

## SESSENTA ANOS DE EVOLUÇÃO URBANA DO DISTRITO FEDERAL ANALISADA POR MEIO DE MÉTRICAS DE PAISAGEM

SIXTY YEARS OF URBAN GROWTH IN THE BRAZILIAN FEDERAL DISTRICT THROUGH  
LANDSCAPE METRICS

SESENTA AÑOS DE EVOLUCIÓN URBANA DEL DISTRITO FEDERAL (BRAZIL)  
ANALIZADOS A TRAVÉS DE MÉTRICAS DE PAISAJE

Giancarlo<sup>1</sup>; Edson Sano<sup>2</sup>;

1. Universidade de Brasília/Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais; E-mail: [giancarlo.chelotti@gmail.com](mailto:giancarlo.chelotti@gmail.com)
2. Embrapa Cerrados; E-mail: [edson.sano@gmail.com](mailto:edson.sano@gmail.com)

### RESUMO

A velocidade e forma com que a urbanização ocorre variam de região para região. O Distrito Federal vem passando por acelerado processo de urbanização, acarretando diversos problemas socioambientais. Apesar de possuir um robusto acervo de informações cartográficas e de uso do solo, ainda não se sabe com clareza quais são as forças que direcionam as ocupações urbanas nesse território. O objetivo deste trabalho é analisar o padrão espacial da expansão urbana do Distrito Federal no período de 1960-2019, identificando seus principais vetores e barreiras. A análise da evolução da mancha urbana foi realizada por métricas de paisagem baseadas em fragmentos e complementada com dados topográficos e de normas sobre limites de crescimento urbano. O Distrito Federal ainda apresenta expansão urbana acelerada e sem tendência de redução dessa expansão. A taxa média anual de crescimento de urbanização foi de 11,43 km<sup>2</sup>/ano, porém foi superior a 20 km<sup>2</sup>/ano a partir de 2013. A expansão da mancha urbana ocorreu em ciclos de fragmentação e adensamento, sendo que o período de 2013 a 2019 com maior crescimento e fragmentação. Declividades superiores a 30% e normas de limites de crescimento urbano associadas com áreas ambientalmente protegidas têm exercido forte influência no direcionamento do crescimento da mancha urbana. Entretanto, há perda de eficiência dos instrumentos governamentais, a partir de 2013.

### Palavras-Chave

Urbanização; Expansão urbana; Normas de crescimento urbano; Padrões espaciais.

### RESUMEN

*La velocidad y la forma en que se produce la urbanización varían de una región a otra. El Distrito Federal (Brasil) viene atravesando un acelerado proceso de urbanización, provocando diversos problemas socioambientales. A pesar de contar con un robusto acervo de información cartográfica y de usos del suelo, aún no está claro cuáles son las fuerzas que dirigen las ocupaciones urbanas en*

este território. El objetivo de este trabajo es analizar el patrón espacial de expansión urbana en el Distrito Federal en el período 1960-2019, identificando sus principales vectores y barreras. El análisis de la evolución de la mancha urbana se realizó utilizando métricas de paisaje basadas en fragmentos y complementadas con datos topográficos y normas sobre límites de crecimiento urbano. El Distrito Federal aún tiene una expansión urbana acelerada y no hay tendencia a reducir esta expansión. La tasa media anual de crecimiento de la urbanización fue de 11,43 km<sup>2</sup>/año, pero fue superior a 20 km<sup>2</sup>/año a partir de 2013. La expansión del área urbana se produjo en ciclos de fragmentación y densificación, siendo el período de 2013 a 2019 el de mayor crecimiento y fragmentación. Las pendientes superiores al 30% y las normas de límites al crecimiento urbano asociadas a las áreas ambientalmente protegidas han ejercido una fuerte influencia en la dirección del crecimiento de la mancha urbana. Sin embargo, hay una pérdida de eficiencia de los instrumentos gubernamentales a partir de 2013.

### **Palabras clave**

Urbanización; Expansión urbana; Normas de crecimiento urbano; Patrones espaciales.

### **ABSTRACT**

The speed and shape in which urbanization occurs vary among regions. The Brazilian Federal District (Distrito Federal) faces an accelerated process of urbanization, causing several socio-environmental problems. Despite having a robust collection of cartographic and land use information, it is not clear yet what are the forces that drive urban occupations in its territory. The purpose of this work was to analyze the spatial pattern of urban expansion in the Distrito Federal in the period of 1960-2019, identifying its main vectors and barriers. The analysis of the dynamics of the urban coverage was carried out using landscape metrics based on fragments and complemented with topographic data and rules of urban growth boundaries. The Distrito Federal is still in expansion, with accelerated growth and no tendency of reduction. An urban growth of 11,43 km<sup>2</sup>/year was observed; however it was more than 20 km<sup>2</sup>/year from 2013 onwards. The urban expansion occurred in cycles of fragmentation and densification, with the period from 2013 to 2019 with greater growth and fragmentation. Slopes above 30% and the rules of urban growing boundaries related to environmentally protected areas have had strong influence in directing the growth of the urban area. However, there has been a great loss of efficiency of government instruments since 2013.

### **Key Words**

Urbanization; Urban expansion; Urban growing rules; Spatial patterns.

## **1 INTRODUÇÃO**

O mundo tem sido urbanizado rapidamente, considerando que a população urbana mundial passou de 30% em 1950 para 55% em 2018. Dentre as regiões mais urbanizadas, incluem-se a América do Norte, América Latina e Caribe, Europa e Oceania (UNITED NATIONS, 2019). Regra geral, a velocidade da urbanização mundial apresenta uma curva de crescimento em formato sigmoide, indicando um crescimento inicial exponencial, seguido por uma desaceleração, conforme ocorre a saturação, e posterior conclusão do crescimento na maturidade (Shields et al., 2018).

De maneira geral, a expansão urbana ocorre principalmente pela conversão de áreas rurais e, em menor proporção, pela conversão de áreas de vegetação natural (Griffiths et al., 2010; Hepinstall-Cymerman et al., 2013; Gounaridis et al., 2018). As declividades acentuadas e altitudes são os principais fatores de restrição da expansão urbana (Li et al., 2018). Entretanto, a velocidade, o tamanho e a forma do crescimento urbano variam conforme as diferentes regiões do globo (Melchiorri et al., 2018). Como a maior parte dos estudos sobre esse tema concentra-se em cidades do Hemisfério Norte com mais de 10 milhões de habitantes, os padrões espaciais da urbanização nas cidades da América do Sul são pouco conhecidos.

A evolução tecnológica do sensoriamento remoto e das técnicas de análise da paisagem tem permitido a análise de 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 et al., 2015).

