



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CDS/FACE-ECO/IB/IG/IQ
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

LUIZA HELENA ALONSO CERQUEIRA
LÚÍZA VERAS COELHO DE OLIVEIRA
RAQUEL NASCIMENTO SOUSA

**A URBANIZAÇÃO DE BRASÍLIA E SEUS IMPACTOS SOBRE A
FITOFISIONOMIA ORIGINAL: UMA ANÁLISE TEMPORAL DA
FRAGMENTAÇÃO DE TRÊS ÁREAS LOCALIZADAS NA PORÇÃO NORTE DO
PLANO PILOTO**

Brasília – DF

2022

LUIZA HELENA ALONSO CERQUEIRA
LÚÍZA VERAS COELHO DE OLIVEIRA
RAQUEL NASCIMENTO SOUSA

**A URBANIZAÇÃO DE BRASÍLIA E SEUS IMPACTOS SOBRE A
FITOFISIONOMIA ORIGINAL: UMA ANÁLISE TEMPORAL DA
FRAGMENTAÇÃO DE TRÊS ÁREAS LOCALIZADAS NA PORÇÃO NORTE DO
PLANO PILOTO**

Trabalho Interdisciplinar Integrado de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Uidemar Morais Barral.

Brasília – DF

2022

Cerqueira, L. H. A., Oliveira, L. V. C., Sousa, R. N.

A urbanização de Brasília e seus impactos sobre a fitofisionomia original: uma análise temporal da fragmentação de três áreas localizadas na porção norte do plano piloto / Cerqueira, L. H. A., Oliveira, L. V. C., Sousa, R. N. – Brasília, 2022. 51 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade de Brasília, Curso de Ciências Ambientais, Brasília, 2022.

Orientador: Uidemar Morais Barral

1. Arboreto da Universidade de Brasília. 2. Áreas verdes. 3. Biodiversidade. 4. Cerrado. 5. Efeito de borda. 6. Estação Experimental de Biologia da UnB. 7. Parque Ecológico Olhos D'Água.

LUIZA HELENA ALONSO CERQUEIRA

LUÍZA VERAS COELHO DE OLIVEIRA

RAQUEL NASCIMENTO SOUSA

**A URBANIZAÇÃO DE BRASÍLIA E SEUS IMPACTOS SOBRE A
FITOFISIONOMIA ORIGINAL: UMA ANÁLISE TEMPORAL DA
FRAGMENTAÇÃO DE TRÊS ÁREAS LOCALIZADAS NA PORÇÃO NORTE DO
PLANO PILOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à
Universidade de Brasília como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em Ciências
Ambientais.

Brasília, de de 2022

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Uidemar Morais Barral

Instituto de Geociências – UnB

Orientador

Professor Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Departamento de Economia – UnB

Professor convidado

RESUMO

O presente trabalho buscou analisar como o processo de urbanização de Brasília trouxe modificações para a fitofisionomia original de parte da porção nordeste do Plano Piloto. O local conta com a presença de três áreas verdes – o Arboreto da Universidade de Brasília (UnB), a Estação Experimental de Biologia da UnB e o Parque Olhos D'água - cujos processos de desenvolvimento, bem como o cenário em que se encontram atualmente, revelam as transformações que ocorreram na região desde a construção da Capital. Para o alcance deste objetivo, foram adotados métodos de construção de mapas do uso e cobertura do solo, bem como levantamentos quantitativos da fitofisionomia local, cujas análises mostraram as principais modificações na vegetação até os dias atuais. Ademais, a utilização de um índice de fragmentação para as três áreas analisadas também auxiliou nos resultados e discussões alcançados. Com a conclusão do trabalho, percebeu-se que o processo de construção da capital não levou em consideração alguns aspectos ecológicos importantes para a preservação, sobretudo, da flora local. Toda a vegetação natural que existia antes da construção da Capital deu lugar a resquícios de áreas verdes urbanas desconectadas e, apesar de, posteriormente, adquirirem o título de áreas legalmente preservadas, o que se nota é a falta de atenção por parte do poder público com relação a estes locais, que se encontram passíveis de sofrer com os efeitos de borda, entre outros impactos. Além de servirem de lazer à população, áreas como essas são importantes por prestarem relevantes serviços ecossistêmicos, por isso é importante que, nas ações antrópicas que possam vir a afetá-las, seus aspectos ecológicos sejam levados em consideração.

Palavras-chave: Arboreto da Universidade de Brasília. Áreas verdes. Biodiversidade. Cerrado. Efeito de borda. Estação Experimental de Biologia da UnB. Parque Ecológico Olhos D'Água.

ABSTRACT

The present work sought to analyze how the urbanization process of Brasília brought modifications to the original physiognomy of part of the northeastern portion of Plano Piloto. The site has three green areas – the Arboretum of the University of Brasília (UnB), the Experimental Biology Station of UnB and the Olhos D'água Park – whose development processes, as well as the scenario in which they are currently found, reveal the transformation that have taken place in the region since the construction of the Capital. To reach this objective, methods of constructing maps of land use and land cover were adopted, as well as quantitative surveys of the local vegetation physiognomy whose analyses showed the main modifications in the vegetation until the present day. Furthermore, the utilization of a fragmentation index for the three areas analyzed also helped in the results and discussions achieved. With the conclusion of the work, it was realized that the construction process of the capital did not take into consideration some important ecological aspects for the preservation, above all, of the local flora. All the natural vegetation that existed before the construction of the capital gave way to remnants of disconnected urban green areas and, despite later acquiring the title of legally preserved areas, what can be noticed is the lack of attention from the public power in relation to these places, which are susceptible to edge effects, among other impacts. Besides serving as leisure areas for the population, areas such as these are important for providing relevant ecosystem services, so it is important that, in the anthropic actions that may affect them, their ecological aspects are taken into consideration.

Keywords: University of Brasília Arboretum. Green areas. Biodiversity. Cerrado. Edge Effect. Biology Experimental Station of the University of Brasília. Olhos D'Água Ecological Park.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da região do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da Universidade de Brasília e da Estação Experimental de Biologia da UnB, na Asa Norte, Distrito Federal	15
Figura 2: Mapa do local de amostragem das análises quantitativas das fisionomias, com o Arboreto da Universidade de Brasília, a Estação Experimental de Biologia e o Parque Olhos D'água delineados em vermelho	23
Figura 3: Gráfico percentual elaborado a partir dos dados obtidos nas análises de uso e cobertura do solo referentes ao ano de 1954	24
Figura 4: Mapa de uso e cobertura do solo de parte da porção norte do Plano Piloto, com o Arboreto da Universidade de Brasília, a Estação Experimental de Biologia e o Parque Olhos D'água delineados em vermelho, no ano de 1954.....	25
Figura 5: Mapa de uso e cobertura do solo referente ao ano de 1964 das áreas de estudo e seu entorno, apresentando novas características decorrentes das ações antrópicas, com destaque para a construção do lago Paranoá	26
Figura 6: Gráfico percentual elaborado a partir dos dados obtidos nas análises de uso e cobertura do solo referentes ao ano de 1964	27
Figura 7: Mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2019 das áreas de estudo (delineadas em vermelho) e seu entorno, mostrando a expansão das áreas construídas e o sistema viário já consolidado.....	28
Figura 8: Gráfico percentual elaborado a partir dos dados obtidos nas análises de uso e cobertura do solo referentes ao ano de 2019	29
Figura 9: Imagens comparativas da evolução da porção norte do Plano Piloto (DF) para os anos 1965 e 2021	30
Figura 10: Fotografia aérea de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia, em julho de 1965	31
Figura 11: Fotografia aérea de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia no ano de 1975.....	32
Figura 12: Fotografia aérea de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia, em setembro de 1986.....	33

Figura 13: Fotografia aérea de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D’água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia em novembro de 1997	34
Figura 14: Imagem de satélite da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D’água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia, em outubro de 2008.....	35
Figura 15: Imagem de satélite da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D’água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia, em abril de 2021	36
Figura 16: Mapa das áreas objeto de estudo, com representação da área sob efeito de borda e da área nuclear de cada fragmento	38
Figura 17: Mapa de declividade da área de estudo, com destaque ao Arboreto da Universidade de Brasília, à Estação Experimental de Biologia e ao Parque Olhos D’água.....	40
Figura 18: Mapa de uso e cobertura do solo de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D’água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia	41

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	6
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1. Caracterização das áreas de estudo e entorno	15
3.1.1. Parque Ecológico Olhos D'água.....	16
3.1.2. Arboreto da Universidade de Brasília	16
3.1.3. Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília	17
3.2. Métodos de análise.....	17
3.2.1. Análise de Uso e Cobertura do Solo.....	17
3.2.2. Análise Fotogramétrica.....	18
3.2.3. Índice de Fragmentação.....	19
3.2.4. Análise topográfica das áreas de estudo	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1. Análise temporal da evolução da fragmentação da vegetação na porção norte do Distrito Federal	22
4.1.1. Análises do uso e cobertura do solo na porção norte do Distrito Federal	23
4.2. Panorama sobre o processo de urbanização na porção noroeste do Plano Piloto	29
4.2.1. Análise fotogramétrica temporal das áreas de estudo	31
4.3. Índice de Fragmentação	36
4.4. Relevância ecológica da área de estudo.....	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
6. CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

Brasília é uma cidade reconhecida por seus espaços verdes presentes em diversos pontos da capital. Sua vegetação, essencialmente constituída por arbustos e árvores com troncos retorcidos, confere à capital, além de beleza paisagística, qualidade de vida aos seus moradores. O cenário paisagístico da cidade é reflexo do desejo do arquiteto Lucio Costa de criar uma cidade cuja população pudesse ter contato direto com a natureza por meio de espaços verdes presentes nas proximidades das quadras residenciais, aos quais o arquiteto deu o nome de “cintas densamente arborizadas” (ArPDF, CODEPLAN, DePHA, 1991, p.30).

Apesar das áreas verdes terem ganhado espaço na idealização da capital (fato observado pelo relatório de Lucio Costa), a conservação da vegetação nativa ou mesmo a integração entre espaços - sejam eles constituídos por vegetação nativa ou não - não tiveram sua importância considerada no desenvolvimento da cidade, o que conferiu diversas mudanças para fitofisionomia original e, conseqüentemente, para a biodiversidade existente. Além das alterações ambientais iniciais, a crescente urbanização que se desenvolveu ao longo das décadas seguintes promoveu ainda mais alterações no meio ambiente já bastante modificado.

Diversas áreas verdes presentes na cidade encontram-se fragmentadas e desconectadas umas das outras. Algumas dessas áreas passaram a ser legalmente protegidas, mas nem por isso deixam de sofrer com impactos decorrentes, principalmente, da existência de estradas e rodovias que margeiam suas extensões, bem como da construção de habitações e infraestruturas erguidas para atender o aumento populacional crescente na Capital.

As três áreas que, aqui, compõem o objeto de estudo, o Parque Ecológico Olhos D'água, o Arboreto da Universidade de Brasília e a Estação Experimental de Biologia são exemplos desses locais considerados de relevante interesse ecológico, mas que, assim como outros existentes na capital, não tiveram suas conexões resguardadas e se encontram ameaçadas por fatores que provocam impactos negativos em suas extensões, como o efeito de bordas, entre outros.

A importância desses espaços não se limita aos serviços educacionais e de lazer por estes ofertados, há espécies que vivem nestas áreas e animais que as utilizam, ou tentam utilizar – muitas vezes de forma arriscada-, como trampolins ecológicos em busca de áreas maiores ou mais abundantes em recursos. Além disso, como muitos dos animais que vivem nesses ambientes são responsáveis por serviços ecossistêmicos como de polinização, sequestro de carbono, dispersão de sementes, entre outros, há que se considerar também os prejuízos

conferidos à própria população humana, que podem deixar de usufruir de serviços como esses. (SANTOS et al, 2013; FIGUEIRÓ, 2015).

