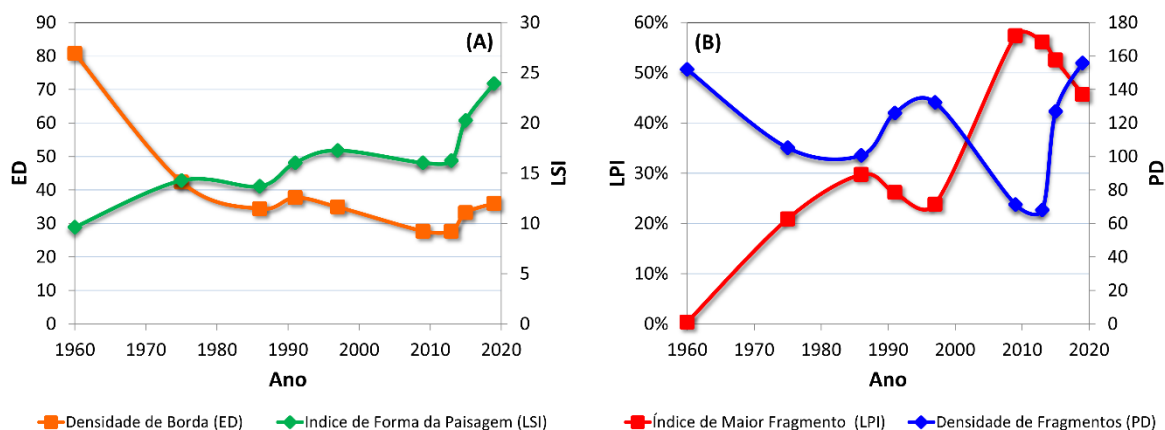
Figura 4 - Expansão anual (A) e crescimento anualizado em diferentes períodos (B) da área urbana no Distrito Federal (DF)



Elaboração: Os Autores.

À medida que a mancha urbana foi crescendo, foi se tornando geometricamente mais complexa. A Figura 5a apresenta a variação de ED e LSI ao longo do período analisado. O aumento da complexidade geométrica da mancha urbana é demonstrado pelo LSI. Quanto maior esse índice, maior agregação das manchas e mais irregular é a sua geometria. A ED apresenta a relação entre perímetro e área da mancha urbana. É igual a 0 quando a mancha urbana não possui arestas e buracos vazios (McGARIGAL *et al.*, 2012). O alto valor de ED em 1960 reflete a ocupação inicial do território em formato linear, decorrente do formato de avião (ou cruz) proposto. Após esse primeiro momento, a ED foi se reduzindo à medida que a cidade crescia, indicando crescimento em todas as direções e um aumento no adensamento urbano. Porém, o novo aumento de ED nos últimos dois períodos analisados reflete o novo ciclo de fragmentação e espalhamento da mancha urbana do Distrito Federal. Esse aumento recente também foi acompanhado de um aumento no LSI, demonstrando crescimento geometricamente irregular e heterogêneo.

Figura 5 - Evolução temporal da densidade de borda e do índice de forma da paisagem (A) e evolução temporal do índice de maior fragmento e da densidade de fragmentos (B)



Elaboração: Os Autores.

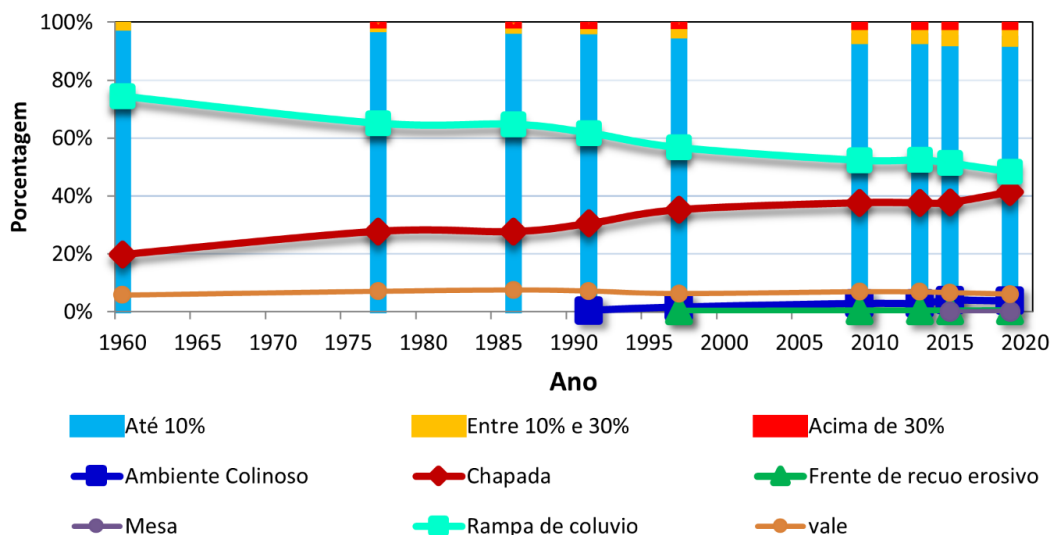
A sazonalidade dos períodos de fragmentação e adensamento pode ser observada na Figura 5b. Os valores de PD e LPI tendem a ter uma relação inversamente proporcional. Um alto valor de PD reflete uma mancha urbana muito fragmentada e conseqüentemente com baixo LPI, uma vez que não há predominância de nenhum fragmento (McGARIGAL *et al.*, 2012). No caso do DF, observou-se uma mancha urbana bastante fragmentada na sua fundação, seguido de um período de adensamento até 1986. A partir dessa data, houve novo período de fragmentação até 1997, seguido por outro de adensamento até 2013, que foi sucedido por um novo período de fragmentação até os momentos atuais. Essa sazonalidade reflete um padrão cíclico de adensamento e fragmentação da mancha urbana do Distrito Federal.

Quanto à expansão da mancha urbana na paisagem, nota-se uma forte preferência por ocupação das áreas planas (Figura 6): 93% da mancha urbana encontram-se em áreas com declividade igual ou inferior a 10%. A mancha urbana em áreas com declividade superior a 30% representa menos de 1% do total. Apesar disso, a taxa de ocupação de áreas declivosas ocupadas vem aumentando ao longo do período analisado. Nota-se um forte avanço da mancha urbana sobre as áreas de chapada em decorrência de serem circunvizinhas às áreas de rampa de colúvio, as quais foram as primeiras a serem ocupadas, seguindo o planejamento inicial de estabelecimento da cidade. A partir de 1997, é possível observar um aumento da ocupação das áreas de ambiente colinoso, representado pelas topografias mais baixas e com relevo mais movimentado (NEVES *et al.*, 2018).

O formato da mancha urbana também foi fortemente afetado pelas normas de UGB vigentes. Desde que foram implementadas em todo o DF, em 1985, mais de 90% da mancha urbana respeitou os limites definidos pelos macrozoneamentos presentes nessas normas, com exceção do último período analisado (2015-2019), onde 18,14% da mancha urbana estavam fora da zona definida como de ocupação urbana, sendo a grande maioria, 18% do total, ocupando áreas direcionadas à ocupação rural.

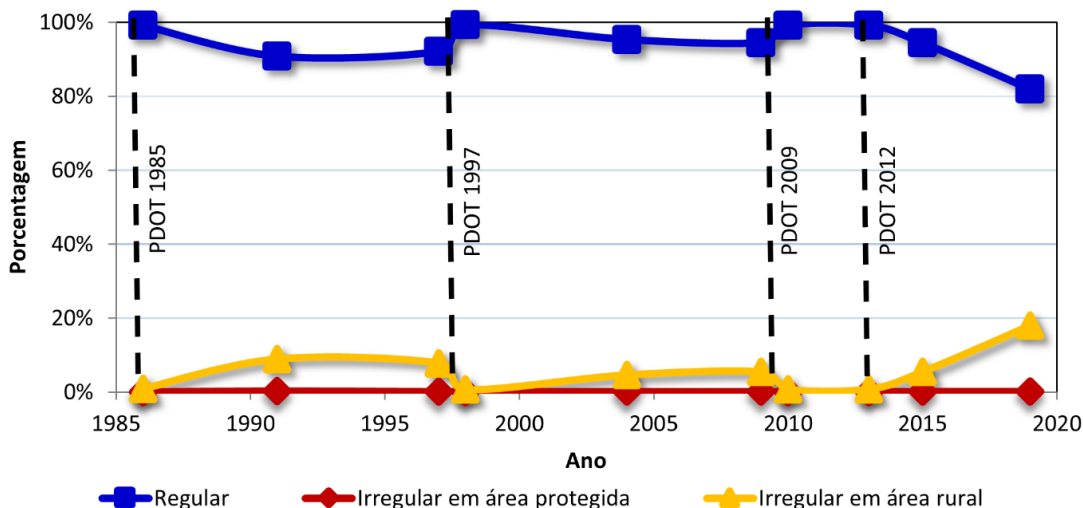
A Figura 7 apresenta a evolução temporal da mancha urbana em função das UGB vigentes. As linhas tracejadas indicam os anos em que houve aprovação de novos PDOTs ou atualizações desses. Observou-se grande êxito das áreas ambientalmente protegidas em conter a expansão urbana, uma vez que apenas 0,14% da mancha urbana se localiza nessas áreas, sendo que esse percentual nunca foi superior a 0,3% ao longo dos períodos analisados.