As métricas de paisagem permitem a obtenção de informações sobre expansão, fragmentação, adensamento, forma e conectividade da paisagem, dentre outros e são amplamente utilizadas para análise de paisagens naturais e agrícolas (e.g. Hentz et al., 2015; Santos et al., 2017; PAULA et al., 2019). Essas métricas também possuem grande potencial para análise de áreas urbanas, conforme indicam os estudos conduzidos por Hepinstall-Cymerman et al. (2013), Rocha et al. (2016) e Barros (2018). Elas quantificam as dimensões e mensuram a distribuição espacial das manchas, permitindo avaliação tanto do fragmento individual como da estrutura geral da área, além do papel de cada fragmento no conjunto (Rocha et al., 2016). A análise de dados espaciais por meio de métricas de paisagem e sistemas de informações geográficas (SIG) é eficiente para a caracterização espaço-temporal do crescimento urbano.

O Distrito Federal (DF), fundado em 1960 para abrigar a nova capital do Brasil, passou a ter problemas de urbanização típicos das grandes cidades, 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 de o DF possuir um robusto 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. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é analisar, por meio de métricas de paisagem, o padrão espacial da expansão urbana no DF, no período 1960-2019, identificando seus principais vetores e barreiras. O estudo inclui ainda uma análise da eficácia das normas de ordenamento territorial vigentes nesse período.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

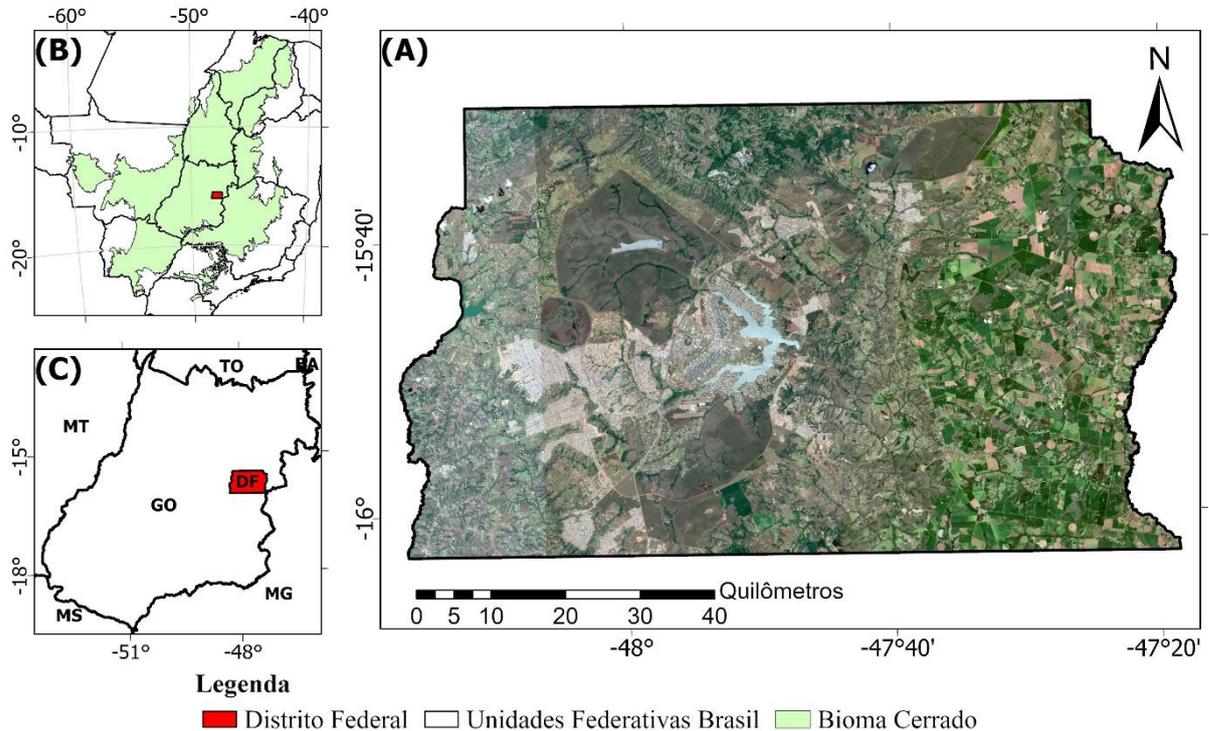
O DF ocupa uma área de 5.783 km<sup>2</sup> (Figura 1), inserido geograficamente no bioma Cerrado e no estado de Goiás. Suas nascentes contribuem com três bacias hidrográficas brasileiras: Paraná, São Francisco e Tocantins-Araguaia. Possui acentuada complexidade geomorfológica, com altitudes variando de 950 m ao longo dos rios principais a 1.400 m nos planaltos. Nesta região, predominam as rampas de colúvio (regiões planas), chapadas (regiões mais altas e planas) e as colinas (regiões com relevo mais acidentado) (Neves et al., 2018).

Esse é o menor território autônomo do Brasil que, por determinação constitucional, não pode ser dividido em municípios, formado pela capital federal (Brasília) e suas Regiões Administrativas (RAs). Brasília foi inaugurada em 21 de abril de 1960. Além do projeto urbanístico original, o DF incorporou as cidades de Planaltina e Brazlândia, antes pertencentes ao estado de

Goiás (BRASIL, 1956). Antes de sua inauguração, dois núcleos urbanos surgiram para abrigar os operários da construção da nova capital: Taguatinga e Gama.

**Figura 1**

Distrito Federal (A) nos contextos do bioma Cerrado (B) e do estado de Goiás (C)



Em 1964, a área urbana ocupava pouco mais de 1% do território do DF, enquanto as áreas naturais correspondiam a 97% do território (Anjos et al., 2002). A figura 2 apresenta a evolução temporal da mancha urbana no DF entre 1960 e 2019, passando de 23 km<sup>2</sup> em 1960 para 709 km<sup>2</sup> em 2019. O crescimento urbano apresentou uma tendência de expansão preferencial da parte central do DF para a direção sudoeste e, em menor extensão, da parte central para a direção nordeste.