Conhecer como se deu a modificação pela qual Brasília passou, ainda que com foco apenas em uma parcela restrita da cidade, permite uma maior reflexão por parte da sociedade acerca da necessidade de valorização do meio ambiente. Neste sentido, o presente trabalho tem o objetivo de analisar os efeitos da urbanização na fragmentação da vegetação da porção nordeste do Plano Piloto - DF e sua influência em três áreas verdes, sendo elas o Parque Olhos D'Água, o Arboreto da Universidade de Brasília e a Estação Experimental de Biologia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A urbanização, desenvolvida no Brasil principalmente a partir da metade do século XX, pode ser considerada um processo que se relaciona diretamente com o meio ambiente, já que implica “a concentração de pessoas e atividades produtivas sobre um espaço restrito”, causando impactos ambientais com efeitos “sinérgicos e persistentes” no meio natural (JATOBÁ, 2011, p.141). Cavalheiro (1995) explica que a urbanização pressupõe o consumo de grande quantidade de áreas e que essas áreas são submetidas a um tamponamento, cujo resultado é a perda de solos férteis, biótipos e ecossistemas com alta diversidade biológica.

Ao analisarem as relações de causa e efeito do processo de urbanização sob uma ótica socioambiental, Cabral e Cândido (2019) afirmam que o crescimento populacional rápido e desordenado prejudica as possibilidades das estruturas urbanas de se desenvolverem de forma sustentável, ocasionando inchaço urbano, além de incapacitar a gestão dos impactos decorrentes das aglomerações populacionais.

Entender a constituição das cidades em seus diferentes tipos de espaços é importante, pois essa constituição pode servir como parâmetro de verificação da qualidade de vida das populações humanas, já que áreas densamente construídas, impermeabilizadas e com pouca vegetação apresentam fenômenos como baixa umidade e temperaturas mais elevadas (CAVALHEIRO & NUCCI, 1998).

A vegetação, por vezes negligenciada no desenvolvimento de algumas cidades, mostra-se um atributo que precisa ser considerado nos planejamentos urbanos, pois além suprir diversas necessidades do ser humano, tem papel fundamental na redução dos processos de poluição do ar, rios e outros recursos, sendo essa redução alcançada, por exemplo, por meio da preservação das vegetações locais (NUCCI, 2001; BARGOS & MATIAS, 2011).

Uma das principais consequências da dinâmica do uso do solo pelo homem é a fragmentação de ecossistemas naturais, principalmente da vegetação. Este processo se dá por meio da descontinuação de ambientes naturais e seus resultados são apontadas como sendo as principais causas de perda da biodiversidade, devido a redução da área disponível para as espécies, consequente perturbação do habitat e isolamentos de pequenas populações nos fragmentos (METZGER, 2006).

A fragmentação pode provocar efeitos diretos sobre os ecossistemas e efeitos indiretos relacionados ao suporte da biodiversidade e a aspectos geocológicos, biológicos e socioculturais. Entre alguns exemplos de impactos associados a esse processo está a redução das taxas de imigração e emigração das espécies, que pode provocar uma diminuição do fluxo

gênico e da variabilidade genética entre as populações, aumentando dessa forma suas chances de extinção. Além disso, a fragmentação pode, também, influenciar na degradação dos recursos naturais como o solo e água (NETO, 2008; SANTOS et al, 2013).

Como muitos dos animais que vivem nesses ambientes passíveis de degradação são responsáveis por serviços ecossistêmicos como de polinização, sequestro de carbono, dispersão de sementes, entre outros, há que se considerar também os prejuízos conferidos à própria população humana, que podem deixar de usufruir de serviços como esses. Além disso, a fragmentação de habitats não só ameaça a sobrevivência de espécies animais e vegetais, como também diminui as possibilidades de descobertas de novos indivíduos pela degradação dos ecossistemas (SANTOS et al, 2013; FIGUEIRÓ, 2015).

A fragmentação ocorre por diversas intervenções relacionadas ao uso e ocupação de áreas, como é o caso da construção de estradas e rodovias. Essas infraestruturas trazem prejuízos diretos à biodiversidade, como o atropelamento de animais que tentam fazer o cruzamento dessas vias (ABRA, 2012).

Os danos para a biodiversidade podem ser potencializados quando a abertura das estradas ocorre dentro ou nas proximidades de unidades de conservação - sobretudo nas unidades voltadas para a preservação de espécies, comunidades e/ou ecossistemas - onde a questão dos atropelamentos se torna mais intensiva (BAGER et al, 2016). Laurance, Goosem e Laurance (2009) apontam ainda uma série de outros impactos, como por exemplo as poluições químicas e de nutrientes lançadas pelos automóveis com graves efeitos sobre os cursos d'água locais e ecossistemas.

Associado à fragmentação de áreas tem-se o efeito de borda, cujo resultado é comumente presenciado após esse processo, atuando diretamente no fragmento. O efeito de borda pode ser definido como a influência do meio externo à parte mais marginal do fragmento, e ocorre devido às alterações bióticas e abióticas que estão presentes na área circundante ao fragmento, resultando em alterações físicas e estruturais ao longo da borda (FIGUEIRÓ, 2015).

O efeito de borda é um contraste das condições do fragmento na sua zona limite (a sua área mais externa) em comparação ao interior da área verde. Por ser circundado por uma matriz diferente de sua composição original, a área de borda do fragmento sofre alterações no seu microclima, devido a um aumento da luminosidade, da temperatura e da circulação do vento e a uma redução da umidade local (NETO, 2008; MELO et al, 2011; FIGUEIRÓ, 2015). Neste sentido, o efeito de borda causado por ações antrópicas, como rodovias e estradas, é associado a perda de qualidade de *habitat* (RIES et al, 2004).

A exposição da fauna e da flora ao efeito de borda gera alteração nos processos ecológicos e na composição da biodiversidade nas diferentes partes do fragmento. Por existirem espécies que necessitam de ambientes em que as condições são de interior de mata, essa alteração microclimática pode provocar a morte de indivíduos que se localizam nas bordas, ou o afugentamento de espécies. Essas áreas também se tornam mais suscetíveis à invasão de espécies exóticas que sobrevivam às novas condições ambientais da área (MELO et al, 2011; SILVA et al, 2019).

A invasão de espécies exóticas nos fragmentos constitui um novo problema por ameaçar a sobrevivência das espécies nativas ao promoverem competição e reduzirem habitats, o ponto de partida para essa invasão são as bordas dos fragmentos (McDONALD e URBAN, 2006). Isso gera empobrecimento biológico e homogeneização da paisagem. Em ambientes urbanos, por ser comum a presença de espécies exóticas, a sua invasão nos fragmentos existentes tende a ser mais intensa (NETO, 2008; MELO et al, 2011).

O efeito de borda é influenciado diretamente pelo comprimento da borda e pelo tamanho da área central do fragmento. A borda é a área de transição entre o fragmento e a matriz que o circunda, ou seja, é o limite do fragmento. É nela onde irão ocorrer as alterações no microclima e na composição da fauna e da flora da área verde (NETO, 2008; MELO et al, 2011).

Para a definição da área sob efeito de borda, é estabelecida uma distância a partir da margem, em direção à parte interna do fragmento. Essa distância é estipulada de acordo com a espécie que está sendo estudada, com os objetivos do trabalho e com o tipo de formação em que o fragmento está inserido, não existindo uma padronização que defina qual distância deve ser considerada em estudos sobre fragmentação (ALMEIDA, 2008; PIROVANI et al, 2014).

Sendo assim, é comum encontrar trabalhos que propõem diferentes distâncias de borda de acordo com o seu objeto de estudo. Darissi (2018, p.13), ao analisar fragmentos florestais no Parque Nacional do Caparaó, definiu a distância da borda de 100 metros, por considerar que essa “é a distância máxima para simulação de efeitos de borda que não exclui toda a área central de fragmentos menores nesta região”.

Almeida (2008) e Pirovani et al (2014) estabeleceram valores de borda arbitrários, que variavam de 20 a 300 metros, a fim de observar diferentes cenários nos fragmentos da área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná, e na Bacia do Rio Itapemirim, Espírito Santo, respectivamente. Com relação aos fragmentos existentes em áreas urbanas, o valor adotado por Silva et al (2019) foi de 60 metros.

A partir do estabelecimento da distância da borda, é possível calcular o tamanho da área central, ou área core (ALMEIDA, 2008) que é a área total do fragmento, descontada a área da

borda, e é o local onde as condições de interior de mata irão ocorrer. O comprimento da borda e, conseqüentemente, o tamanho da área interna do fragmento podem variar, podendo, em alguns casos, haver fragmentos que não possuam interior, apenas bordas (BORGES et al, 2004; NETO, 2008).

O tamanho e a forma dos fragmentos também são importantes para o efeito de borda, pois irão determinar o comprimento da borda e o tamanho da área interna, interferindo na razão interior/margem. Isso impacta na maneira como esses espaços irão perceber as influências externas ao determinar diferentes fatores ecológicos (NETO, 2008).

De modo geral, aceita-se que as grandes reservas são mais adequadas do que as pequenas para manter muitas espécies, por causa dos tamanhos maiores das populações e da maior variedade de habitats que elas contêm. Entretanto, pequenas reservas bem manejadas também têm relevância ecológica, especialmente para a proteção de muitas espécies de planta, além da possibilidade de atuarem como elementos de ligação entre grandes áreas, agindo como trampolins ecológicos, e de servirem como refúgio de espécies que necessitam de ambientes específicos (PRIMACK E RODRIGUES, 2001; PIROVANI et al, 2014).

Neste sentido, a importância dos fragmentos com áreas pequenas deve ser levada em consideração, sobretudo porque são ambientes que apresentam, ao longo do tempo, padrões frágeis de sustentabilidade, e podem acabar sendo extintos caso não tenham um manejo adequado (PIVOVANI et al, 2014).

Quanto à forma, menor será o efeito de borda se a forma do fragmento promover uma maior distância do núcleo. Áreas que possuem forma mais aproximada de um círculo são consideradas as mais ideais para minimizar a relação borda/área, pois o centro dessas áreas se encontra mais distante das bordas. Fragmentos que possuem formas alongadas, por sua vez, estão mais sujeitos a ter relação borda/área maximizada, pois possuem mais bordas e todos os seus pontos estão próximos a elas (PRIMACK E RODRIGUES, 2001; NETO, 2008).

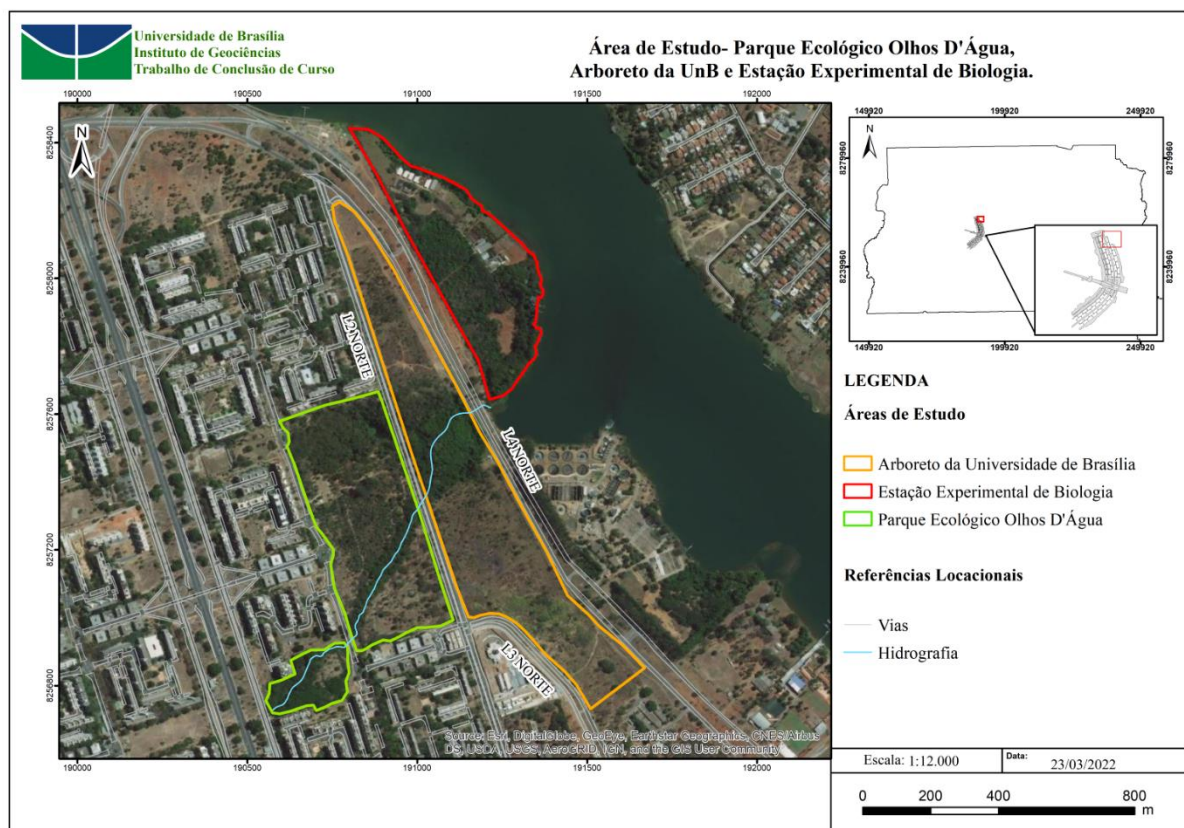
Outro aspecto a ser observado ao analisar a fragmentação de uma área diz respeito ao grau de isolamento ao qual os fragmentos de vegetação estão submetidos. A distância entre áreas verdes, a vegetação que as circundam e a conectividade entre elas são fatores que irão influenciar na composição dos fragmentos e na interação entre espécies, promovendo maior permeabilidade ou a criação de barreiras. Em fragmentos inseridos em meio urbano, a matriz que os envolve tende a impedir o fluxo de espécies, promovendo uma impermeabilidade entre esses espaços, isolando-os (NETO, 2008; MELO et al, 2011).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização das áreas de estudo e entorno

A região de estudo compreende o Parque Ecológico Olhos D'água, a Unidade SN-13 (Arboreto) e a Unidade SN-14 (Estação Experimental de Biologia), sendo os dois últimos pertencentes à Universidade de Brasília. Localizadas às margens das vias L2, L3 e L4 norte e do Lago Paranoá, na Asa Norte, Distrito Federal (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da região do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da Universidade de Brasília e da Estação Experimental de Biologia da UnB, na Asa Norte, Distrito Federal



Fonte: Elaborado pelas autoras, a partir de dados obtidos no Geoportal do DF, 2021.