Figura 6 - Evolução temporal da mancha urbana em função da declividade e geomorfologia



Elaboração: Os Autores.

Figura 7 - Evolução temporal da mancha urbana em função dos limites de crescimento urbano vigentes em cada período analisado

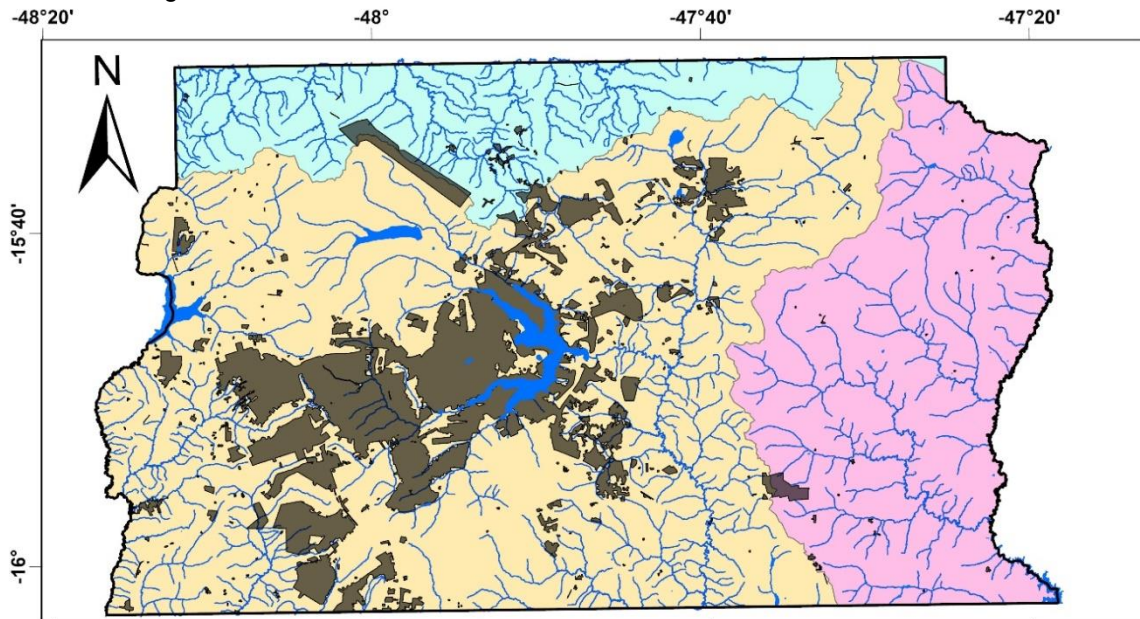


Elaboração: Os Autores.

Foi observada, ainda, uma maior atração pela ocupação urbana na região hidrográfica do Paraná: 96% da mancha urbana estão localizadas nessa região (Figura 8). A ocupação urbana significativamente menor nas outras duas bacias pode ser explicada pelo relevo fortemente acentuado na região hidrográfica Tocantins-Araguaia e pela baixa conectividade urbana com as demais manchas na região hidrográfica do São Francisco, uma vez que tanto o relevo acidentado quanto a ausência de conectividade são apontados pela literatura como limitadores de crescimento urbano (LI *et al.*, 2013, 2018; JI *et al.*, 2017). O formato dessa mancha demonstra que áreas planas da região hidrográfica do Paraná são os principais vetores de ocupação urbana, enquanto as áreas protegidas em com maiores declividades são fortes barreiras ao crescimento dessa mancha, porém foram observados outros fatores influenciadores do formato da morfologia da mancha urbana.

As Figuras 9 e 10 apresentam a localização da mancha urbana do Distrito Federal em 2019 em relação à declividade e às macrozonas definidas pelo PDOT atualmente vigente, respectivamente. Os valores em parênteses representam a proporção da mancha urbana em cada classe temática. O baixíssimo percentual de ocupação de áreas protegidas pela urbanização denota forte eficiência dessas áreas na contenção da expansão urbana.

Figura 8 - Localização da mancha urbana do Distrito Federal em 2019 em termos de regiões hidrográficas

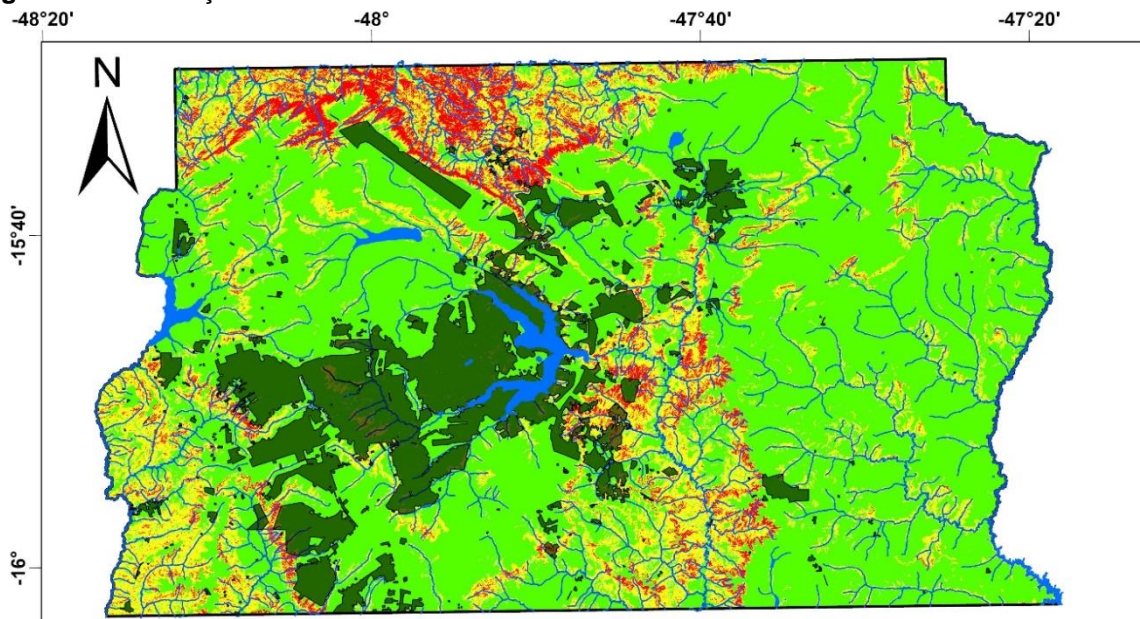


Legenda:

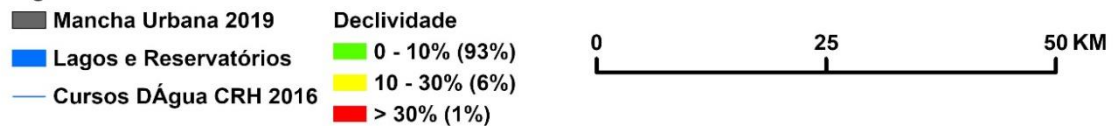


Fontes: ADASA (2016); Distrito Federal (2019a)
Elaboração: Os Autores.