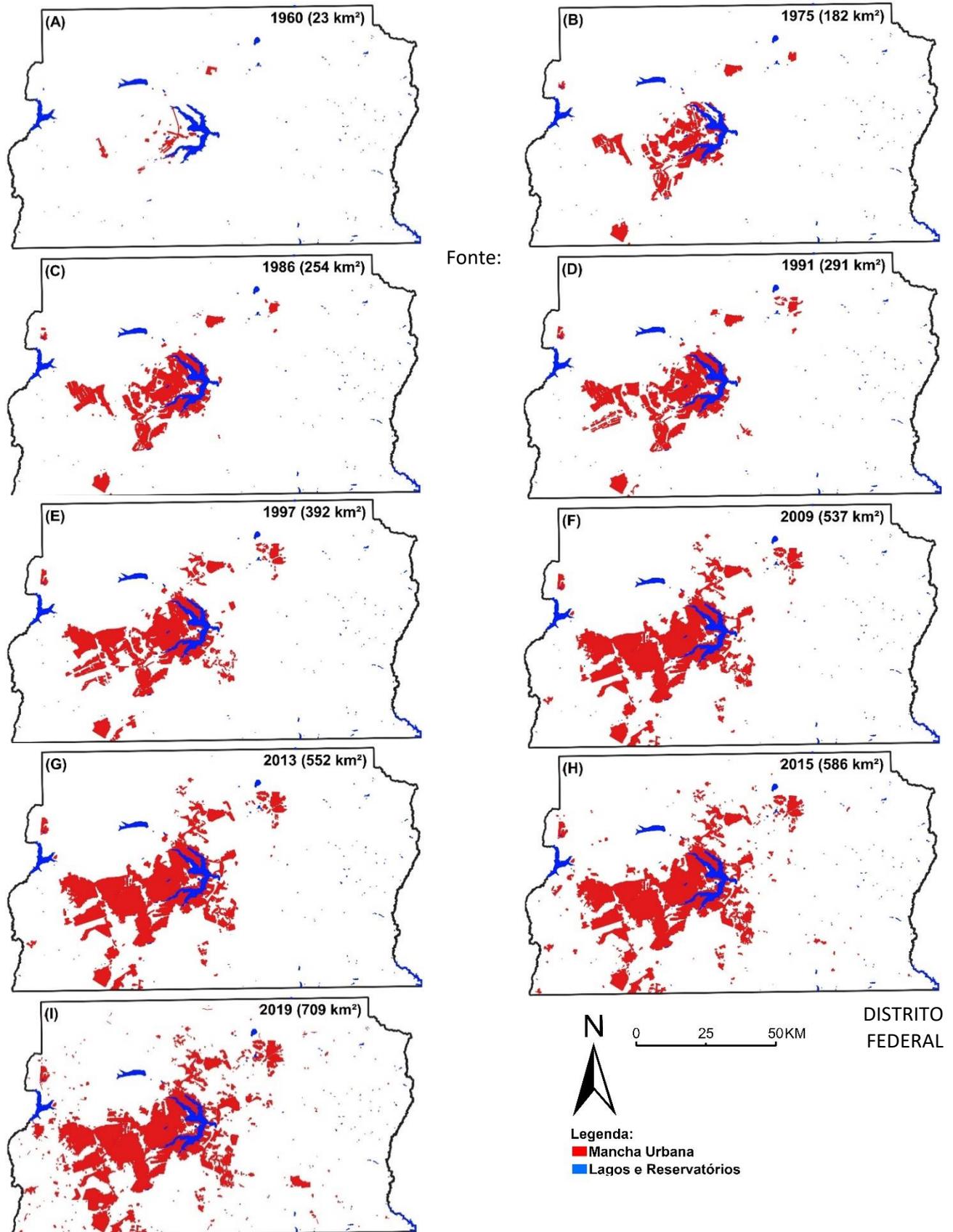
Em decorrência do fluxo de imigração, o DF foi inicialmente dividido em oito RAs: Brasília, Brazlândia, Gama, Jardim, Paranoá, Planaltina, Sobradinho e Taguatinga (BRASIL, 1964). Em 1978, houve a necessidade de ordenamento da rápida expansão urbana, com a publicação do Plano Estrutural de Organização Territorial (PEOT), primeira norma de limites de crescimento urbano (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.

Originalmente planejado para 500 mil habitantes, o DF possui atualmente três milhões de habitantes, mais de 30 RAs e passa pelos mesmos problemas presentes em outras metrópoles, tais como: crescimento desordenado, favelização, poluição ambiental, fragmentação da vegetação, desabastecimento de água e problemas de mobilidade (Chelotti et al., 2019; Codeplan, 2019). Em 2015, menos de 50% do território do DF correspondia a áreas naturais (Neves et al., 2018).

Figura 2

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



(2019). Organização: Autores (2022).

## 2.2 Aquisição, organização e pré-processamento de dados

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, 2019). Esses dados consideram a mancha urbana como todas as áreas 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 e sem subdivisão quanto à sua densidade.

As manchas urbanas em formato vetorial foram convertidas para o formato matricial e reamostradas para tamanho de pixel de 30 m para compatibilização com as escalas dos demais dados cartográficos utilizados. Foram selecionados os anos de 1960, 1975, 1986, 1991, 1997, 2009, 2012, 2015 e 2019, por serem os anos da fundação 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).

A altimetria foi obtida pelo Modelo Digital de Terreno (MDT) produzido a partir de aerolevantamento a laser (TERRACAP, 2009), sendo também reamostrada para 30 m de tamanho de pixel. A partir desse MDT foi gerado o mapa de declividade, 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).

## 2.3 Processamento e análise de dados

A partir dos mapas de manchas urbanas, foi analisada a evolução urbana ao longo do período considerado. Para cada data foram calculadas métricas de paisagem baseadas em fragmentos (Tabela 1).

As métricas selecionadas 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, no entanto, elas costumam ser altamente correlacionadas, podendo gerar redundância de informações (McGarigal et al., 2012). Dessa forma, optou-se por utilizar um número reduzido de métricas, testadas em áreas urbanas (Rocha et al., 2016; Barros, 2018) e que pudessem trazer informações relevantes sobre a mancha urbana do DF.

O aumento da complexidade geométrica da mancha urbana é demonstrado pelo LSI. Quanto maior esse índice, maior a agregação das manchas e mais irregular é a sua geometria. A ED apresenta a relação entre perímetro e área da mancha urbana. Ela é igual a 0 quando a mancha urbana não possui arestas e buracos vazios. Os valores de LPI e PD tendem a ter uma relação inversamente proporcional entre si. Um alto valor de PD reflete uma mancha urbana fragmentada, conseqüentemente com baixo LPI, uma vez que não há predominância de nenhum fragmento (McGarigal et al., 2012).

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, bacia hidrográfica, faixa de altitude, classe de declividade e geomorfologia, por meio de técnicas de sobreposição e interseção de camadas em ambiente SIG. A expansão urbana também foi comparada com o padrão de crescimento urbano descrito pela United Nations (2019).

**Tabela 1**

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 <sup>2</sup>	$PD = P/A$	Fragmentação
Densidade de borda (ED)	Somatório do comprimento (m) das bordas de todos os fragmentos/área total (m <sup>2</sup> ) 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

p = fragmento; A = área total da paisagem; A<sub>u</sub> = área total da mancha urbana; a<sub>maxp</sub> = área do maior fragmento; e<sub>p</sub> = perímetro do fragmento.