As três áreas verdes se constituem de vegetação não nativa, composta por espécies típicas do Cerrado e espécies exóticas e são Unidades de Conservação, estando as Unidades SN-13 e SN-14 inseridas na Área de Preservação Ambiental do Lago Paranoá. Tais UCs são parte de uma área maior que foi fragmentada em decorrência do processo de urbanização no DF e hoje são consideradas áreas remanescentes.

3.1.1. Parque Ecológico Olhos D'água

Criado em 1994, o Parque Ecológico Olhos D'água surgiu a partir de uma iniciativa da comunidade local e como uma estratégia para a preservação do meio ambiente. Apesar de sua criação se dar pela Lei nº 556, de 07 de outubro de 1993, foi apenas em 1994 que o parque foi efetivamente fundado, por meio do Decreto Distrital nº 15.900, de 12 de setembro de 1994 (BRASIL, 1993; BRASIL, 1994).

O parque possui uma área total de aproximadamente 24,54 hectares (ha) e está localizado na região que compreende as quadras SQN 212/213, SQN 413, SQN 414, CLN 414 e CLN 415, no Plano Piloto, Distrito Federal (NASCIMENTO, 2016; IBRAM, 2020).

Utilizado principalmente como área de lazer para os moradores da região, o parque também é usado para a realização de trilhas eco pedagógicas, pesquisas e ações de educação ambiental, além de ser uma área que busca promover a preservação ambiental. São objetivos do parque, de acordo com a Lei nº 556, de 07 de outubro de 1993:

Preservação das nascentes; preservação e recuperação do lago da SCLN 414/415; preservação e recuperação da mata ciliar; proteção da bacia do Paranoá; desenvolvimento de programas de observação ecológica e pesquisas sobre os ecossistemas locais; criação das condições para a população usufruir do local, em consonância com a preservação ambiental; e desenvolvimento de atividades de educação ambiental (BRASIL, 1993).

Além de ser uma importante área para a população local, o Parque Olhos D'água também possui relevância ecológica, tendo em vista que abriga uma fauna diversificada de peixes, aves, anfíbios, répteis, insetos e pequenos mamíferos e flora composta por vegetação típica do Cerrado e exótica. Além disso, a região abriga uma nascente, que se situa na SQN 212/213, cujo córrego compõe a chamada Lagoa do Sapo, e passa pelo Arboreto da UnB (MESQUITA, 2013; NASCIMENTO, 2016).

3.1.2. Arboreto da Universidade de Brasília

O Arboreto da Universidade de Brasília, registrado como Unidade SN-13, fica localizado as margens das rodovias L2, L3 e L4 Norte e, de acordo com cálculos feitos no software ArcGis®, possui uma área de aproximadamente 30,39 ha. A hidrografia do Arboreto é constituída por um curso d'água, que conectam a área ao Parque Olhos D'Água, através do inferior na L2 Norte, e ao Lago Paranoá (MESQUITA, 2013).

O Arboreto foi criado em 1989, por estudantes e professores da Universidade, e é destinado para a realização de pesquisas e projetos, bem como para a conservação e preservação de cursos de água, nascentes e matas (ALVARES, 2020).

No local se observa uma vegetação densa e típica do Cerrado brasileiro, a qual foi introduzida pela comunidade e recolonizada naturalmente, e vegetação exótica, que está se estabelecendo nas áreas degradadas dentro do Arboreto. Com relação à fauna, os principais registros se referem a presença de aves (ALVARES, 2020).

3.1.3. Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília

Fundada poucos anos após a criação da Universidade de Brasília, a Estação Experimental de Biologia da UnB, ou Unidade SN-14, é uma área de cerca de 17,05 ha, de acordo com cálculos realizados pelo software ArcGis®. O espaço é utilizado por professores e estudantes das áreas da biologia, agronomia e engenharia para a realização de atividades acadêmicas.

A Estação está inserida dentro da APA do Lago Paranoá e se localiza no final da estrada L4 Norte, em direção ao final da Asa Norte, próximo ao Arboreto e ao Parque Olhos D'água (ALVARES, 2020).

3.2. Métodos de análise

Buscando entender o impacto da urbanização de Brasília na mudança da vegetação da porção norte do Plano Piloto, foram construídos mapas de uso e cobertura do solo e usadas imagens fotogramétricas, que mostraram, qualitativamente, as mudanças que ocorreram na região desde a construção da Capital até os anos mais recentes. Além disso, um levantamento temporal da fitofisionomia local e a elaboração de um índice de fragmentação das três áreas (objeto de estudo) auxiliaram na construção das análises de forma quantitativa.

3.2.1. Análise de Uso e Cobertura do Solo

Para essa etapa, foram elaborados mapas temáticos da porção norte do Distrito Federal com enfoque nas áreas de estudo, com o objetivo de mostrar a conexão preexistente entre elas e também com o Parque Nacional de Brasília. Os anos analisados foram 1954, que antecede a construção de Brasília, 1964, que traz as primeiras alterações ocasionadas pelo processo construtivo da capital e, finalmente, o cenário mais recente no ano de 2019. Esses mapas foram desenvolvidos por meio do software de geoprocessamento ArcGis®, versão 10.5, com o auxílio de dados georreferenciados obtidos na Plataforma Geoportal do Distrito Federal.

Considerando as mudanças no uso e cobertura do solo a partir de 1954, devido ao processo de construção de Brasília, foi definida uma área de amostragem, por meio de um

recorte na área do Distrito Federal, a fim de analisar o processo de fragmentação de parte da porção norte.

A área escolhida para amostragem das fisionomias possui 1956,71 ha e engloba parte da Asa Norte e Lago Norte, além de áreas de proteção tais como o Parque Nacional de Brasília e Área de Proteção Ambiental do Planalto Central.

Foram extraídas informações da área percentual de cada fitofisionomia nos anos selecionados para realização de uma análise comparativa temporal e quantitativa, com o objetivo de examinar como o avanço da urbanização impactou a vegetação de parte da porção norte do Distrito Federal.

O cálculo de área e perímetro de cada fitofisionomia foi realizado a partir da ferramenta *Calculate Geometry*, disponível na tabela de atributos de cada *shapefile*. A análise foi realizada a partir da comparação percentual dos dados de uso e cobertura do solo, os quais foram obtidos no Geoportal do Distrito Federal. Os dados foram submetidos a geoprocessamento para que o cálculo das áreas (km²) contivesse apenas as informações referentes a área de amostragem.

A fim de demonstrar visualmente essa comparação, foram gerados gráficos percentuais no Microsoft Excel®. Os cálculos de redução e aumento percentual de cada fisionomia foram realizados a partir da equação 1:

$$\left(\frac{V_2-V_1}{V_1}\right) \times 100 \quad (1)$$

Onde, V1 representa a área inicial e V2 a área atual.

3.2.2. Análise Fotogramétrica

As fotografias aéreas foram retiradas do site da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Distrito Federal (SEDUH) e editadas na plataforma de design gráfico Canva, sendo realizado um recorte de parte das imagens, de modo a exibir somente a região de interesse para o estudo.

Foram selecionados os anos 1965, 1975, 1986 e 1997 para representar a evolução da área a cada década. O mesmo processo se deu com as imagens de satélite, disponibilizadas pelo Software Google Earth Pro, dos anos 2008 e 2021.

É importante destacar que a análise de evolução das alterações na região foi feita por meio da comparação visual entre as fotografias aéreas e as imagens de satélite. No entanto,

esses dois tipos de imagens possuem propriedades diferentes, o que dificulta a realização de uma comparação efetiva.

3.2.3. Índice de Fragmentação

A partir dos dados obtidos com auxílio do geoprocessamento, um índice de fragmentação foi obtido, para o qual foram utilizados como parâmetro: tamanho dos fragmentos (área e perímetro), forma dos fragmentos, área sob efeito de borda, tamanho da área nuclear e distância entre as áreas.

O tamanho dos fragmentos foi definido a partir do cálculo da área e do perímetro de cada uma das três áreas de estudo, o qual foi realizado no software ArcGis®, a partir da ferramenta *Calculate Geometry*. Posteriormente, cada fragmento foi classificado quanto a sua área seguindo metodologia proposta por Pirovani et al (2014) (Tabela 1).

Cabe esclarecer que o Parque Olhos D'água é composto por duas áreas verdes desconectadas. Sendo assim, optou-se pela denominação do espaço maior como área (a) e do menor como área (b), tendo sido considerada na definição de sua área e perímetro tanto sua extensão total (das duas áreas somadas), para a caracterização do Parque como um todo, quanto a de cada área individualmente, para uma caracterização mais detalhada.

A forma dos fragmentos foi definida com base no cálculo do Índice de Circularidade (IC), realizado a partir da equação 2:

$$IC = \frac{(2\sqrt{\pi S})}{P} \quad (2)$$

Em que, S é a área do fragmento (em m²) e P é o perímetro do fragmento (em m).

O índice foi determinado utilizando-se a área e o perímetro de cada fragmento em toda a sua extensão. No entanto, considerando-se os dois fragmentos que compõem o Parque Olhos D'água, dois índices diferentes foram calculados para essa área verde.

A partir do cálculo do índice de circularidade, é possível definir o quão arredondados os fragmentos são, possuindo forma mais próxima de um círculo quanto mais próximo de 1 for o valor obtido e possuindo formato mais alongado quanto mais distante de 1. Os valores obtidos foram, então, classificados de acordo com a metodologia proposta por Nascimento (2006) (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação de fragmentos em relação a área e forma

	Valor	Classificação
Área (ha)	< 5	Pequeno
	5 > 50	Médio
	50 >	Grande
Índice de Circularidade	< 0,65	Alongado
	0,65 > 0,85	Moderadamente alongado
	0,85 >	Arredondado

Fonte: Elaborada pelas autoras, com base em Nascimento (2006) e Pirovani et al (2014), 2022.

Para a definição da área sob efeito de borda, foi considerada uma distância de 60 metros, valor adotado por Silva et al (2019), que tratam de fragmentos florestais urbanos. Essa distância foi estabelecida a partir da margem de cada fragmento por meio da ferramenta de geoprocessamento *Buffer*, na qual os parâmetros de análise foram ajustados para gerar uma área de influência de 60 metros na parte interna de cada área de estudo. Após a definição dessa distância, foi calculada a área core de cada fragmento, seguindo a mesma metodologia adotada para o cálculo da área total.

Por fim, definiu-se a distância entre os fragmentos, utilizando a ferramenta *measure*, disponível no ArcGis® versão 10.5. A distância foi mensurada a partir de três pontos, dois nas extremidades e um no centro de cada área, os valores foram anotados e submetidos a um cálculo de média aritmética. A partir desse método foi estabelecida a distância média entre o Parque Olhos D'água e o Arboreto e a distância entre o Arboreto e a Estação Experimental de Biologia.