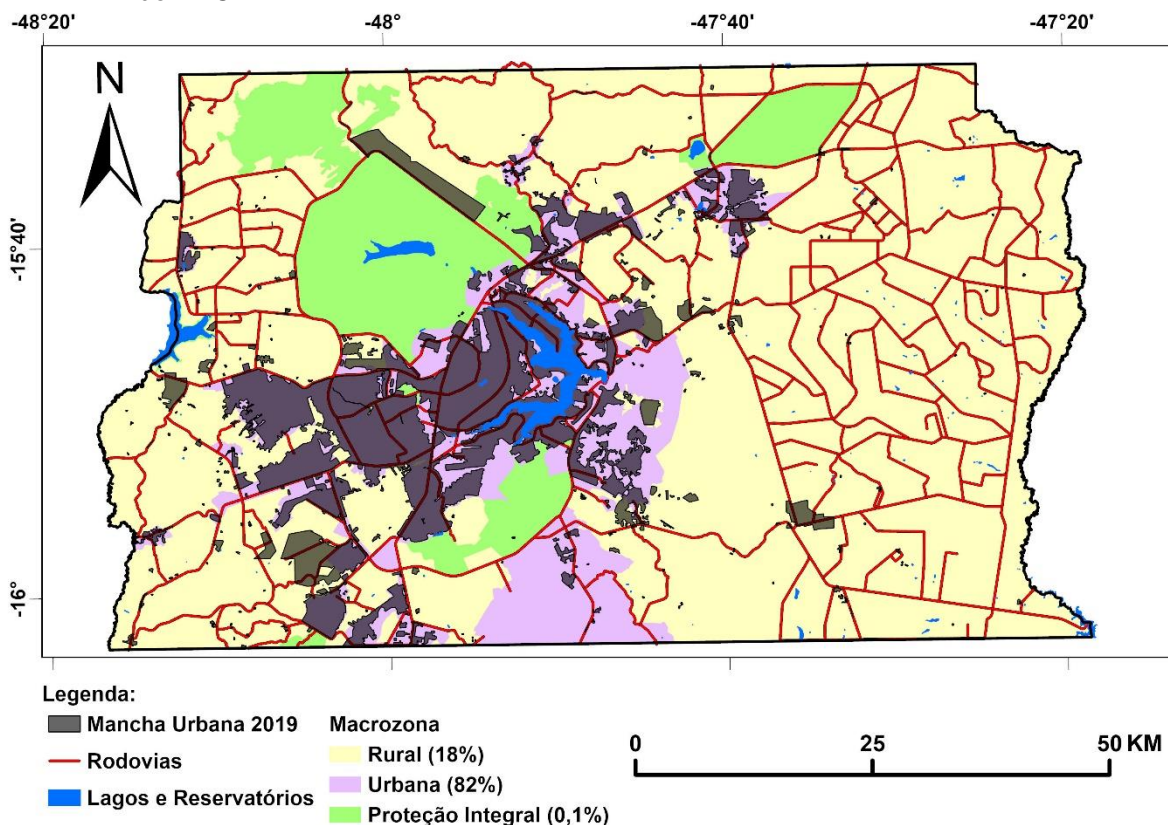
Figura 9 - Localização da mancha urbana do Distrito Federal em 2019 em termos de declividades



Legenda:



Fontes: TERRACAP (2009); Distrito Federal (2019a)
Elaboração: Os Autores.

Figura 10 - Localização da mancha urbana do Distrito Federal em 2019 em termos de macrozonas do PDOT

Fontes: Distrito Federal (2012; 2019a)
Elaboração: Os Autores.

Ao comparar a mancha urbana de 2019 com o mapa de risco ecológico de perda de áreas remanescentes de Cerrado nativo do ZEE/DF (DISTRITO FEDERAL, 2017), elaborado a partir de dados de 2013, observa-se que a expansão urbana foi responsável pela supressão de aproximadamente 48 km² de Cerrado nativo entre 2013 e 2019, representando aproximadamente 2% da cobertura vegetal nativa remanescente no Distrito Federal naquele ano. Considerando-se as classes de risco, foram suprimidos 8% dos remanescentes de muito alto risco; 3% de alto risco; e 1% dos de médio risco. Aproximadamente 7% da mancha urbana expandiram-se sobre áreas de vegetação nativa nesse período. A maior parte dessas áreas não estava inserida em zona de proteção ambiental.

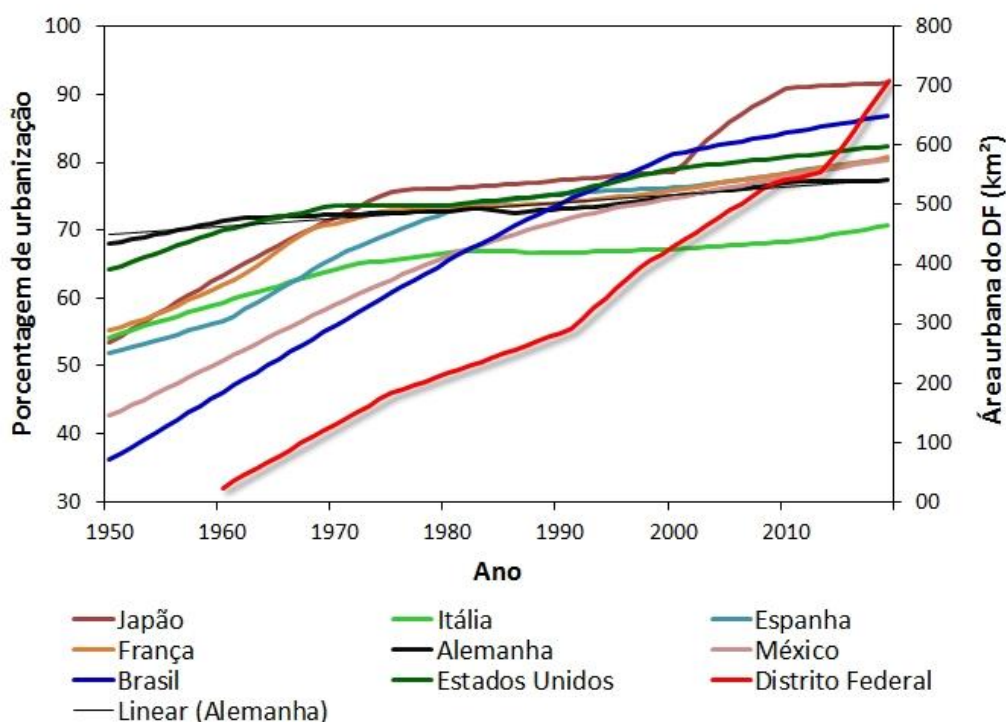
Aproximadamente 80% da mancha urbana do Distrito Federal estão em áreas de alto ou muito alto risco de contaminação do subsolo; 17% estão em área de alto ou muito alto risco de erosão; e 43% estão em área de alto ou muito alto risco de perda de recarga de aquífero. De maneira geral, as áreas de alto risco de contaminação do subsolo estão associadas às rampas de colúvio e planaltos. Já as de alto risco de perda de recarga de aquífero estão associadas apenas aos planaltos, enquanto as áreas de alto risco de erosão estão associadas aos ambientes colinosos (DISTRITO FEDERAL, 2017).

4. DISCUSSÕES

4.1. Ritmo e Morfologia de Crescimento

Em geral, à medida que os níveis de urbanização aumentam, as taxas de urbanização diminuem (UNITED NATIONS, 2019). Entretanto, esse padrão ainda não ocorreu no Distrito Federal. A variação da velocidade do crescimento do DF ao longo dos sessenta anos, com destaque para a aceleração do crescimento urbano a partir de 2013, indica que o DF está longe da sua estagnação ou redução do crescimento. A Figura 11 apresenta a comparação do ritmo de expansão urbana do Distrito Federal com o de países cujas cidades são consideradas “maduras”, bem como a média de urbanização brasileira.

Figura 11 - Ritmo de crescimento urbano do Distrito Federal em comparação à média nacional e países cujas cidades são consideradas maduras



Fonte: United Nations (2019)
Elaboração: Os Autores.

Enquanto nesses países há uma tendência de redução ou estabilização do crescimento nos últimos anos, a curva do Distrito Federal apresenta acentuada ascendência. Isso significa que o DF ainda está na fase exponencial do modelo de crescimento sigmoide, indicando uma tendência de manutenção ou aumento da taxa de expansão urbana por algum período antes de começar a desacelerar. O breve período de desaceleração da expansão urbana, verificado entre 2009 e 2013, pode ser atribuído ao forte arrefecimento do mercado imobiliário causado pela crise econômica global de 2008, a qual teve suas principais causas atreladas ao setor imobiliário (AYTAÇ *et al.*, 2014; BRAND, 2016; BARON e MINASSIAN, 2018).