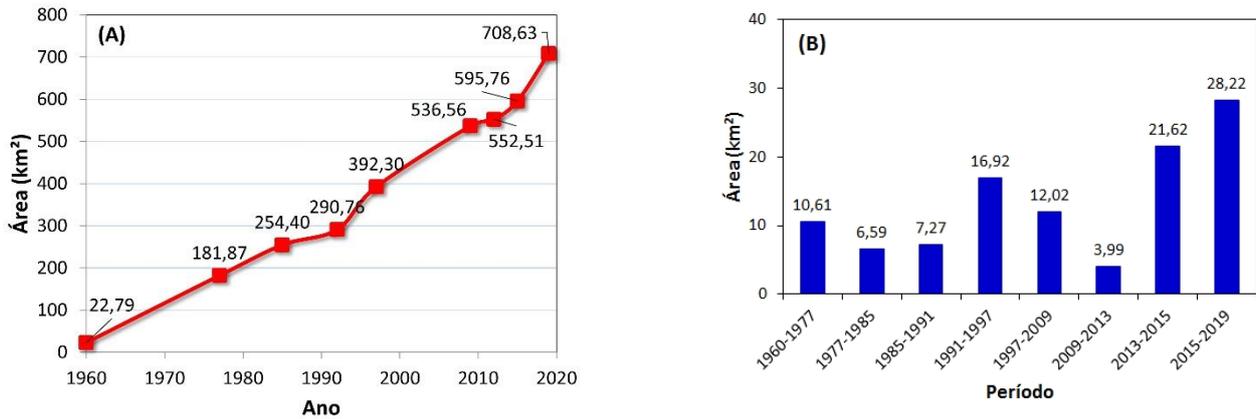
Fonte: adaptados de Herold et al. (2003), McGarigal et al. (2012) e Jung (2016).

### 3 RESULTADOS

Desde sua fundação, a área urbana do DF sempre esteve em crescimento, com um ritmo médio de aproximadamente 11,43 km<sup>2</sup> ano<sup>-1</sup> (Figura 3a). Porém, ao analisar a taxa anual de crescimento por períodos específicos (Figura 3b), observa-se grande variação: os períodos de maior crescimento são os mais recentes, principalmente a partir de 2013, quando ultrapassou 20 km<sup>2</sup> ano<sup>-1</sup>. Atualmente a mancha urbana ocupa 12% da área total do DF.

**Figura 3**

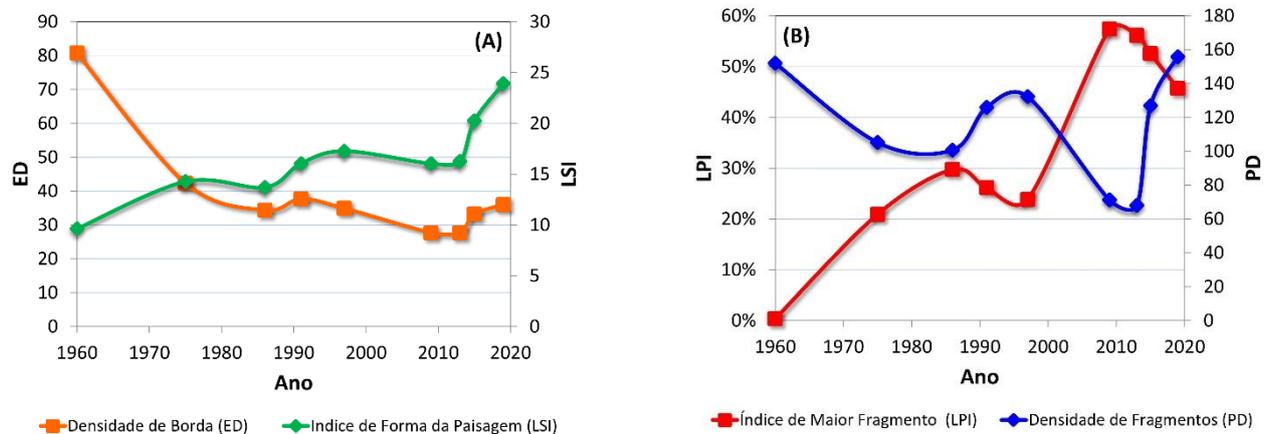
Expansão anual (A) e em diferentes períodos (B) da área urbana no Distrito Federal



À medida que a mancha urbana foi crescendo, tornou-se geometricamente mais complexa. A Figura 4a apresenta a variação de ED e LSI ao longo do período analisado. O alto valor de ED em 1960 reflete a ocupação inicial do território em formato linear, decorrente da forma de avião (ou cruz) proposto no projeto original (CODEPLAN, 2020). 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 da ED nos últimos dois períodos analisados reflete o novo ciclo de fragmentação e espalhamento urbano do DF. Esse aumento recente foi acompanhado de um aumento no LSI, demonstrando crescimento geometricamente irregular e heterogêneo.

**Figura 4**

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)



A sazonalidade dos períodos de fragmentação e adensamento pode ser observada na Figura 4b. No caso do DF, observou-se uma mancha urbana fragmentada na sua fundação, seguido de um período de adensamento até 1986. A partir dessa data, houve novo período de fragmentação até 1997, seguido de outro período de adensamento até 2013, que foi sucedido por um novo período de fragmentação. Essa sazonalidade reflete um padrão cíclico de adensamento e fragmentação da mancha urbana, já reportado na literatura por Schneider e Woodcock (2007).

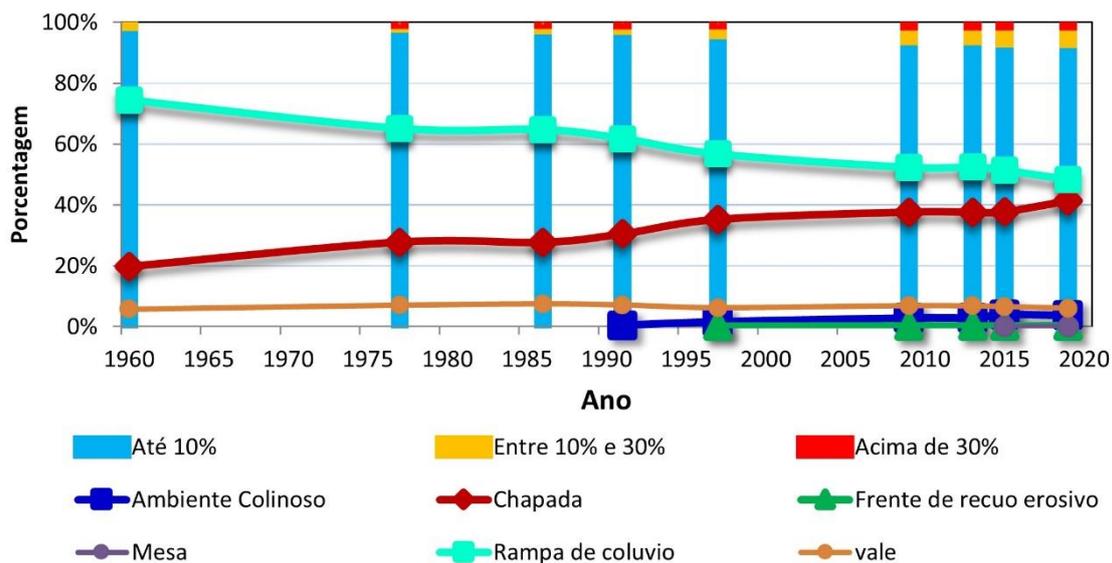
Quanto à expansão urbana na paisagem, nota-se uma forte preferência pela ocupação de áreas planas (Figura 5): 93% da mancha urbana encontram-se em áreas com declividade inferior a 10%. A mancha urbana em áreas com declividade superior a 30% representa menos de 1% do total. Apesar disso, a taxa de ocupação de áreas declivosas aumentou ao longo do período analisado. Nota-se avanço da mancha urbana sobre as áreas de chapada, por 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 aumento da ocupação das áreas de ambiente colinoso, representado pelas topografias mais baixas e com relevo mais movimentado (Neves et al., 2018).