3.2.4. Análise topográfica das áreas de estudo

Identificar as modificações antrópicas sobre o relevo é fundamental para analisar os impactos produzidos em determinada área, sobretudo porque essas alterações podem desencadear inúmeros problemas ambientais. Os mapas de declividade emergem como ferramenta imprescindível de análise da paisagem, já que “constituem forma de representação temática da distribuição espacial dos diferentes graus de inclinação existentes em um terreno” (COLAVITE, 2012).

Neste sentido, um mapa de declividade foi elaborado com o intuito de visualizar o terreno sob a perspectiva das relações entre os diferentes graus de declividade, possibilitando a identificação de locais mais sujeitos a fragilidades ambientais.

A partir de um arquivo *DWG* gerado com a ortofotocarta de nº 103, disponibilizada no site da Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação do DF, foram extraídas curvas

de nível das áreas de estudo, com resolução espacial de um metro. A partir das curvas de nível, construído um Modelo Digital de Terreno (MDT) utilizando o software ArcGis® versão 10.5.

O MDT é uma representação matemática, em forma de matriz, constituída por uma rede de triângulos irregulares. Entre cada curva de nível, é construída uma rede de triângulos que torna a informação do terreno contínua. A partir do MDT, foi gerado um *raster* da área de estudo, que é um arquivo de imagem constituído por pixels.

Tendo o arquivo *raster* de altimetria como base, utilizou-se ferramenta *Slope (3D Analyses Tools)* para obter a declividade percentual do terreno. A declividade é a porcentagem do ângulo de inclinação do terreno. De acordo com a altimetria, a declividade é calculada a partir da equação 3:

$$d = \frac{DV}{DH} \times 100 \quad (3)$$

Onde, DH é a distância horizontal e DV é a distância vertical (COMASTRI 2002).

As classes de declividade dos terrenos foram distribuídas da seguinte forma: relevo plano (0 – 3 %), suave ondulado (3 - 8 %), ondulado (8 – 20 %) e forte ondulado (20 - 45%) (EMBRAPA,1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise temporal da evolução da fragmentação da vegetação na porção norte do Distrito Federal

Uma análise visual e temporal aprofundada da fragmentação do Cerrado pôde ser feita observando a porção norte do DF, mais especificamente, a área que compreende a Asa Norte do Plano Piloto e o setor Noroeste. Na região, atualmente, existem algumas áreas verdes isoladas, como é o caso do Parque Nacional de Brasília e do Parque Ecológico Olhos D'água.

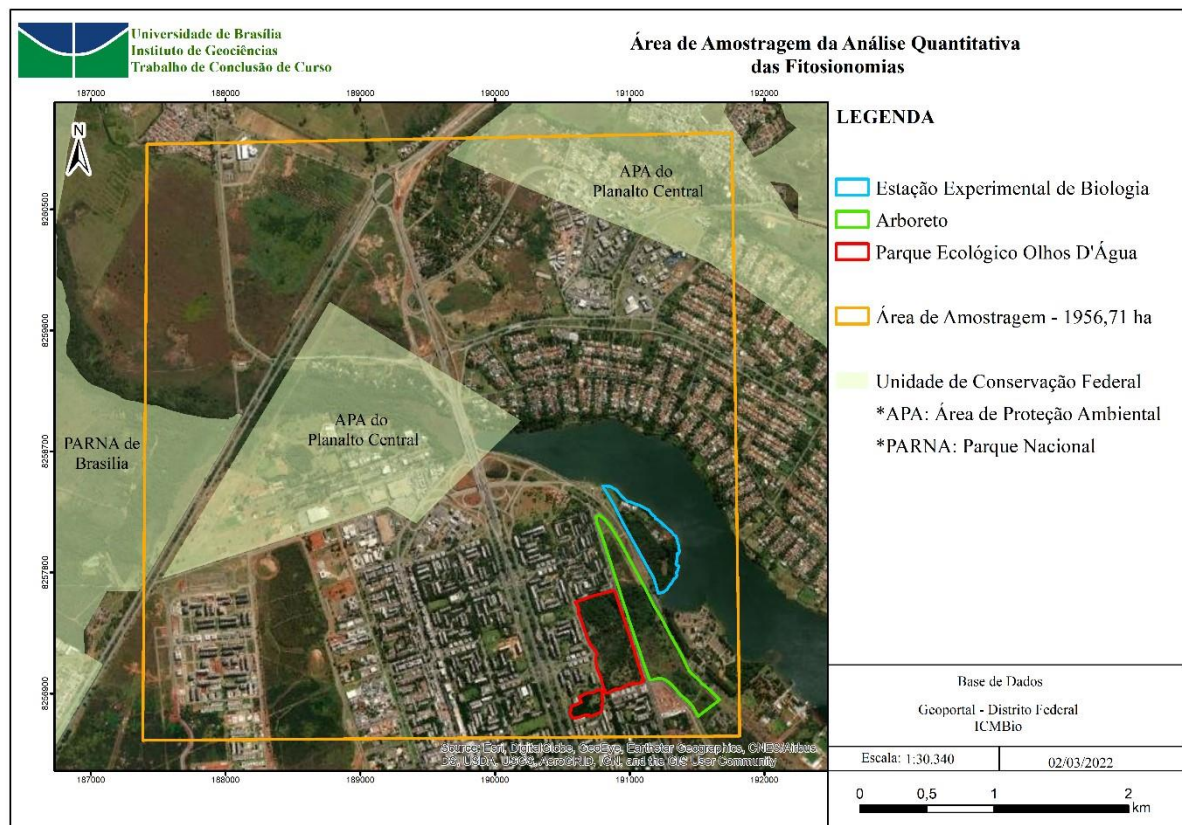
Também é possível citar fragmentos de vegetação que fazem parte da APA do Lago Paranoá, a área denominada Unidade SN-13 (Arboreto) e a Unidade SN-14 (Estação Experimental de Biologia (EEB) da UnB). Todas essas áreas constituem ecossistemas desconectados, que estão situados em meio ao espaço urbano.

Analisando esse recorte da porção norte, um dos principais fatores que influenciaram a fragmentação das áreas verdes nessa região foi a implementação de estradas e rodovias, como as Estradas Parque que circundam o Parque Nacional de Brasília, e vias complementares, como as vias L2, L3 e L4, que passam entre o Parque Olhos D'água, o Arboreto e a EEB, garantindo o isolamento dessas áreas.

4.1.1. Análises do uso e cobertura do solo na porção norte do Distrito Federal

Para compreender as alterações no uso e cobertura do solo da área de estudo decorrentes do processo de urbanização da porção norte do Plano Piloto e perceber a conexão preexistente entre elas e entre o Parque Nacional de Brasília, delimitou-se uma área de amostragem, que pode ser visualizada na Figura 2.

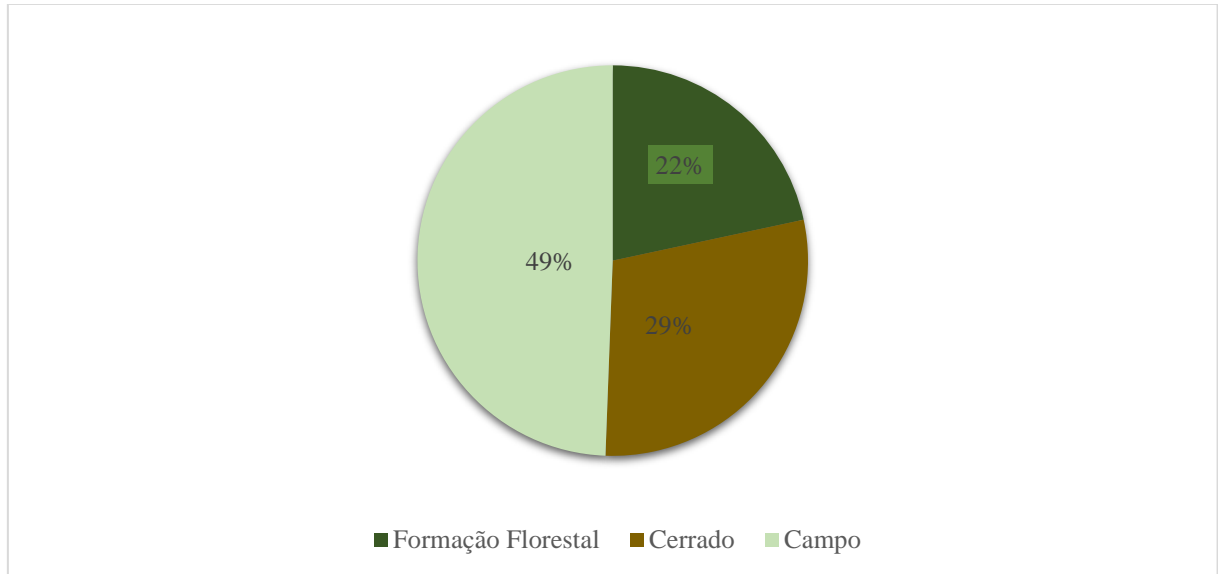
Figura 2: Mapa do local de amostragem das análises quantitativas das fisionomias, com o Arboreto da Universidade de Brasília, a Estação Experimental de Biologia e o Parque Olhos D'água delineados em vermelho



Fonte: Geoportal do Distrito Federal. Elaborado pelas autoras, 2022.

No período inicial de análise, 1954, que antecede a construção de Brasília, na porção norte do DF, bem como nas áreas de estudo, as fitofisionomias eram divididas em Formação Florestal, que eram as áreas de vegetação mais densa, Formação Savânica, também classificada como “Cerrado”, e Formação Campestre, ou “Campo”, de acordo com a classificação feita pelo Geoportal do Distrito Federal (Figura 3).

Figura 3: Gráfico percentual elaborado a partir dos dados obtidos nas análises de uso e cobertura do solo referentes ao ano de 1954

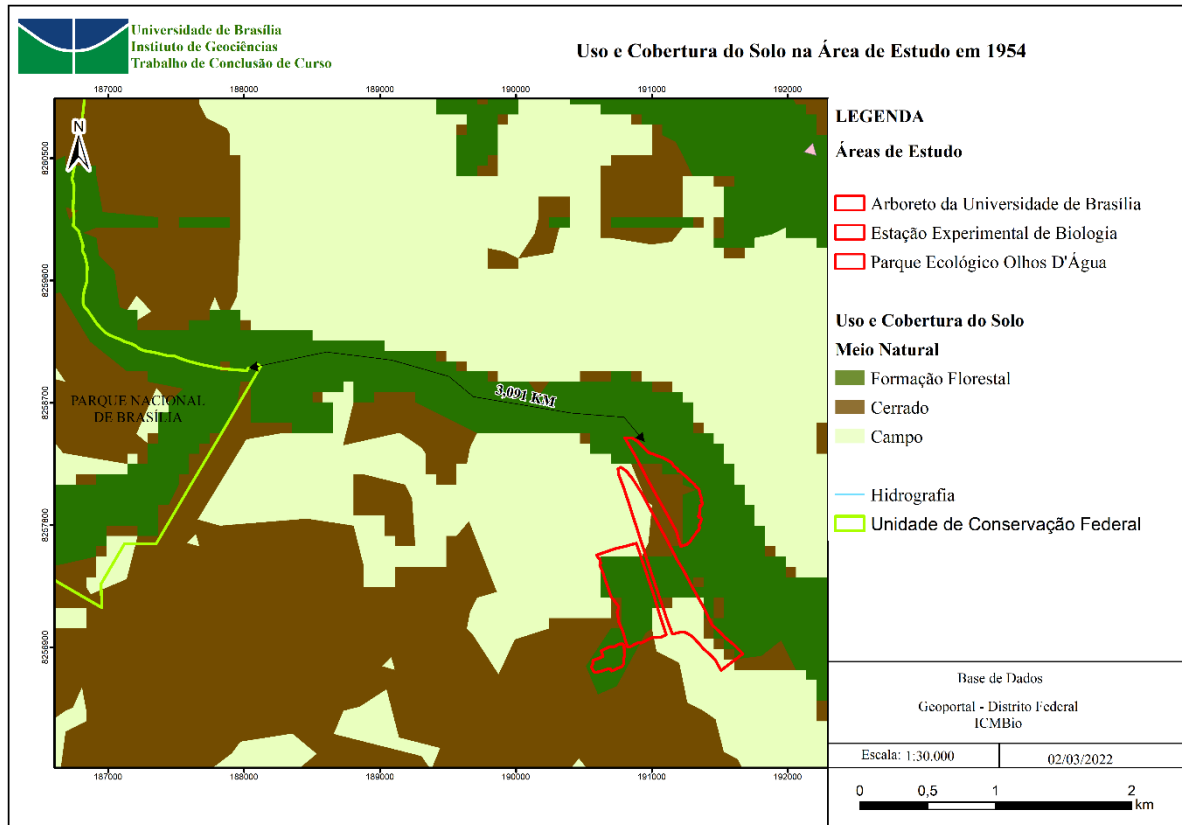


Fonte: Geoportal do Distrito Federal. Elaborado pelas autoras, 2022.