O mapeamento da morfologia urbana e a identificação dos seus padrões espaciais são essenciais para a compreensão de seus impactos e apresentam resultados mais confiáveis que os métodos tradicionais (RAITH, 2000; CASTRO *et al.*, 2019). Segundo Dietzel *et al.*, (2005, p. 231), "o crescimento urbano pode ser caracterizado como tendo dois processos distintos, difusão e coalescência, com cada processo seguindo um padrão harmônico". Em outras palavras, a urbanização exhibe padrões cíclicos no tempo e no espaço, impulsionados por dois processos alternados: difusão ou fragmentação, que propaga o crescimento urbano dos centros existentes para novas áreas de desenvolvimento e coalescência ou adensamento que é caracterizada pela expansão externa e pelo preenchimento das áreas urbanas existentes. Esse fenômeno cíclico ficou claramente demonstrado na evolução temporal da mancha urbana do DF, conforme demonstrado na Figura 5b. Apesar de ainda alto, a tendência de queda no valor do LPI demonstra que o principal fragmento urbano do DF está perdendo importância nos últimos anos, indicando uma tendência de descentralização urbana.

Entretanto, os impactos na paisagem postulados por Forman e Gordon (1986) não foram verificados. Esses autores afirmaram que, ao longo de um gradiente de modificação de paisagem, a densidade de manchas aumenta exponencialmente; a regularidade do formato das manchas também aumenta; e a conectividade da paisagem diminui. Porém, no DF, a densidade de fragmentos oscilou ciclicamente e as manchas urbanas se tornaram cada vez mais geometricamente complexas, mas de fato, a conectividade de paisagem natural foi diminuída.

As cidades com maior complexidade geométrica são mais dinâmicas e menos estáticas e suas manchas urbanas podem ser caracterizadas como espaços de transformação e ampliação de suas fronteiras (DA ROCHA, 2016). O aumento do LSI nos últimos anos reflete esse dinamismo morfológico da mancha urbana do DF e sua tendência de expansão.

O alto valor de PD reflete a existência de muitos fragmentos de pequenas dimensões. Esses fragmentos estão cada vez mais dispersos e com posicionamento não integrado à rede urbana. Entretanto, essa rede de pequenos fragmentos está fortemente relacionada à infraestrutura viária (Figura 10). A relação entre fragmentos urbanos e malha viária também ajuda a explicar o porquê de algumas áreas com vocação urbana não estarem ocupadas e algumas áreas rurais estarem ocupadas por manchas urbanas. Os trechos da zona urbana não ocupados possuem pouca infraestrutura viária. Por outro lado, as áreas rurais ocupadas por manchas urbanas possuem vias que garantem a conectividade com as áreas núcleo da mancha urbana.

4.2. Vetores e Barreiras

Sistemas urbanos são espaços estendidos nos quais os processos físicos, ecológicos e socioeconômicos interagem entre si (WUA *et al.*, 2011). No caso do DF, ficou demonstrada a forte influência da declividade para direcionar a ocupação prioritariamente em áreas mais planas: 89,7% das manchas urbanas estão concentradas em rampa de colúvio e chapadas. Historicamente, esse percentual sempre esteve em torno de 90%, entretanto, a proporção de ocupação de cada área mudou drasticamente ao longo dos anos.

Nos anos subsequentes à criação do Distrito Federal, mais de 70% das manchas urbanas localizavam-se em rampa de colúvio e menos de 20% em chapadas. À medida que a cidade foi se expandindo, houve uma aceleração da expansão urbana sobre essas áreas em detrimento daquelas, culminando em 41% da mancha urbana ocorrendo em chapada e apenas 48% em rampa de colúvio. Essas duas geomorfologias apresentam declividade média inferior a 5% (NEVES *et al.*, 2018), evidenciando uma clara preferência pela

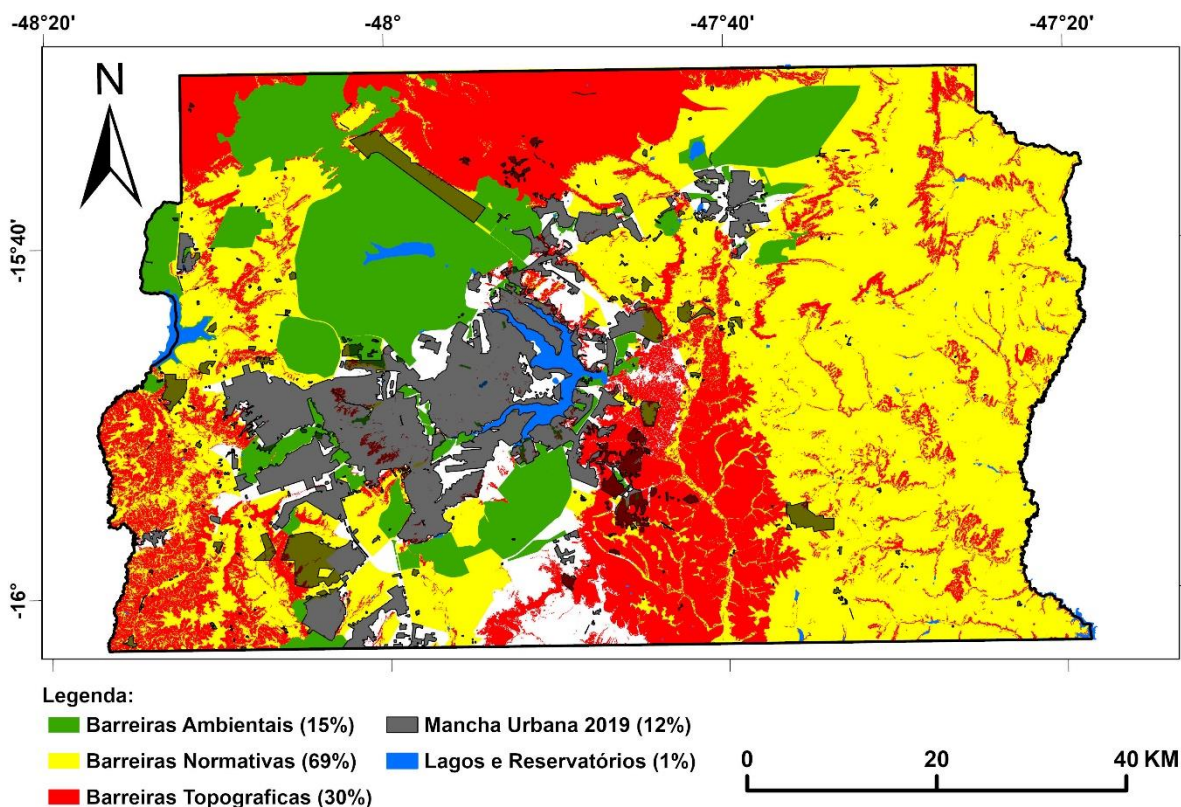
ocupação de áreas planas. A diferença entre as duas geomorfologias está, principalmente, na altitude, sendo as chapadas localizadas em altitudes mais elevadas.

A proporção de ocupação inicial se deu pelo fato de a cidade ter sido projetada para se localizar em rampa de colúvio. À medida que a cidade foi crescendo e o planejamento urbano inicial foi sendo abandonado, esse crescimento se deu de forma mais intensa em direção às áreas de chapada. A intensa ocupação das chapadas pode ser explicada pelos seguintes fatores: i) as chapadas são geograficamente circunvizinhas à área central do DF onde ocorre a rampa de colúvio onde Brasília foi construída, formando um anel em volta dessa área; ii) ambas as geomorfologias são igualmente planas; e iii) as áreas de chapadas são mais altas, podendo haver preferência pela ocupação dessas áreas em detrimento de áreas mais baixas (LI *et al.*, 2018).