A proporção de ocupação de cada classe de relevo mudou drasticamente ao longo dos anos. Nos anos subsequentes à fundação do DF, 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 48% em rampa de colúvio.

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 respeitaram 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 para ocupação urbana, 18% do total, ocupando áreas direcionadas à ocupação rural.

**Figura 5**

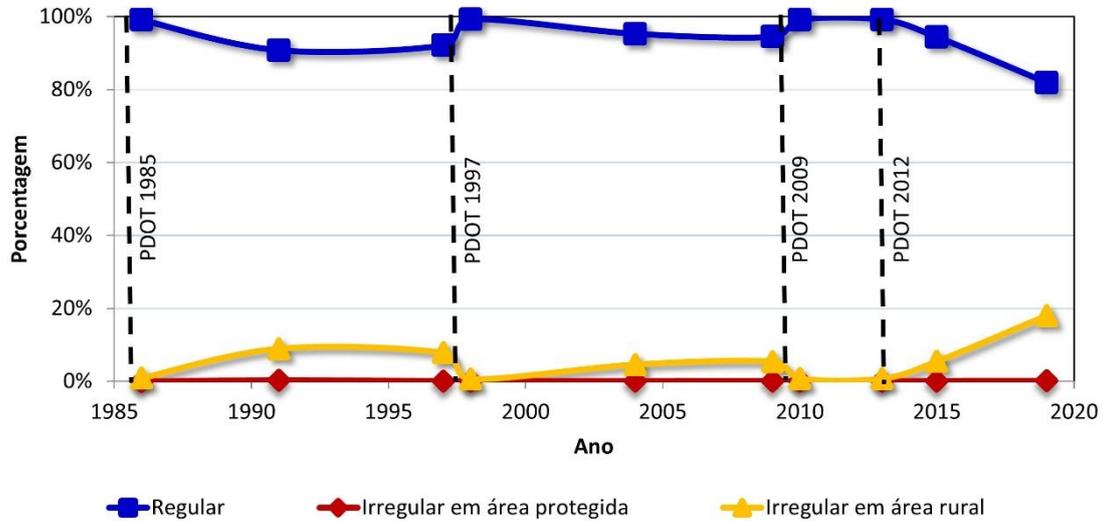
Evolução temporal da mancha urbana em função da declividade e da geomorfologia



Já as áreas ambientalmente protegidas contiveram a expansão urbana, uma vez que apenas 0,14% da mancha urbana se localizam nessas áreas, sendo que esse percentual nunca foi superior a 0,3% ao longo dos períodos analisados. A Figura 6 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 dos já existentes.

Figura 6

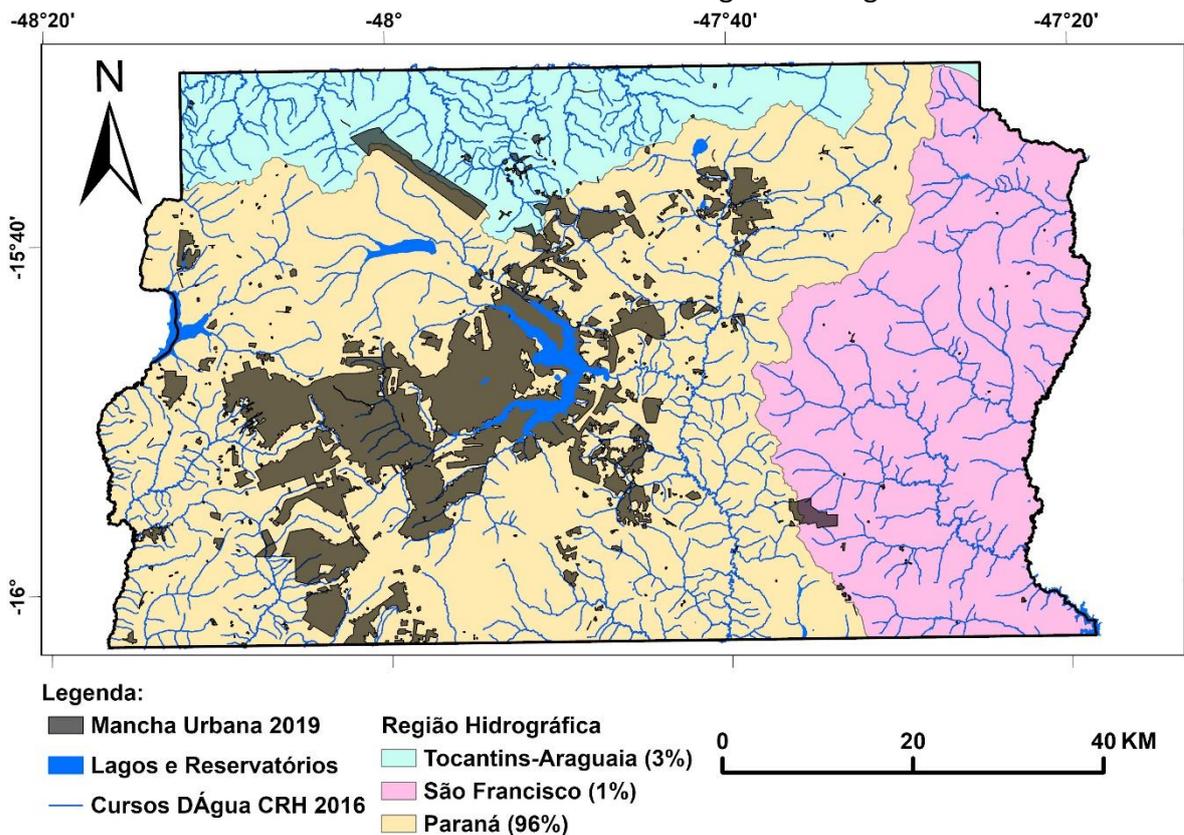
Evolução temporal da mancha urbana em função dos limites de crescimento urbano vigentes em cada período analisado



Em termos de regiões hidrográficas, nota-se concentração (96%) da área da mancha urbana do DF na região hidrográfica do Paraná (Figura 7).