O território que hoje compreende a área de amostragem era composto, em 1965, apenas por Formação Florestal (423,41 ha), Cerrado (566,52 ha) e Campo (966,77 ha). Cabe ressaltar que, em 1954, o Lago Paranoá ainda não tinha sido construído e a região era totalmente integrada, logo, ele não compõe o uso e cobertura do solo desse ano.

A partir da segunda metade da década de 50, tem-se início a construção de Brasília e o represamento do Lago Paranoá (SEDUH, 2009; ArPDF), o que promoveu alterações na paisagem original. As mudanças na vegetação podem ser percebidas pela observação das áreas de estudo (Arboreto da UnB, Estação Experimental de Biologia e Parque Ecológico olhos D'Água), delineadas em vermelho na Figura 4, as quais eram conectadas ao Parque Nacional de Brasília por meio de um corredor de formação florestal.

Figura 4: Mapa de uso e cobertura do solo de parte da porção norte do Plano Piloto, com o Arboreto da Universidade de Brasília, a Estação Experimental de Biologia e o Parque Olhos D’água delineados em vermelho, no ano de 1954



Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de dados do Geoportal, 2021.

No Distrito Federal, apesar da criação da Capital ter se dado de maneira planejada, a gestão e a conservação de espaços naturais e da biodiversidade só entraram na discussão sobre desenvolvimento territorial a partir de 1992, com a criação do primeiro Plano Diretor de Ordenamento Territorial do DF (PDOT) (BRASIL, 1992; LARA, 2016).

Sendo assim, a integração entre áreas naturais e a preservação do meio ambiente não foram critérios considerados durante o processo de ocupação da região, visto que “entendia-se a paisagem natural do Cerrado como um imenso vazio à espera do desenvolvimento, do progresso e da civilização”, o que resultou em fragmentos florestais dispersos (JACOB, 2017, p.3).

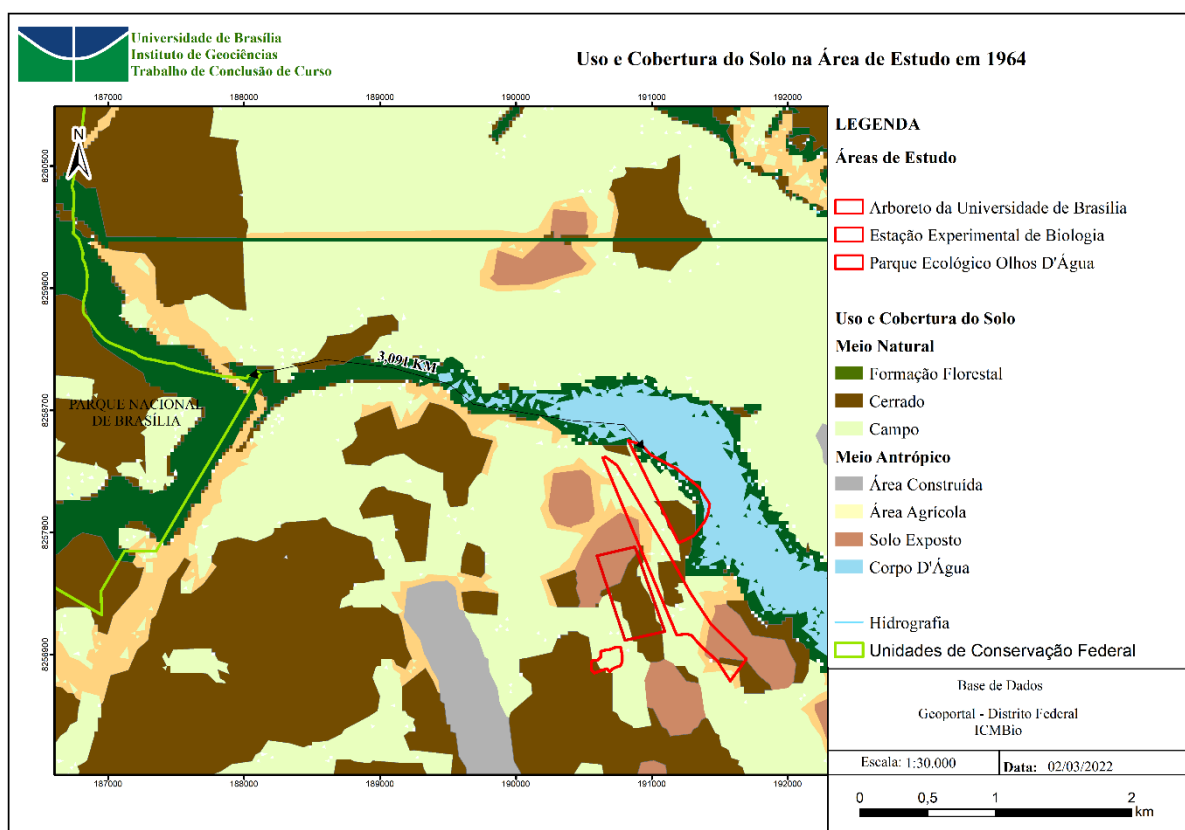
As limitações relacionadas ao reconhecimento das diversas paisagens do cerrado presentes em Brasília, como os campos, foram usadas como aval para a expansão da rede urbana e avanço da agricultura nos anos 60 e 70, impulsionando a retirada de cobertura vegetal e a remoção das camadas superficiais dos solos. Em todo o quadrilátero do Distrito Federal, essa

ocupação do solo gerou a perda de cerca de 58% da vegetação nativa do bioma Cerrado entre 1954 e 2001 (SEDUH, 2009; TAVARES, 2018).

Na região do Plano Piloto, essa supressão da vegetação nativa também foi sustentada pelo projeto paisagístico de Lucio Costa, que previa que a arborização da cidade seria definida pela criação de “cintas arborizadas de enquadramento”, que delimitariam a cidade. Nessa concepção, a cidade seria emoldurada por uma cinta verde, caracterizada por um plantio homogêneo e formada por árvores de grande porte, e cada quadra seria composta por determinada espécie vegetal, de modo a caracterizar o espaço pela utilização de uma única espécie (LIMA, 2009; ROCHA, 2011).

Notou-se, em 1964, uma consolidação de áreas agrícolas e o início do processo de urbanização da região. A conexão ambiental das áreas de estudo com o Parque Nacional ainda existia, mas já é possível observar um acentuado estreitamento na fitofisionomia Formação Florestal (Figura 5).

Figura 5: Mapa de uso e cobertura do solo referente ao ano de 1964 das áreas de estudo e seu entorno, apresentando novas características decorrentes das ações antrópicas, com destaque para a construção do lago Paranoá



Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de dados do Geoportal, 2021.

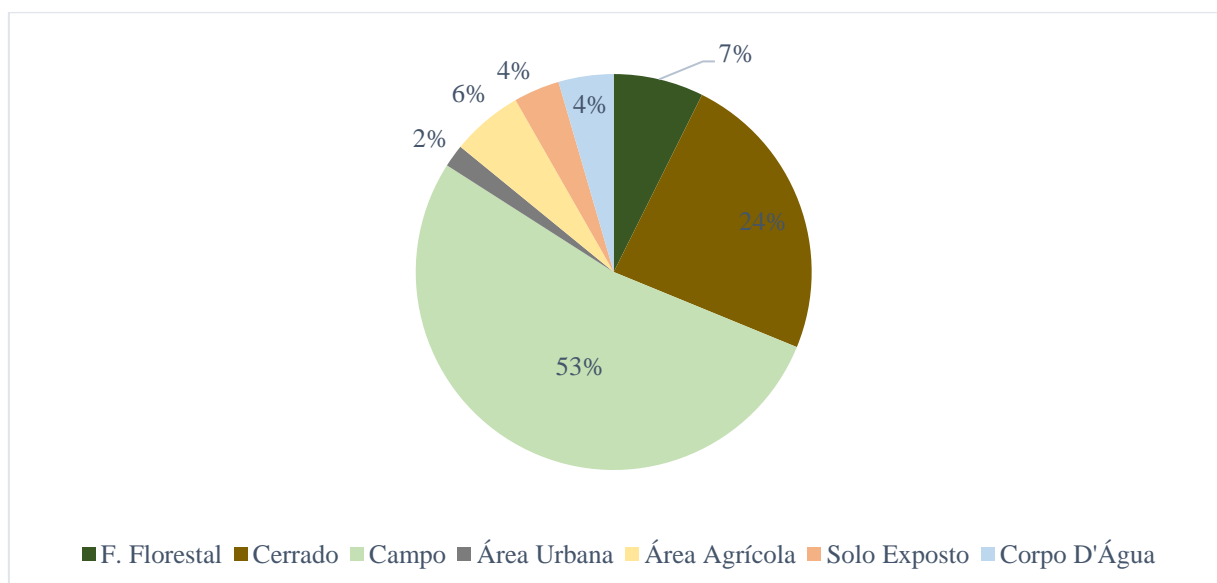
As três áreas de estudo (delineadas em vermelho na Figura 5) explicitam o processo de substituição da fitofisionomia original de Brasília nos primeiros anos de sua construção. Parte do solo foi alterado, visto que a proposta era retirar a flora, deixando a região pronta para as obras que estariam por vir (ROCHA, 2011).

As três áreas de estudo tiveram sua formação florestal completamente retirada, com exceção da estreita parcela que circunda a EEB e que faz contato com o lago, referente a apenas 9% da área original. O Parque Olhos D'Água e o Arboreto apresentaram algumas partes de solo exposto. Nota-se que nem mesmo parcela de vegetação que existia ao redor do corpo d'água que atravessa o Parque e o Arboreto foi preservada como forma de evitar impactos sobre esse recurso.

A área construída apresentou uma parcela pequena quando comparada às outras no mapa, porém o cenário vegetativo já se mostrava diferente do que era há dez anos (1954) e foi observado que parte da fitofisionomia classificada como “Cerrado” passou a dar lugar a fitofisionomias classificadas como “Campo” (Figura 5).

O gráfico abaixo, também referente ao ano de 1964, mostra que o avanço da construção da área urbana já interfere no cenário original da área de amostragem. Outro fator de impacto na vegetação é a presença das áreas agrícolas e de solo exposto na região. Cabe esclarecer que os dados que apontam a presença de corpo d'água no local são reflexo da consolidação do Lago Paranoá (Figura 6).