Do ponto de vista dos ecossistemas pré-existentes, a mancha urbana do DF tende a não avançar sobre áreas preservadas, direcionando-se às áreas com vocação urbana. Porém, nota-se um acelerado processo de ocupação de áreas com vocação rural. O formato da mancha urbana atual demonstra claramente como o relevo e as áreas ambientalmente protegidas funcionam como barreiras à expansão urbana. Ao norte, ocorrem ambientes colinosos. Esses ambientes também ocorrem a leste e sudeste e se somam ao Lago Paranoá como barreira ao crescimento nessas direções. A noroeste, encontra-se o Parque Nacional de Brasília. Ao sul, ocorre um mosaico de áreas protegidas: Estação Ecológica do Jardim Botânico; Estação Ecológica Universidade de Brasília e Reserva Ecológica do IBGE. Dessa forma, a única direção de crescimento resultante é o sudoeste, para onde, de fato, a cidade se expandiu. Entretanto, apenas o relevo, a declividade e as áreas protegidas não são suficientes para explicar o formato da mancha urbana atual.

A Figura 12 apresenta as barreiras topográficas, ambientais e normativas da expansão urbana identificadas neste trabalho. As barreiras topográficas são compostas pelos ambientes colinosos, frentes de recuo erosivo e demais áreas com declividade superior a 10%. As barreiras ambientais compreendem a zona de proteção integral definida pelo PDOT (DISTRITO FEDERAL, 2009) e as demais unidades de conservação localizadas em zona rural. As barreiras normativas compreendem as zonas rurais definidas no PDOT (DISTRITO FEDERAL, 2009). Valores entre parêntesis indicam o percentual de ocupação por cada classe temática no Distrito Federal.

Foi identificada uma hierarquia entre as barreiras ao crescimento urbano, sendo as barreiras ambientais mais fortes que as barreiras topográficas, e as barreiras normativas as menos eficientes. O recente avanço em direção às áreas rurais denota um exaurimento da eficiência dos UGBs estabelecidos normativamente pelo PDOT. O aparente sucesso das normas de UGBs anteriores pode ser atribuído ao fato de serem sistematicamente alterados para tornar regular uma situação que era considerada irregular pela norma anterior. Essa situação fica clara ao se analisar a Figura 7. A entrada em vigor de um novo PDOT sempre reduziu o percentual de áreas irregularmente ocupadas, que voltava a crescer nos anos seguintes, até que uma nova atualização de norma regularizasse parte dessas áreas. Na última atualização normativa, em 2012, o PDOT passou a considerar, quase a totalidade da mancha urbana do DF naquele ano como regular, do ponto de vista do zoneamento. Porém, nos anos seguintes, a expansão urbana em direção às áreas rurais se intensificou alcançando o maior percentual de áreas irregularmente ocupadas da série histórica.

Figura 12 - Mancha urbana e barreiras para o crescimento urbano do Distrito Federal

Fontes: Distrito Federal (2012; 2019a); Terracap (2009)
Elaboração: Os Autores.

A expansão urbana no Distrito Federal ocorreu de forma bastante heterogênea. Diversos bairros surgiram como assentamentos irregulares e depois passaram a ser incorporados ao ordenamento urbano vigente por meio de atualizações nas leis de UGB. Entre 1986 e 1991, surgiram quatro novos assentamentos urbanos: Samambaia, São Sebastião, Vicente Pires e Sobradinho 2. Apenas o primeiro se localizava em área destinada à ocupação urbana. Porém, em 1992, houve uma atualização das normas de UGB e as duas últimas áreas também passaram a ter destinação urbana. Entre 1991 e 1997, além da expansão dos bairros existentes, surgiram mais nove assentamentos urbanos: Águas Claras, Recanto das Emas, Riacho Fundo 1 e 2, Santa Maria, Sudoeste, Contagem, Itapoã e Jardim Botânico, sendo que os três últimos estavam localizados em área com destinação rural. Porém, em 1997, houve nova atualização das normas de UGB, transformando essas áreas, além de São Sebastião, em áreas urbanas. Entre 1997 e 2009, além da expansão dos bairros existentes, surgiram oito assentamentos urbanos: Arniqueiras, Estrutural, Paranoá, Taquarí, Ponte Alta, Pôr do Sol, Sol Nascente e Água Quente. Os três últimos localizados em área com destinação rural. Porém, em 2009, houve nova atualização das normas de UGB, transformando essas áreas em urbanas.

Entre 2009 e 2012, não houve surgimento de nenhum assentamento, apenas a expansão dos existentes. Isso resultou em alterações legislativas que pouco afetaram o zoneamento (DISTRITO FEDERAL, 2012). Entre 2012 e 2015, além da expansão dos bairros existentes e da intensa fragmentação da mancha urbana, surgiram mais três assentamentos urbanos: Noroeste, 26 de Setembro e Morro da Cruz. Os dois últimos localizados em área com destinação rural. Entre 2015 e 2019, além da expansão dos bairros existentes, o adensamento populacional transformou dois núcleos rurais em assentamentos com características urbanas: Café Sem Troco e Lago Oeste, também localizados em áreas

com destinação rural. Esses quatro últimos permanecem em áreas rurais. A mais recente atualização do PDOT repetiu o padrão de revisão normativa adotada nos anos anteriores: ampliou as áreas de regularização fundiária urbanas em áreas anteriormente ocupadas de forma irregular, sem trazer novas ferramentas e estratégias de planejamento e gestão da expansão urbana (DISTRITO FEDERAL, 2019b).

A grande diferença do processo de urbanização atual em relação aos primeiros anos do DF está na fragmentação. Até 2013, os novos assentamentos urbanos surgiam de forma pontual e iam se expandindo e se adensando ciclicamente, formando cidades. Até essa época, era fácil indicar os *hotspots* de crescimento urbano. Entretanto, o padrão espacial atual indica forte fragmentação, surgindo diversos pequenos núcleos urbanos encravados em áreas com destinação rural.

Do ponto de vista espacial, o surgimento dos assentamentos urbanos em área rural aconteceu pelo sucessivo fracionamento de glebas, as quais foram se tornando cada vez menores, acarretando no adensamento populacional, até que essas frações passassem a ser inviáveis do ponto de vista rural e, conseqüentemente, transformando-se em lotes urbanos. O avanço da mancha urbana preferencialmente sobre áreas rurais é amplamente reportado na literatura (CARLSON e ARTHUR, 2000; ROBINSON *et al.*, 2005; GRIFFITHS *et al.*, 2010; HEPINSTALL-CYMERMAN *et al.*, 2013; GOUNARIDIS *et al.*, 2018; SAHANA *et al.*, 2018). Entretanto, a expansão urbana recente sobre as áreas rurais do DF ocorreu mesmo ainda havendo áreas com vocação urbana para serem ocupadas, conforme apresentado pelas áreas em roxo na Figura 10 e em branco na Figura 12. Esse fenômeno pode ser explicado por questões de critérios logísticos como mobilidade, acesso a serviços essenciais e infraestrutura pré-existente, entre outros (ALMEIDA *et al.*, 2008; THAPA e MURAUAMA, 2011) e socioeconômicos como custos da terra e de moradia (BERTAUD, 2017). Assentamentos urbanos informais se devem, em grande medida, à reduzida oferta de terrenos urbanizados a preços acessíveis à maior parte da população (FREITAS, 2017). Isso demonstra não apenas que o estabelecimento de limites é importante para o direcionamento da expansão urbana, mas também políticas públicas que efetivamente estimulem a ocupação de áreas com vocação urbana e a manutenção das áreas rurais com suas características originais.

No caso do Distrito Federal, os assentamentos informais foram criados tanto pela classe baixa como pela classe média-alta. Itapoã, Pôr do Sol e Sol Nascente são assentamentos criados pela classe baixa. Já Vicente Pires e Jardim Botânico foram criados pela classe média-alta. Os assentamentos 26 de Setembro e Lago Oeste vêm passando por um processo de gentrificação. Esse fenômeno ocorreu, pois o governo local não conseguiu suprir a demanda habitacional nem das classes mais baixas, nem das mais altas ao longo dos anos.

Uma das abordagens recentemente adotada em vários lugares do mundo envolve a criação de áreas de uso misto, particularmente de atividades complementares como varejo, entretenimento e habitação nos centros urbanos. Novas construções que aproximam casa, trabalho e compras, incentivam o tráfego de pedestres, promovem o desenvolvimento em torno de nós de transporte de massa e misturam tipos de moradia. A inexistência de inflexão da curva de crescimento urbano, apresentada nas Figuras 4a e 11, indica que ainda não há tendência de estabilização da mancha urbana no DF. Isso torna ainda mais importante o desenvolvimento de políticas adequadas a atual realidade urbana da capital do país.