Figura 7

Mancha urbana do Distrito Federal em 2019 em termos de regiões hidrográficas



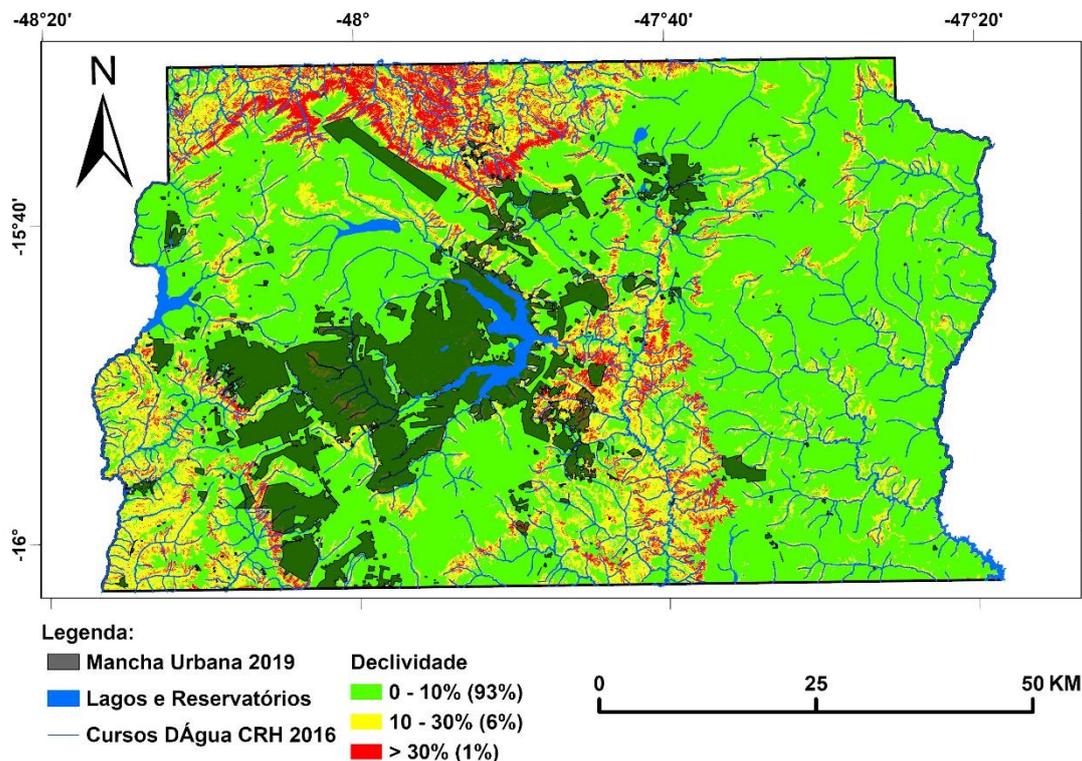
Fontes de dados: ADASA (2016); Distrito Federal (2019). Organização: Autores (2022).

As Figuras 8 e 9 apresentam a localização da mancha urbana do DF 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 ambientalmente protegidas denota forte eficiência dessas áreas na contenção da expansão urbana.

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. 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 classes geomorfológicas está principalmente na altitude, sendo as chapadas localizadas em altitudes mais elevadas.

### Figura 8

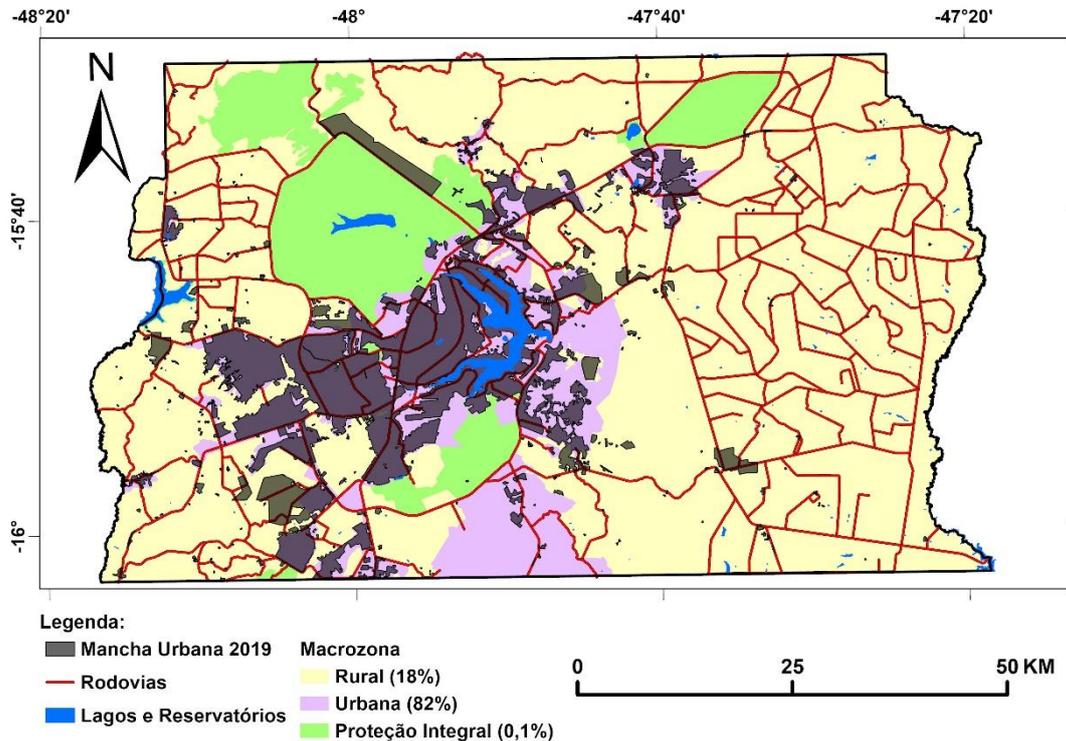
Localização da mancha urbana do Distrito Federal em 2019 em termos de declividades



Fontes de Dados: TERRACAP (2009); Distrito Federal (2019). Organização: Autores (2022).