Figura 6: Gráfico percentual elaborado a partir dos dados obtidos nas análises de uso e cobertura do solo referentes ao ano de 1964



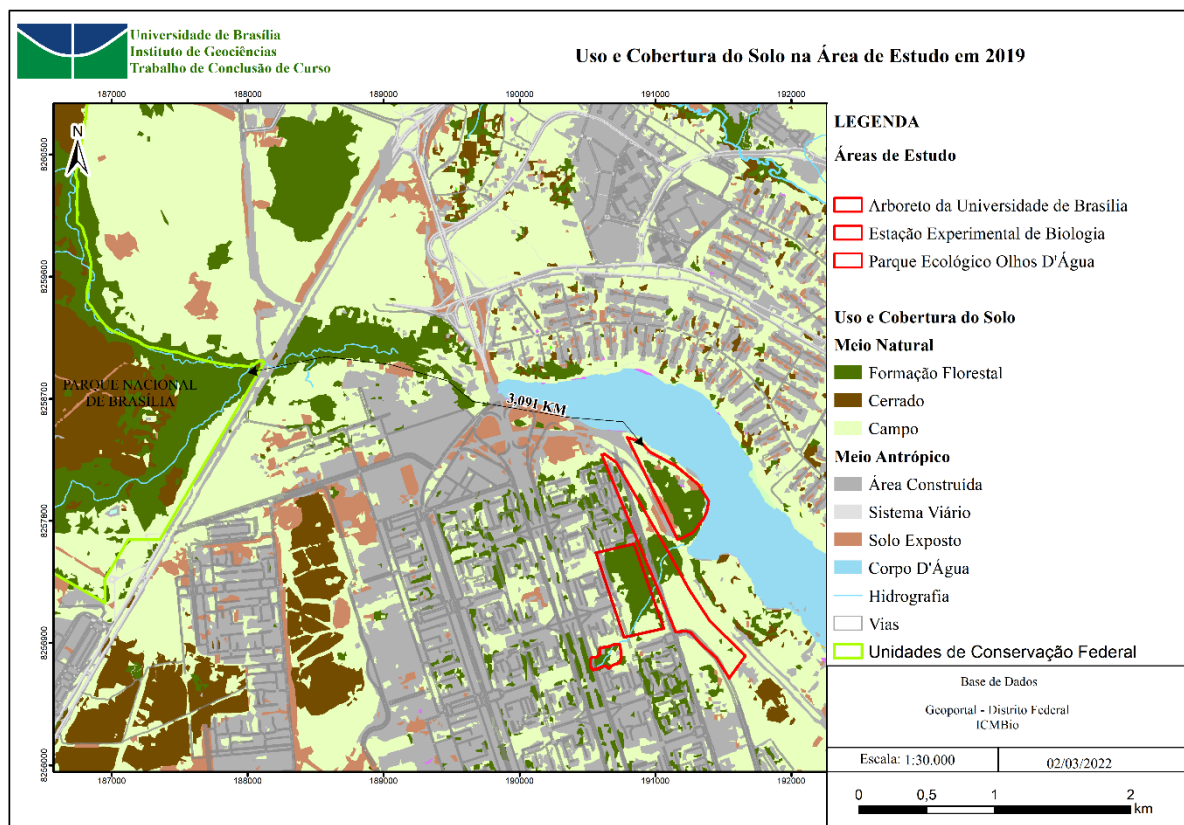
Fonte: Geoportal do Distrito Federal. Elaborado pelas autoras, 2022.

As formações florestais foram o componente mais desmatado nesse ano de análise. Na comparação com a área original dessa fitofisionomia, houve uma redução de 66,17% da vegetação, o que corresponde a cerca de 280,2 ha. Nas formações de Cerrado, houve uma redução de 18,16% da vegetação e nas formações campestres, houve um aumento de área de 6,37% equivalente a 61,61 ha (Figura 6).

O aumento da área equivalente às vegetações campestres não pode ser associado à preservação, tendo em vista que grande parte da vegetação típica do Cerrado da área foi completamente removida para a construção de Brasília e foram inseridas espécies exóticas, como o capim braquiária e o capim-gordura (TAVARES 2018).

No ano de 2019, houve a consolidação urbana na região do Distrito Federal que também compreende a região das áreas de estudo (Figura 7).

Figura 7: Mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2019 das áreas de estudo (delineadas em vermelho) e seu entorno, mostrando a expansão das áreas construídas e o sistema viário já consolidado



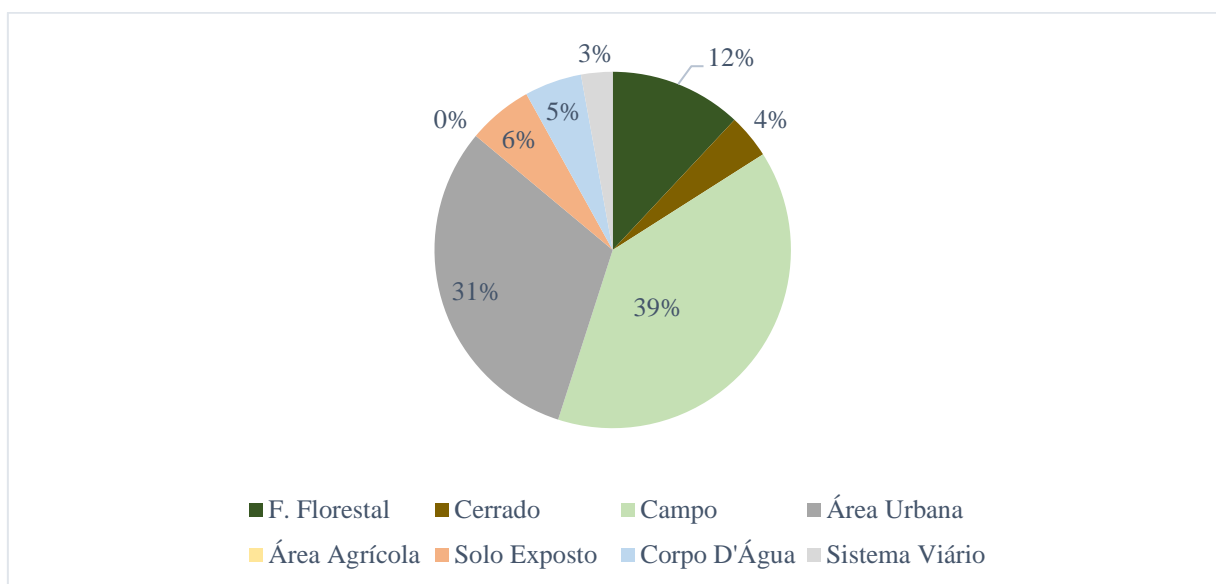
Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de dados do Geoport, 2021.

A conexão ambiental com o Parque Nacional de Brasília, que poderia permitir o fluxo de espécies entre este e as áreas verdes, foi interrompida por completo com a expansão das obras. A implementação de vias, assim como obras de alargamento de estradas já existentes,

somadas ao avanço da construção imobiliária, foram fatores determinantes para a fragmentação da vegetação e isolamento das áreas de estudo.

As três áreas que são objeto de estudo aparecem no mapa da Figura 7 significativamente diferentes do que mostrou o mapa de 1964 (Figura 5). Apesar de estar com uma configuração diferente da inicial, a Formação Florestal volta a aparecer nas três áreas. Ocorreu que, em determinado momento, a vegetação das três áreas foi restituída - inicialmente de forma errônea, como dito anteriormente - para atender, entre outras coisas, ao projeto urbanístico da cidade.

Figura 8: Gráfico percentual elaborado a partir dos dados obtidos nas análises de uso e cobertura do solo referentes ao ano de 2019



Fonte: Geoportal do Distrito Federal. Elaborado pelas autoras, 2022.

O cenário atual da região de estudo caracteriza-se pela integração da área urbana com as áreas de vegetação e pelo afastamento da área agrícola da região central do Distrito Federal. Percebe-se que há um aumento de solo exposto na região, além de uma maciça redução de Cerrado. Na comparação com o ano de 1954 (Figura 3), houve uma redução das áreas verdes de 45,06%, área equivalente a 881,74 ha de desmatamento.

4.2. Panorama sobre o processo de urbanização na porção noroeste do Plano Piloto

A dinâmica de ocupação do Distrito Federal, com o crescimento do número de habitantes na cidade, gerou a necessidade do desenvolvimento de espaços urbanos e da conectividade entre eles. Para isso, espaços naturais foram, progressivamente, degradados, fragmentados e substituídos por cidades e rodovias (LARA, 2016).

Essa alteração no meio natural é elucidada quando se compara a definição da cidade alguns anos após a sua fundação com a sua situação atual. Na porção norte do Distrito Federal, a Figura 9 apresenta a modificação da região em um espaço temporal de 56 anos, durante o qual a cidade surgiu e se desenvolveu, enquanto os espaços de áreas naturais foram reduzidos a manchas verdes em meio ao espaço urbano.

O contraste percebido entre os anos de 1965 e 2021 revela as mudanças pelas quais a região passou. O cenário da primeira imagem, em 1965, é de uma região em plena construção, onde há a nítida presença dos recortes das estradas, delimitando as áreas residenciais, comerciais, entre outras. Nota-se uma ausência da vegetação, que foi retirada para o desenvolvimento da cidade, e áreas com solo exposto, inclusive nos locais onde se situam o Arboreto e o Parque Olhos D'água.

Já o panorama atual da cidade, representado pela imagem de 2021, exhibe a intervenção antrópica ao longo de todo o espaço, com as áreas verdes existentes estando envoltas por uma matriz urbana. As quadras residenciais tomam uma expressiva parcela da região e as áreas com presença de vegetação não fazem conexão umas com as outras.

Figura 9: Imagens comparativas da evolução da porção norte do Plano Piloto (DF) para os anos 1965 e 2021



Fonte: Fotografia aérea de 1965 disponibilizada pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, DF, 2021; Imagem de satélite do ano de 2021 retirada do Google Earth. Editadas pelas autoras.

A evolução da ocupação na porção Norte do Plano Piloto influencia a biodiversidade nas áreas de estudo, pois uma das consequências da fragmentação é a expansão de diversas formas de uso da terra, criando fronteiras entre elas, que ocasionam o isolamento de espécies advindas da restrição de fluxo gênico e, assim, aumentam a heterogeneidade do mosaico cidade-vegetação (METZGER, 2006).

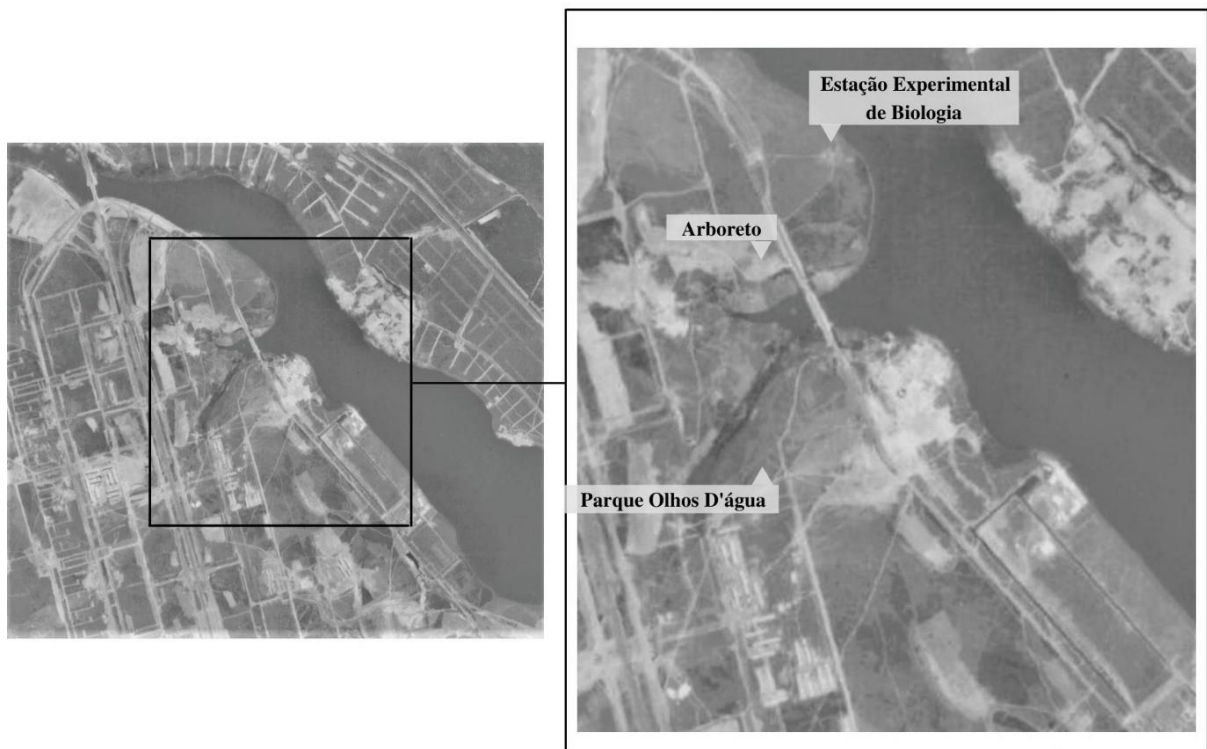
A porção norte do DF é composta por uma integração de áreas residenciais, comerciais, sistema viário e reduzidos espaços verdes. Tal integração impossibilitou a movimentação segura de animais silvestres na região devido a perda de conexão ambiental. Sabe-se que o Parque Nacional conta com a presença de vários animais, inclusive mamíferos, que poderiam percorrer e habitar locais como estes três fragmentos estudados, entretanto, o horizonte de rodovias e construções impossibilitam qualquer percurso seguro que essa fauna poderia explorar.