4.3. Impactos Ambientais da Urbanização

Os efeitos reais do padrão da paisagem urbana nos processos ecológicos não podem ser previstos de maneira confiável sem examinar diretamente os processos

ecológicos em si (LI e WU, 2004). Entretanto, é possível correlacionar impactos ambientais observados por outros autores aos resultados desta pesquisa.

Neves *et al.* (2018) demonstraram que o Distrito Federal perdeu 275 km² de vegetação natural, enquanto a cobertura agropastoril aumentou 126 km² entre 1985 e 2000 e depois passou a se reduzir até 2015, perdendo aproximadamente 51,4 km². Por outro lado, a mancha urbana cresceu aproximadamente 283 km² nesse período. Isso indica que a mancha urbana, em um primeiro momento, empurrou as áreas rurais em direção às áreas de cerrado e, em um segundo momento, acelerou de tal forma que passou a suprimir as áreas agropastoris. Essa tendência de supressão de áreas agrícolas fica evidenciada pelo forte aumento das ocupações informais observados a partir de 2013 (Figura 7).

O padrão de supressão de vegetação nativa pela urbanização entre 2013 e 2019 reforça o diagnóstico de risco de perda de Cerrado nativo realizado pelo ZEE/DF (DISTRITO FEDERAL, 2017), uma vez que as áreas mais afetadas pela expansão urbana foram, justamente, as de muito alto risco, seguido pelas de alto e médio riscos, respectivamente. A maior parte dessas supressões ocorreu fora de unidades de conservação, sendo que as áreas protegidas pelas normas de UGB praticamente não foram afetadas: 61% dos remanescentes suprimidos estavam em zona urbana; 39% em zona rural e apenas 0,6% em zona de proteção ambiental. Esse resultado reforça a tese de que as zonas de proteção ambiental possuem grande poder de barrar a expansão urbana.

Aproximadamente 59% do Distrito Federal é coberto por áreas de alto ou muito alto risco de contaminação do subsolo (DISTRITO FEDERAL, 2017). As áreas de médio e baixo risco são justamente aquelas menos propícias para ocupação urbana. Isso explica o fato de mais de 80% da mancha urbana estar em áreas de alto risco. A maior parte da mancha urbana localizada em áreas de alto ou muito alto risco de perda de recarga de aquífero são justamente as regiões de chapada e coincidem com as direções em que a mancha urbana mais se expandiu, em desacordo com o projeto original da cidade.

O Distrito Federal possui alta suscetibilidade às condições climáticas (TORRES *et al.*, 2012). A Agência Nacional de Águas já inclui o DF entre as cidades brasileiras com alta vulnerabilidade hídrica e que necessitam de novas fontes de água (ANA, 2017). Chelotti *et al.* (2019) observaram que a variabilidade de cotas do principal reservatório de abastecimento de água do DF vem aumentando nos últimos anos, acarretando em aumento da concentração de sedimentos em suspensão. Esse aumento de variação pode ser explicado pela sazonalidade pluviométrica a que o DF está submetido associado ao avanço da urbanização, em especial sobre as áreas de alto risco de perda de recarga de aquífero, aumentando a necessidade de recursos hídricos, em especial nos períodos de estiagem.

A inevitável ocupação urbana dessas áreas reforça ainda mais a necessidade de regular e planejar a ocupação urbana, prevendo taxas de impermeabilização do solo e garantindo ampla rede de coleta e tratamento de esgotos, bem como a criação de espaços verdes urbanos, uma vez que os remanescentes de vegetação nativa em área urbana estão se reduzindo rapidamente. Além dos benefícios hidrológicos, as áreas verdes urbanas melhoram a sensação térmica, filtram a poluição, aumentam a biodiversidade urbana, melhoram a saúde física e mental dos habitantes e valorizam os imóveis (FAO, 2016).

5. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou a forte influência de fatores topográficos, ambientais e geopolíticos na caracterização espacial da mancha urbana, influenciando fortemente a sua geometria. A utilização de métricas de paisagem na análise espacial da urbanização facilita a compreensão desse fenômeno, contribuindo para o processo de tomada de decisão quanto ao planejamento urbano.

Os limites ambientais, topográficos e os estabelecidos pelos regramentos de limites de crescimento urbano (UGB) são capazes de direcionar a expansão urbana, porém não são os únicos. Além disso, há uma hierarquia de eficiência dessas barreiras.

O Distrito Federal continua em processo acelerado de urbanização, não havendo tendência de redução desse ritmo em um futuro próximo. A expansão tem ocorrido de forma heterogênea, com forte fragmentação nos últimos anos. A recente expansão urbana em direção às áreas rurais sugere uma perda de eficiência das atuais normas de UGB. Faz-se necessária uma revisão de tais instrumentos.

Os impactos e riscos ambientais decorrentes do processo de urbanização desordenado já podem ser verificados no Distrito Federal, como a perda de áreas agrícolas e de vegetação natural e o risco de perda de qualidade e quantidade de água para o abastecimento humano.

Os resultados apresentados neste trabalho são fundamentais para a revisão do planejamento urbano do Distrito Federal. Entretanto, faz-se necessário aprofundar os estudos nas principais áreas de expansão urbana, como nas áreas mais sensíveis ambientalmente a fim de se entender melhor a dinâmica de ocupação e os seus respectivos impactos. A partir dessa compreensão, o processo de tomada de decisão dos planejadores urbanos será mais preciso e efetivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL (TERRACAP). Aeorofotolevanteamento a Laser do Distrito Federal. 2009. Escala: 1:10.000.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Relatório pleno, 2017. Disponível em: de http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.
- AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). Mapa hidrográfico do Distrito Federal, 2016. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/mapas/mapa%20hidrografico%20-%20a4%20net.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- ALMEIDA, C. M.; GLERIANI, J. M.; CASTEJON, E. F.; SOARES-FILHO, B. S. Using neural networks and cellular automata for modelling intra-urban land-use dynamics. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 22, n. 9, p. 943-963, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658810701731168>.
- ANJOS, R. S. A.; ALBUQUERQUE, R. N.; SOARES, A. F. Mapeamento do uso da terra no Distrito Federal - 1964. **Espaço & Geografia**, v. 5, n. 1, p. 233-247, 2002.
- AYTAÇ, I. A.; RANKIN, B. H.; İBIKOĞLU, A. The social impact of the 2008 global economic crisis on neighborhoods, households, and individuals in Turkey. **Social Indicators Research**, v. 124, p. 1-19, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-014-0769-5>.
- BARÓ, F.; HAASE, D.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; FRANTZESKAKI, N. Mismatches between ecosystem services supply and demand in urban areas: A quantitative assessment in five European cities. **Ecological Indicators**, v.55, p. 146-158. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.013>.
- BARON, N.; MINASSIAN, H. T. Le renouveau immobilier madrilène après la crise de 2008. Reprise en main d'une politique locale du logement ou poursuite du modèle spéculatif? **Sud-Ouest Européen**, v. 46, p. 75-92, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4000/soe.4788>.
- BERTAUD, A. The costs of utopia: Brasília, Johannesburg, and Moscow. Paranoá: **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, n. 18, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n18.2017.02>.
- BEZERRA, C. G.; SANTOS, A. R.; PIROVANI, D. B.; PIMENTEL, L. B.; EUGENIO, F. C. Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, Alegre, ES. **Espaço & Geografia**, v. 14, n. 2, p. 257-277, 2011. ISSN: 1516-9375
- BRAND, P. Reformas y nuevas prácticas del Estado en el desarrollo urbano después de la crisis financiera global de 2008. **Territorios**, v. 35, pp. 13-35, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.12804/territ35.2016.01>.
- BRASIL. Lei nº 2.874, de 19 de setembro de 1956. Dispõe sobre a mudança da Capital Federal e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/1950-1969/L2874.htm. Acesso em: 04 maio 2019.

BRASIL. Lei nº 4.545, de 10 de dezembro de 1964. Dispõe sobre a reestruturação administrativa do Distrito Federal e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4545.htm. Acesso em: 17 set. 2020.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm. Acesso em: 29 abr. 2020.

CARLSON, T. N.; ARTHUR, S. T. The impact of land use-land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: a satellite perspective. **Global and Planetary Change**, v. 25, p. 49-65, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(00\)00021-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(00)00021-7).