**Figura 9**

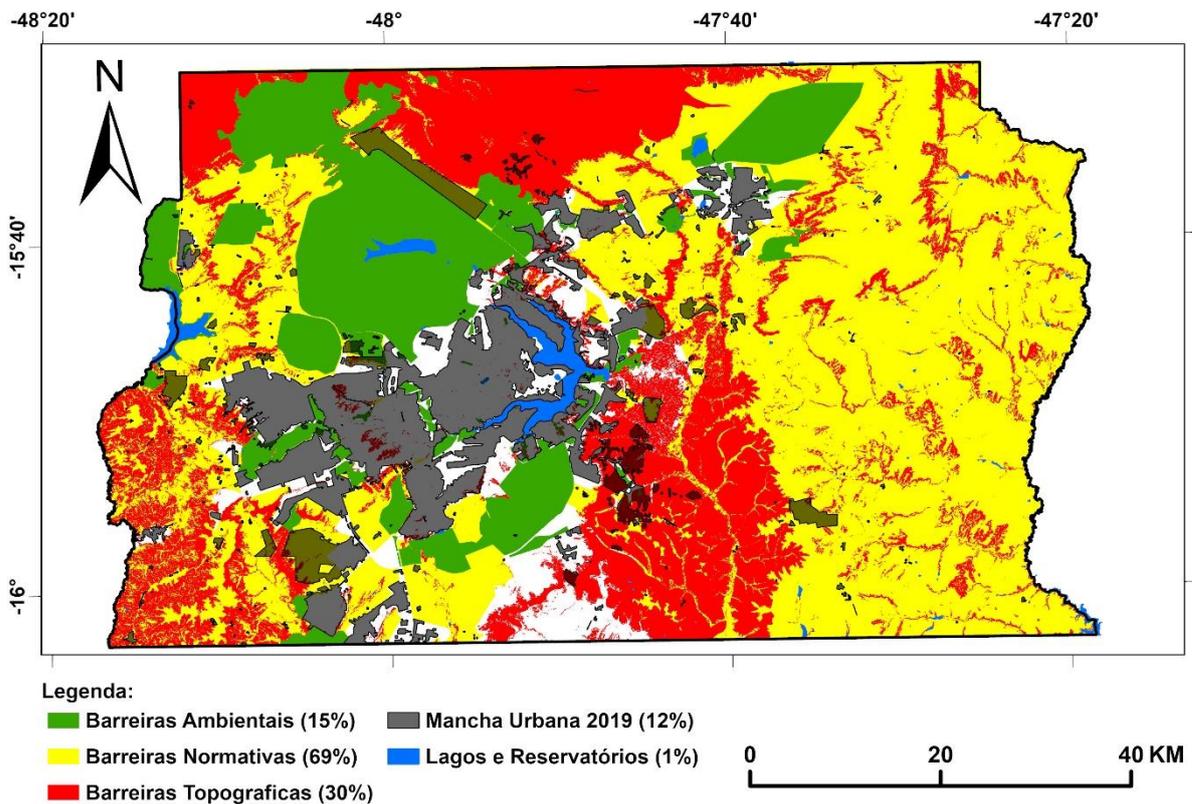
Localização da mancha urbana do Distrito Federal em 2019 em termos de macrozonas do PDOT  
Fontes de dados: Distrito Federal (2012; 2019). Organização: Autores (2022).



Ao se analisar, em conjunto, os atributos relacionados ao relevo, normas de UGB e áreas ambientalmente protegidas, observam-se barreiras topográficas, ambientais e normativas da expansão urbana propostas neste trabalho (Figura 10). 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 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 DF.

Figura 10

Mancha urbana e barreiras para o crescimento urbano do Distrito Federal

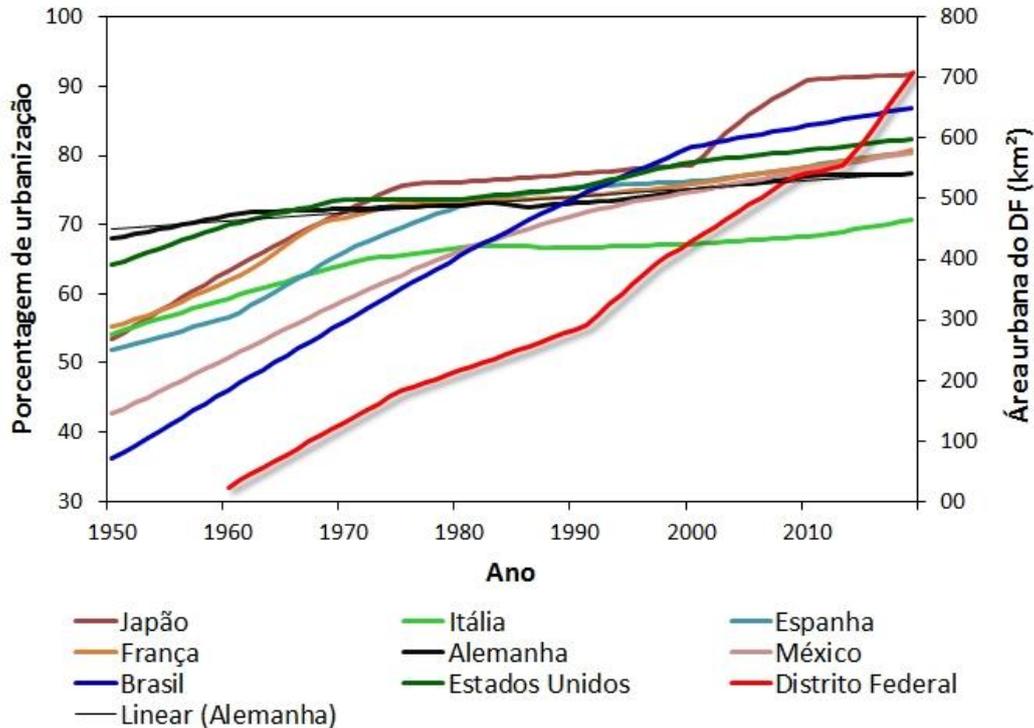


Fontes de dados: Distrito Federal (2012; 2019); Terracap (2009). Organização: Autores (2022).

Quanto ao padrão de crescimento urbano, 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 DF. A variação da velocidade do crescimento do DF ao longo dos 60 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 DF com o de países cujas cidades são consideradas “maduras”, bem como a média de urbanização brasileira. Enquanto nesses países há uma tendência de redução ou estabilização do crescimento nos últimos anos, a curva do DF apresenta acentuada ascendência.

**Figura 11**

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



Fonte de dados: United Nations (2019). Organização: Autores (2022).

## 4 DISCUSSÕES

### 4.1 Ritmo e morfologia de crescimento

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 (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 exibe 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 interna e pelo preenchimento das áreas urbanas existentes. Esse fenômeno cíclico ficou claramente demonstrado na evolução temporal da mancha urbana do DF (Figura 5b). Apesar de ser 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 (McGarigal et al., 2012).

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 (ROCHA et al., 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 (McGarigal et al., 2012). 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 9). A forte relação entre fragmentos urbanos e malha viária (Sathler et al., 2009); também ajuda a explicar os motivos 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, chamados de corredores urbanos (Santos Jr & Proença, 2020).