4.2.1. Análise fotogramétrica temporal das áreas de estudo

Foi possível ilustrar de maneira mais clara a modificação na região a partir da observação das fotografias aéreas dos anos de 1965 a 1997 (Figuras 9 a 13) e das imagens de satélite dos anos de 2008 e 2021 (Figuras 14 e 15).

As áreas objeto de estudo, em 1965, apesar de já estarem situadas em meio a um espaço em desenvolvimento urbano, encontravam-se menos fragmentadas quando comparadas aos dias de hoje, isso pode ser observado principalmente nas áreas que compõem o Parque Olhos D'água e o Arboreto, as quais se constituíam de um espaço único (Figura 10).

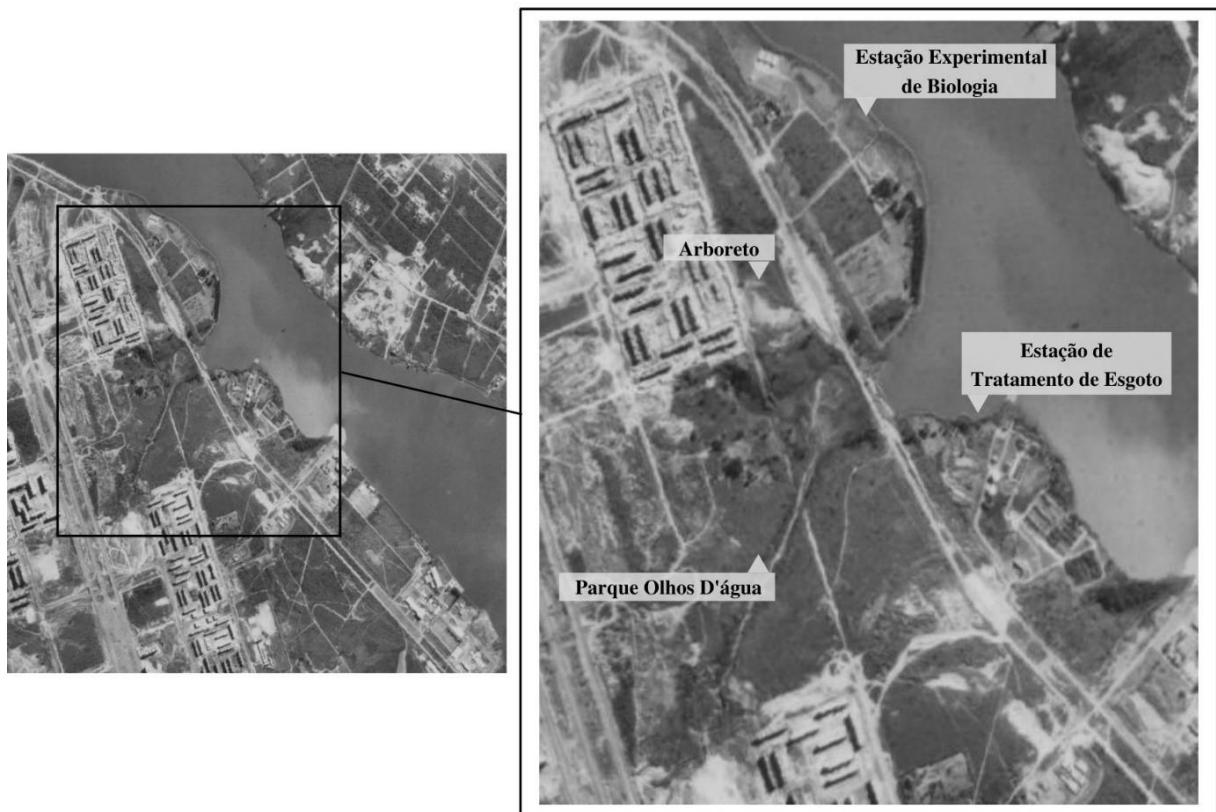
Figura 10: Fotografia aérea de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia, em julho de 1965



Fonte: Adaptado de SEDUH, 2021.

A partir de 1967, com a criação da Coordenação do Desenvolvimento de Brasília (CODEBRÁS), houve maior foco no desenvolvimento de projetos para a Asa Norte. Com isso, foi criada a chamada “Superquadra Norte” - à esquerda da região que hoje constitui o Arboreto e acima e abaixo do que atualmente é o Olhos D’água - promovendo a redução e substituição dos ambientes naturais por áreas construídas (MACHADO, 2007). Essa alteração na composição urbana do espaço em questão é perceptível a partir da visualização da Figura 11, que retrata a região no ano 1975.

Figura 11: Fotografia aérea de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D’água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia no ano de 1975



Fonte: Adaptado de SEDUH, 2021.

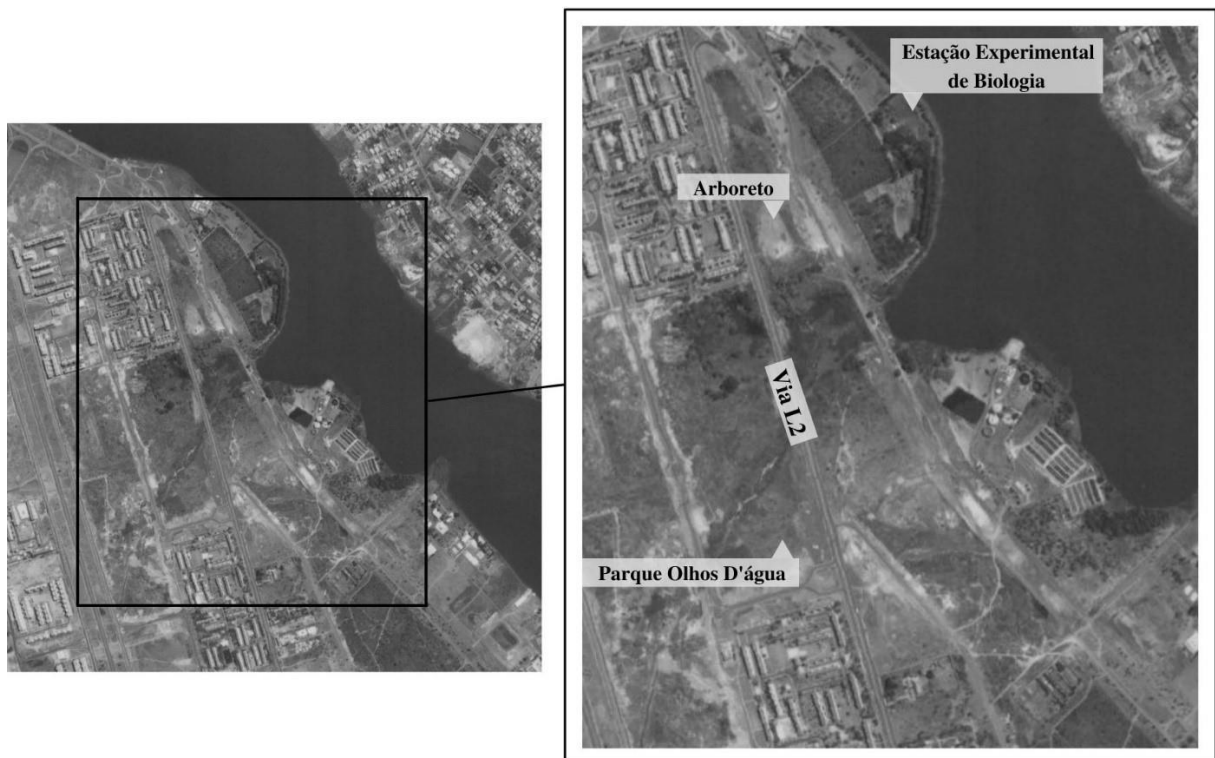
Ainda na década de 70, a área foi, também, explorada para a obtenção de cascalho, de modo que o seu solo, que já se encontrava degradado, tornou-se exposto. Ao se fazer um paralelo histórico, isso coincide com o fato de que, no Distrito Federal, foi regularizada a exploração de areia e calcário, a partir de 1970 (CORREA et al, 2004; ALVARES, 2020).

Embora já houvesse elementos antrópicos alterando a composição da paisagem e ocasionando a sua diminuição, a região de estudo ainda permanecia conectada, com exceção do espaço da Estação Experimental, o qual já começava a ser fragmentado por intermédio da definição de uma estrada e alterado com o desenvolvimento da área de pesquisa.

É possível notar, além disso, que a mesma estrada que promoveu a desconexão da área da EEB com o Arboreto também o desconectou da área que fica às margens do Lago e que hoje é destinada à uma Estação de Tratamento de Esgoto. Dessa maneira, o que se compreende é que além de fragmentadas, essas áreas verdes foram, também, degradadas.

O cenário de integração entre o Parque e o Arboreto se transforma quando se observa a fotografia representativa do ano de 1986 (Figura 12).

Figura 12: Fotografia aérea de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia, em setembro de 1986



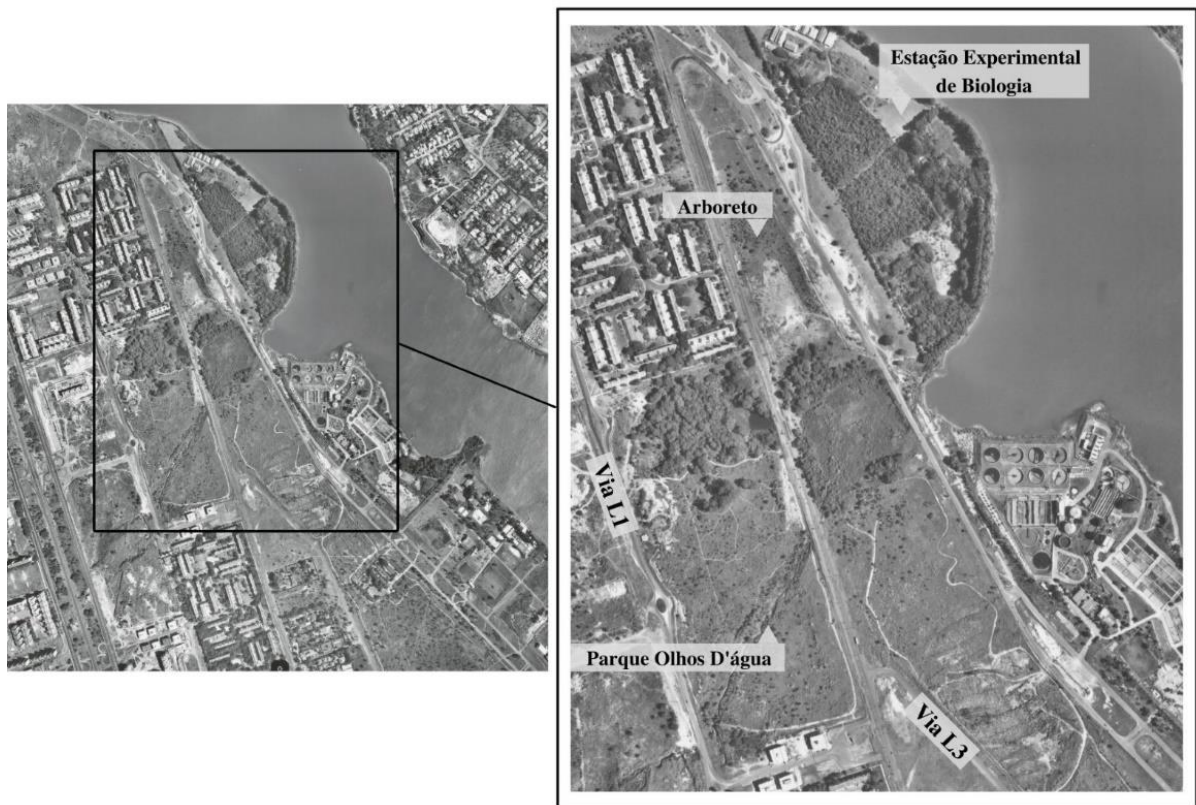
Fonte: Adaptado de SEDUH, 2021.

A implementação de uma via, a L2 Norte, promoveu a sua fragmentação e o seu isolamento. É possível identificar, ainda, a definição de duas novas estradas, uma à esquerda do que hoje é a área do Parque Olhos D'água e outra na parte inferior do Arboreto, reduzindo o seu tamanho total quando comparado a fotografia da década anterior (Figura 11).