CASTRO, K. B., ROIG, H. L. NEUMANN, M. R. B., ROSSI, M. S., SERAPHIM, A. P. A. C. C., RÉQUIA JUNIOR, W. J., DA COSTA, A. B. B., HOFER, R. New perspectives in land use mapping based on urban morphology: A case study of the Federal District, Brazil. **Land Use Policy**. 87 (2019) 104032. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104032>.

CHELOTTI, G. B.; MARTINEZ, J. M.; ROIG, H. L.; OLIVIETTI, D. Space-temporal analysis of suspended sediment in low concentration reservoir by remote sensing. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, e17, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.241920180061>.

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN). **Atlas do Distrito Federal**. Brasília: CODEPLAN, 2017, 114 p. Disponível em: <http://www.Codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Atlas-do-Distrito-Federal-2017.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020

COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN). **Pesquisa distrital por amostra de domicílios - PDAD 2018**. Brasília: CODEPLAN, 2019, 115 p. Disponível em: <http://www.Codeplan.df.gov.br/pdad-2018/>. Acesso em 15 jun. 2020.

DA ROCHA, N. A.; BORGES, J. L. C.; MOURA, A. C. M. Conflitos das dinâmicas de transformação urbana e ambiental à luz da ecologia da paisagem. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**. 2016; 7(1): 23-34. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v7i1.8644222>.

DE PAULA, R. P.; SAIS, A. C.; DE OLIVEIRA, R. E.; OLIVAL, A. A. Sistemas agroflorestais na paisagem rural em Terra Nova do Norte - MT: métricas espaciais no auxílio das políticas de conservação ambiental em áreas de produção familiar. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. 2019; 52, p 175-193. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v52i0.61729>.

DIETZEL, C.; OGUZ, H.; HEMPHILL, J. J.; CLARKE, K. C.; GAZULIS, N. Diffusion and coalescence of the Houston metropolitan area: evidence supporting a new urban theory. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 32, p. 231-236, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1068/b31148>.

DISTRITO FEDERAL. Decreto nº 4.049, de 10 de janeiro de 1978. Aprova o Plano Estrutural de Organização Territorial do Distrito Federal - PEOT, nos termos dos estudos realizados pelo Grupo de Coordenação do Convênio SEPLAN/GDF. Disponível em: <http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Diario/edd3030b-1fab-3be4-be7d-47a0a7c807cc/0660d5bc.pdf>. Acesso em: 04 maio 2019.

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 353, de 18 de novembro de 1992. Aprova o Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal, institui o Sistema de Planejamento Territorial e Urbano do Distrito Federal, e dá outras providências. Disponível em: http://www.tc.df.gov.br/sinj/Norma/23197/Lei_353_18_11_1992.html. Acesso em: 04 maio 2019.

DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar nº 17, de 28 de janeiro de 1997. Aprova o Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT e dá outras providências. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/51847/Lei_Complementar_17_28_01_1997.html. Acesso em: 04 maio 2019.

DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar nº 803, de 25 de abril de 2009. Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT e dá outras providências. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/60298/Lei_Complementar_803_25_04_2009.htm. Acesso em: 04 maio 2019.

DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar nº 854, de 15 de outubro de 2012. Atualiza a Lei Complementar nº 803, de 25 de abril de 2009, que aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT e dá outras providências. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/72806/Lei_Complementar_854_15_10_2012.html. Acesso em: 17 set. 2020.

DISTRITO FEDERAL. Zoneamento ecológico-econômico do Distrito Federal - ZEE DF. Caderno Técnico - Matriz Ecológica. Brasília, 2017, 164 p. Disponível em: http://www.zee.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/ZEE_DF_CT01_Matriz-Ecologica.pdf. Acesso em: 17 set. 2020.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação - SEDUH. Evolução Urbana. 2019. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/#>. Acesso em: 10 mar. 2020.

DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar nº 951, de 25 de março de 2019. Altera o art. 135 e anexos da Lei Complementar nº 803, de 25 de abril de 2009, que aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT e dá outras providências, e os arts. 4º e 14 da Lei nº 5.022, de 4 de fevereiro de 2013, que dispõe sobre o Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança - EIV e dá outras providências. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/8815d609bb134b6fa055711bab4e2b49/Lei_Complementar_951_25_03_2019.html. Acesso em: 18 set. 2020.

DJORDJEVIĆ, S.; BUTLER, D.; GOURBESVILLE, P.; MARK, O.; PASCHE, E. New policies to deal with climate change and other drivers impacting on resilience to flooding in urban areas: the CORFU approach. **Environmental Science and Policy**. v. 14, i. 7, p. 864-873. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.05.008>.

FONSECA, S. M.; SANTOS, D. C.; HERMANO, V. M. Geoprocessamento aplicado à análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG. **Revista de Geografia**, v. 30, n. 3, p. 178-191, 2013.

FONTOURA, L. N. J. Planejamento urbano-ambiental: o uso e ocupação do solo no Distrito Federal. **Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 5ª Edição nº 005**. Vol. 01/2013 - julho/2013. ISSN 2179-5568.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Guidelines on urban and peri-urban forestry. **FAO Forestry Paper** No. 178. Rome. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6210e.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

FORMAN, R. T. T.; GORDON, M. Landscape Ecology. Nova York: John Willey, 1986.

FREITAS, C. F. S. Regulações territoriais e expansão urbana informal: é possível preservar e incluir? **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**. n. 19, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n19.2017.02>.

GOMEZ-CHOVA, L.; TUIA, D.; MOSER, G.; CAMPS-VALLS, G. Multimodal classification of remote sensing images: A review and future directions. **Proceedings of the IEEE**, v. 103, n. 9, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2015.2449668>.

- GOUNARIDIS, D.; SYMEONAKIS, E.; CHORIANOPOULOS, I.; KOUKOULAS, S. Incorporating density in spatiotemporal land use/cover change patterns: The case of Attica, Greece. **Remote Sensing**, v. 10, 1034, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10071034>.
- GRIFFITHS, P.; HOSTERT, P.; GRUEBNER, O.; VAN DER LINDEN, S. Mapping megacity growth with multi-sensor data. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, p. 426-439, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.09.012>.
- GURNEY, K. R.; ROMERO-LANKAO, P.; SETO, K. C.; HUTYRA, L. R.; DUREN, R.; KENNEDY, C.; GRIMM, N. B.; EHLERINGER, J. R.; MARCOTULLIO, P.; HUGHES, S.; PINCETL, S.; CHESTER, M. V.; RUNFOLA, D. M.; FEDDEMA, J. J.; SPERLING, J. Climate change: Track urban emissions on a human scale. **Nature**, v. 525, n. 7568, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/525179a>.
- HAASE, D.; LARONDELLE, N.; ANDERSSON, E.; ARTMANN, M.; BORGSTRÖM, S.; BREUSTE, J.; GOMEZ-BAGGETHUN, E.; GREN, A.; HAMSTEAD, Z.; HANSEN, R.; KABISCH, N.; KREMER, P.; LANGEMEYER, J.; L. RALL, E.; MCPHEARSON, T.; PAULEIT, S.; QURESHI, S.; SCHWARZ, N.; VOIGT, A.; WURSTER, D.; ELMQVIST, T. A Quantitative Review of Urban Ecosystem Service Assessments: Concepts, Models, and Implementation. **AMBIO**, v. 43, p. 413-433, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0>.
- HENTZ, A.; CORTE, A. P. D; BETINA, D.; SANQUETTA, C. R. Avaliação da fragmentação dos remanescentes florestais da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu - PR, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2842-2858, 2015.
- HEPINSTALL-CYMERMAN, J.; COE, S.; HUTYRA, L. R. Urban growth patterns and growth management boundaries in the Central Puget Sound, Washington, 1986–2007. **Urban Ecosystems**, v. 16, p. 109-129, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0206-3>.
- HEROLD, M.; GOLDSTEIN, N. C.; CLARKE, K. C. The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p. 286-302, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00075-0).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malha municipal 2019. Escala 1:250.000. SGR SIRGAS 2000. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 17 set. 2020.
- Jl, H.; XING, M.; XIANG, Z.; BAILU, Y.; MIN, L.; WEI-NING X. A long-term analysis of urbanization process, landscape change, and carbon sources and sinks: A case study in China's Yangtze River Delta region. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, 1040e1050, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.177>.
- JUNG, M. LecoS - A python plugin for automated landscape ecology analysis. **Ecological Informatics**, v. 31, p. 18-21, 2016. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2015.11.006.
- LI, G.; WU, J. Use and misuse of landscape indices. **Landscape Ecology**, v. 19, p. 389-399, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000030441.15628.d6>.
- LI, X.; ZHOU, W.; OUYANG, Z. Forty years of urban expansion in Beijing: What is the relative importance of physical, socioeconomic, and neighborhood factors? **Applied Geography**, v. 38, p. 1-10, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.11.004>.
- LI, G.; SUN, S.; FANG, C. The varying driving forces of urban expansion in China: Insights from a spatial-temporal analysis. **Landscape and Urban Planning**, v. 174, p. 63-77, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.03.004>.