Quanto ao ritmo, a figura 11 mostra que o DF ainda está na fase exponencial do modelo de crescimento sigmoide proposto por Shields et al., 2018, 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 (BRAND, 2016; BARON e MINASSIAN, 2018). Esses resultados demonstram que o DF ainda não atingiu sua maturidade urbana, segundo o padrão de crescimento descrito pela United Nations (2019), e nem a sua estabilidade, sendo provável que a urbanização continue acelerada nos próximos anos.

## 4.2 Vetores e barreiras

Sistemas urbanos são sistemas espacialmente estendidos nos quais processos físicos, ecológicos e socioeconômicos interagem entre si (WUA et al., 2011). O formato da mancha urbana do DF demonstra que áreas planas da região hidrográfica do Paraná são os principais vetores de ocupação urbana, enquanto as áreas protegidas e com maiores declividades são fortes barreiras ao crescimento dessa mancha. A ocupação urbana menor nas outras duas regiões hidrográficas 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 (JI et al., 2017; LI et al., 2018).

A proporção de ocupação inicial em relação ao relevo se deu pelo fato de a cidade ter sido projetada para se localizar em rampa de colúvio (Codeplan, 2020; Neves et al., 2018). 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 chapadas. A intensa ocupação das chapadas pode ser explicada pelos seguintes fatores: as chapadas são geograficamente circunvizinhas à área central do DF onde ocorrem as rampas de colúvio onde Brasília foi fundada, formando um anel em volta dessa área. Ambas as classes geomorfológicas são igualmente planas; e 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 ambientalmente protegidas. Dessa forma, a única direção de crescimento resultante é o sudoeste, para onde, de fato, a cidade se expandiu (Figura 2).

As características topográficas e a presença de áreas protegidas já são fatores de restrição urbana conhecidos (Griffiths et al., 2010; Hepinstall-Cymerman et al., 2013; Gounaridis et al., 2018; LI et al., 2018), porém não são suficientes para explicar o formato da mancha urbana atual do DF. Da análise da figura 10 é possível identificar 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 anteriores pode ser atribuído ao fato de serem sistematicamente alteradas para tornar regular uma situação que era considerada irregular pela norma anterior. Essa situação fica clara ao se analisar a Figura 6. 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 das áreas. Na 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. 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, conforme teorizam Schneider e Woodcock (2007). 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 (e.g. 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 9 e em branco na Figura 10. Esse fenômeno pode ser explicado por critérios logísticos como mobilidade, acesso a serviços essenciais e infraestrutura pré-existente, entre outros (Almeida et al., 2008; Sathler et al., 2009; Thapa & Murauama, 2011; Santos Jr & Proença, 2020) E Socioeconômicos Como Custos Da Terra E De Moradia (Bertaud, 2017).

O surgimento de 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. A ausência

de inflexão da curva de crescimento urbano (Figuras 3a e 11), indica que ainda não há tendência de estabilização da mancha urbana no DF, tornando ainda mais importante o desenvolvimento de políticas adequadas a atual realidade urbana da capital do País.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os limites ambientais, topográficos e os estabelecidos pelos regramentos de UGB são capazes de direcionar a expansão urbana, porém, não são os únicos. Além disso, há uma hierarquia de eficiência dessas barreiras. O DF continua em processo acelerado de urbanização, não havendo tendência de redução desse ritmo em breve. 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 resultados apresentados neste trabalho são fundamentais para a revisão do planejamento urbano do DF. Sugere-se aprofundar os estudos tanto 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.

### Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências-Ambientais (PPGCA) da Faculdade UnB de Planaltina (FUP) da Universidade de Brasília (UnB).

### Contribuições dos autores

GBC: Conceituação, Curadoria de Dados, Investigação, Metodologia, Validação, Visualização, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição.

EES: Supervisão, Validação, Visualização, Escrita – Revisão e Edição.

### Declaração de conflito de interesses

Nada a declarar.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL (TERRACAP). Aeorofotolevanteamento a Laser do Distrito Federal. 2009. Escala: 1:10.000.

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.
- 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>
- Barros, M. P. Métricas da paisagem como ferramenta de avaliação dos efeitos da urbanização na estrutura da paisagem: o caso de Cuiabá, Brasil. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 411-432, out/dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e42018411-432>
- Bertaud, A. The costs of utopia: Brasilia, Johannesburg, and Moscow. Paranoá: *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, n. 18, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n18.2017.02>
- 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 n.º 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](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/1950-1969/L2874.htm). Acesso em: 04 mai. 2019.
- BRASIL. Lei n.º 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](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. Dispões sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm). Acesso em: 29 abr. 2020.
- 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). *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.
- COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL (CODEPLAN). *Atlas do Distrito Federal / organização Kássia Batista de Castro, Larissa Ane de Sousa Lima*. -- Brasília : Kássia Batista de Castro : Companhia de Planejamento do Distrito Federal, 2020. Disponível em: <https://www.codeplan.df.gov.br/atlas-do-df-2020/>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- 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 n.º 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 mai. 2019.
- DISTRITO FEDERAL. Lei n.º 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](http://www.tc.df.gov.br/sinj/Norma/23197/Lei_353_18_11_1992.html) . Acesso em: 04 mai. 2019.
- DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar n.º 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](http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/51847/Lei_Complementar_17_28_01_1997.html) . Acesso em: 04 mai. 2019.
- DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar n.º 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](http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/60298/Lei_Complementar_803_25_04_2009.htm) . Acesso em: 04 mai. 2019.
- DISTRITO FEDERAL. Lei Complementar n.º 854, de 15 de outubro de 2012. Atualiza a Lei Complementar n.º 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](http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/72806/Lei_Complementar_854_15_10_2012.html) . 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 n.º 951, de 25 de março de 2019. Altera o art. 135 e anexos da Lei Complementar n.º 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 n.º 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](http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/8815d609bb134b6fa055711bab4e2b49/Lei_Complementar_951_25_03_2019.html) . Acesso em: 18 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.; Choriantopoulos, 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>
- 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)
- Ji, 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: <https://doi.org/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, 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>
- 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 mai. 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>
- 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>
- 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>

- 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>
- 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>
- Santos Jr, W. R.; Proença, A. D. A. A infraestrutura rodoviária e a urbanização regional contemporânea no território paulista: o caso do corredor urbano Campinas-Sorocaba, Brasil. *EURE (Santiago)* vol. 46 no. 138 Santiago May 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612020000200235>
- Sathler, D.; Monte-Mor, R. L.; Carvalho, J. A. M. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. *Nova Economia*. Belo Horizonte V. 19 (1) p. 11-39 janeiro-abril. 2009.
- 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, March 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0042098007087340>
- 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>
- 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>
- 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>.