- McDONALD, R. I.; GREEN, P.; BALK, D.; FEKETE, B. M.; REVENGA, C.; TODD, M.; MONTGOMERY, M. Urban growth, climate change, and freshwater availability. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 108, n. 15, p. 6312-6317, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1011615108>.
- McGARIGAL, K.; CUSHMAN, S. A.; ENE, E. FRAGSTATS v. 4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. 2012. Disponível em: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>. Acesso em: 08 maio 2019.
- MELCHIORRI, M.; FIORCZYK, A. J.; FREIRE, S.; SCHIAVINA, M.; PESARESI, M.; KEMPER, T. Unveiling 25 years of planetary urbanization with remote sensing: Perspectives from the global human settlement layer. **Remote Sensing**, v.10, 768, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10050768>.
- NEVES, G.; SENA-SOUZA, J. P.; VASCONCELOS, V.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F. Dinâmica da cobertura da terra do Distrito Federal dentro de suas unidades geomorfológicas. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 3, p. 383-396, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-2>.
- NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do Alto Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 25-36, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100003>.
- PENDALL, R. MARTIN, J. FULTON, W. Holding the line: Urban containment in the United States. **The Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy**, Washington, DC (2002). Disponível em: <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/pendallfultoncontainment.pdf>. Acesso em: 02 set. 2020.
- RAITH, E., 2000. Stadtmorphologie. Annäherungen, Umsetzungen, Aussichten. Springer, Wien.
- REQUIA, W. J.; ROIG, H. L.; KOUTRAKIS, P.; ROSSI, M. S. Mapping alternatives for public policy decision making related to human exposures from air pollution sources in the Federal District, Brazil. **Land Use Policy**, v. 59, p. 375-385, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.09.017>.
- ROBINSON, L.; NEWELL, J. P.; MARZLUFF, J. M. Twenty-five years of sprawl in the Seattle region: growth management responses and implications for conservation. **Landscape and Urban Planning**, v. 71, p. 51-72, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.02.005>.
- RODRIGUEZ, R. L.; FORS, I. M.; ROBLES, C. M. Six decades of urban green change in a neotropical city: A case study of Xalapa, Veracruz, Mexico. **Urban Ecosystems**, v. 22, p. 609-618, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00839-9>.
- SAHANA, M.; HONG, H.; SAJJAD, H. Analyzing urban spatial patterns and trend of urban growth using urban sprawl matrix: A study on Kolkata urban agglomeration, India. **Science of the Total Environment**, v. 628-629, p. 1557-1566, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.170>.
- SANTOS, R.; LANDIM, I. A. M.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Dinâmica e fragmentação florestal na sub-bacia do médio Iguazu (PR) no período de 2000 a 2015. **BIOFIX Scientific Journal**. 2017; 2(2): 76-85 DOI: <https://doi.org/10.5380/biofix.v2i2.55342>.

SCHNEIDER, A.; WOODCOCK, C. E. Compact, Dispersed, Fragmented, Extensive? A Comparison of Urban Growth in Twenty-five Global Cities using Remotely Sensed Data, Pattern Metrics and Census Information. **Urban Studies**. 45(3) 659-692, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1177/0042098007087340>.

SEVERO, D. S. 2014. Planejamento urbano no Distrito Federal: o caso de Ceilândia. Monografia. Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília. 73 p.

SHIELDS, L. B. E.; GERTZ, T. A.; WILSON, K. C.; FIGG, G. L.; HESTER, S. T.; HONAKER, J. T. The S-curve discontinuity theory predicts the path towards a “well” society and increased longevity. **Medical Hypotheses** 121 (2018) 99-102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2018.09.006>.

SOARES, D. M.; GALVÃO, L. S.; FORMAGGIO, A. R. Crop area estimate from original and simulated spatial resolution data and landscape metrics. **Scientia Agricola**. v. 65, n. 5, p. 459-467, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000500003>.

THAPA, R. B.; MURAYAMA, Y. Urban growth modeling of Kathmandu metropolitan region, Nepal. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 1, p. 25-34, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2010.07.005>.

TORRES, R. R.; LAPOLA, D. M.; MARENGO, J. A.; LOMBARDO, M. A. Socio-climatic hotspots in Brazil. **Climatic Change**, v. 115, n. 3-4, p. 597-609, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0461-1>.

UNITED NATIONS. Department for Economic and Social Affairs. World Economic and Social Survey 2013: Sustainable Development Challenges. Nova York, 2013. Disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/policy/wess/wess_current/wess2013/WESS2013.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

UNITED NATIONS. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. A/RES/70/1, General Assembly, 2015, 35 p. Disponível em: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E. Acesso em: 15 jun. 2020.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. ST/ESA/SER.A/420, Nova York, 2019. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

WUA, J.; JENERETTE, G. D.; BUYANTUYEV, A.; REDMAN, C. L. Quantifying spatiotemporal patterns of urbanization: The case of the two fastest growing metropolitan regions in the United States. **Ecological Complexity**, v. 8, p. 1-8, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2010.03.002>.

ZHANG, H.; QI, Z.; YE, X.; CAI, Y.; MAA, W.; CHEN, M. Analysis of land use/land cover change, population shift, and their effects on spatiotemporal patterns of urban heat islands in metropolitan Shanghai, China. **Applied Geography**, v. 44, 121e133, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.07.021>.

Comitê Editorial

JEANSLEY LIMA
Presidente

**JULIANA DIAS GUERRA NELSON
FERREIRA CRUZ**
Diretora Administrativa e Financeira

RENATA FLORENTINO DE FARIA SANTOS
Diretora de Estudos Urbanos e Ambientais

DAIENNE AMARAL MACHADO
Diretora de Estudos e Políticas Sociais

CLARISSA JAHNS SCHLABITZ
Diretora de Estudos e Pesquisas
Socioeconômicas

Alexandre Silva dos Santos
Gerente de Demografia, Estatística
e Geoinformação

Cecília de Faria Sampaio
Gerente de Estudos Urbanos

Gabriel Pimenta Gadêa
Gerente de Gestão e Desenvolvimento
de Pessoas

Jéssica Filardi Milker Figueiredo
Gerente de Contas e Estudos Setoriais

Júlia Modesto Pinheiro Dias Pereira
Gerente de Estudos e Análises
de Proteção Social

Jusçanio Umbelino de Souza
Gerente de Pesquisas Socioeconômicas

Kássia Batista de Castro
Gerente de Estudos Ambientais

Larissa Maria Nocko
Gerente de Estudos Regional e Metropolitano

Marcelo Borges de Andrade
Gerente de Tecnologia da Informação

Martinho Bezerra de Paiva
Gerente de Administração Financeira

Sesai Barbosa de Moraes
Gerente de Apoio Administrativo

Tatiana Sandim
Gerente de Estudos e Análises Transversais

Gustavo Saraiva Frio
Gerente de Estudos e Análises
de Promoção Social

Renata Nogueira Fernandes
Chefe da Assessoria de Comunicação Social

Revisão e copidesque

Heloisa Faria Herdy

Editoração Eletrônica

Maurício Suda

**Companhia de Planejamento
do Distrito Federal - Codeplan**

Setor de Administração Municipal
SAM, Bloco H, Setores Complementares
Ed. Sede Codeplan
CEP: 70620-080 - Brasília-DF
Fone: (0xx61) 3342-2222
www.codeplan.df.gov.br
codeplan@codeplan.df.gov.br



**Secretaria de
Economia do
Distrito Federal**