Em 1989 foi definida a implantação do Arboreto e, a partir daí, iniciou-se o plantio de árvores nessa região mediante uma iniciativa da Universidade de Brasília, da comunidade da Asa Norte e do Governo do Distrito Federal. Dessa forma, a flora do local passou a ser composta por um “mosaico de vegetação” formado por diferentes fitofisionomias típicas do Cerrado e, também, por espécies exóticas (ALVARES, 2020).

O desenvolvimento de estradas que cortam as áreas verdes estudadas é mais perceptível ao se observar a Figura 13, que representa a região no ano de 1997.

Figura 13: Fotografia aérea de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia em novembro de 1997



Fonte: Adaptado de SEDUH, 2021.

À esquerda do Parque Olhos D'água havia uma área vegetada – um espaço com área visualmente próxima à área do Parque. Com a construção da via L1 Norte, esta área foi completamente desconectada e passou a ser local de mais construções residenciais, como mostra a figura 14. Apenas uma pequena parcela desse local tem resistido às pressões imobiliárias. Uma matéria de agosto de 2011 do jornal Correio Braziliense mostrou a luta de moradores contra a construção de um shopping na área que possui nascente próxima à UC e que hoje faz parte do Parque (MAIA, 2011).

Cortando o Arboreto, foi criada a via L3 norte. Pela observação da fotografia, nota-se também que, além da fragmentação da área do Olhos D'água, houve ampliação da Superquadra, gerando uma redução não só em termos de área, mas também em termos de fitofisionomia, visto que a vegetação nativa do espaço foi removida e substituída por um elemento urbano.

A consolidação da área como um espaço urbano torna-se clara quando se visualiza a fotografia da região no ano de 2008 (Figura 14). O território, que era composto por vegetação típica do Cerrado, foi sendo, aos poucos, fragmentado, reduzido e substituído por estradas e construções, de modo que a biota dessa área ficasse restrita a unidades isoladas.

Figura 14: Imagem de satélite da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia, em outubro de 2008



Fonte: Imagem retirada do Google Earth e editada pelas autoras.

As alterações no uso do solo advindas da urbanização contribuíram para a formação dos fragmentos de vegetação observados nas áreas de estudo. No ano de 2021, imagens de satélite das áreas de estudo retratam a paisagem que integra áreas construídas com áreas de formação florestal e campestre (Figura 15). Cabe esclarecer que a referida imagem representa a região no mês de abril, época que compreende o fim do período de chuvas na Capital, conferindo o verde ao local.

Figura 15: Imagem de satélite da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da UnB e da Estação Experimental de Biologia, em abril de 2021



Fonte: Imagem retirada do Google Earth e editada pelas autoras.

Apesar dos principais impactos na área estudada terem ocorrido à época da construção de Brasília, de 1956 a 1960, e alguns anos posteriores, as alterações na paisagem da região não se restringem a essas datas. Percebe-se que o constante desenvolvimento da Capital continua provocando mudanças no meio natural, promovendo ainda mais redução e fragmentação de áreas verdes. Tem-se como exemplo disso a recente duplicação da via L3 Norte, pista que faz contato direto com a área do Arboreto.

4.3. Índice de Fragmentação

Para melhor compreensão de como ocorreu a fragmentação nas áreas de estudo, foram analisados parâmetros como o tamanho, a forma, a área sob efeito de borda e área nuclear de cada fragmento, além da distância média entre eles. Os valores obtidos para cada parâmetro, com exceção da distância entre os fragmentos, podem ser verificados na Tabela 2:

Tabela 2 - Dados do Índice de Fragmentação proposto para as três áreas de estudo

	Unidade	Estação		Parque Olhos D'água	
		Arboreto	Experimental de Biologia	Área (a)	Área (b)
Área total	Hectares (ha)	30,39	17,05	21,21	3,32
	Metros quadrados (m ²)	303.966,88	170.523,38	212.175	33.297
Área nuclear	Metros quadrados (m ²)	104.817,24	62.755,78	104.455,67	1.516,00
Perímetro	Metros (m)	3.645,79	2.839,12	2.050,32	788,79
Índice de Circularidade	Adimensional	0,53	0,68	0,79	0,82

Fonte: Elaborada pelas autoras a partir de dados obtidos por meio de geoprocessamento, 2022.

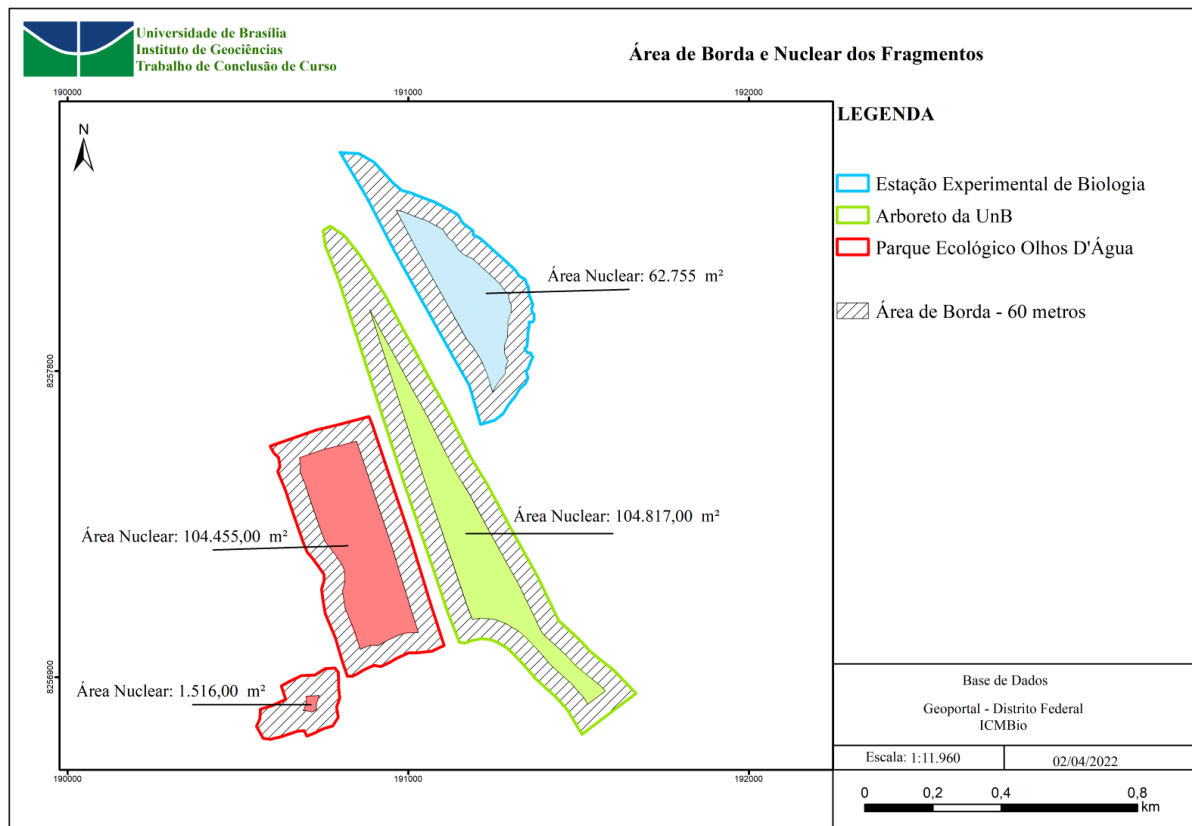
A conectividade foi avaliada com base no cálculo da distância entre os fragmentos. O Arboreto está mais conectado ao Parque Olhos D'água, estando separados por uma distância de 33,51 metros, e está mais desconectado da Estação Experimental de Biologia (EEB), da qual possui 89,41 metros de distanciamento.

Com relação ao tamanho das áreas, o Arboreto, a EEB e a área (a) do Parque Olhos D'Água podem ser classificadas como de tamanho médio, de acordo com Pirovani et al (2014), sendo o Arboreto a maior delas. A área (b), por sua vez, é classificada como pequena, pois possui área inferior a 5 ha.

A forma dos fragmentos foi definida a partir do cálculo do Índice de Circularidade (IC). Com forma alongada está o Arboreto da UnB, que foi o fragmento com o menor valor de índice, igual a 0,53, e, portanto, com o maior grau de alongamento, de acordo com a classificação de Nascimento (2006). A Estação Experimental de Biologia (EEB) obteve índice de circularidade de valor igual a 0,68, o que lhe confere um formato moderadamente alongado. A área (a) do Parque Olhos D'água obteve índice de valor igual a 0,79, sendo classificada como moderadamente alongada. Possuindo a mesma classificação está a área (b), que obteve um valor de 0,82 para o seu índice de circularidade, o maior das quatro áreas analisadas.

Ainda que possuam a mesma classificação de circularidade, as áreas (a), (b) e a EEB possuem formatos distintos, com a área (b) se aproximando da forma circular. Isso pode ser verificado na Figura 16, com as áreas do Olhos D'água destacadas em vermelho e a Estação Experimental destacada em azul.

Figura 16: Mapa das áreas objeto de estudo, com representação da área sob efeito de borda e da área nuclear de cada fragmento



Fonte: Geoportal do Distrito Federal. Elaborado pelas autoras, 2022.

A área nuclear representa a diferença entre a área total do fragmento e a área de borda de 60m. A Estação Experimental de Biologia possui área nuclear de 62.755,00 m², que corresponde a 36,80% de sua extensão total. O Arboreto possui área nuclear de 104.817,00 m², equivalendo a 34,48% do terreno. O Parque Ecológico Olhos D'Água é dividido em duas áreas, a maior possui área nuclear de 104.455,00 m² e a menor 1.516,00 m², valores que indicam, respectivamente, 49,23% e 4,55% de suas superfícies.

Em termos gerais, dos 566.962 m² de área total de todos os fragmentos, apenas 273.544 m² são de área nuclear, ou seja, apenas 48,24% da extensão total das áreas verdes é de área central protegida. Isso significa que mais da metade (51,76%) de toda a área somada, o equivalente a 293.418 m², são de área de borda.

A área menor que compõe o Parque Olhos D'água chama a atenção por ser quase toda constituída por borda. O tamanho reduzido da área nuclear não pode ser justificado, nesse caso, pela forma do fragmento, mas sim por seu tamanho. Sabe-se que a forma e o tamanho são dois fatores determinantes para o tamanho da área nuclear, no entanto, por possuir índice de circularidade igual a 0,82, o maior das quatro áreas analisadas, esse fragmento se aproxima de

uma forma mais arredondada, o que sugere que esse parâmetro não pode ser considerado como gerador de influência para a área nuclear. O seu tamanho reduzido, por sua vez, pode ser um fator explicativo para isso.

Silva et al (2019), em seu estudo sobre fragmentos florestais na Bacia do Ribeirão Anhumas, Campinas-SP, também identificaram que os fragmentos com os maiores índices de circularidade estavam associados a fragmentos com área total e nuclear reduzidas. Os autores apontam a alta vulnerabilidade em que esses fragmentos se encontram, a qual as vezes pode não ser identificada devido ao alto valor do índice. Isso mostra a importância do tamanho dos fragmentos como um fator que influencia diretamente as interações da área com a parte exterior e, conseqüentemente, a preservação da biota que ali existe.

A influência da forma dos fragmentos pode ser percebida ao se analisar a relação entre o valor do índice de circularidade e o tamanho da área core dos outros três fragmentos estudados, a área (a), o Arboreto e a EEB. A área (a), que obteve o maior valor de IC, de 0,79, foi o fragmento com maior porcentagem de área nuclear. O Arboreto, por sua vez, é o fragmento com o formato mais irregular, o que resultou no menor valor de índice e, conseqüentemente, em uma área central reduzida, que corresponde a 34,48% de sua área total.

É possível estabelecer, portanto, que tamanho e forma são determinantes e indissociáveis na definição da área nuclear, ambos se relacionam aumentando ou diminuindo a área central protegida, influenciando na forma como cada fragmento irá enfrentar as pressões externas. Quanto maior e mais arredondado for um fragmento, maior será sua área central. Além do tamanho e da forma, a conectividade é outro fator que merece atenção quando o assunto é preservação da biodiversidade, já que influencia diretamente no fluxo de espécies entre os espaços (PRIMACK E RODRIGUES, 2001).

Nos fragmentos analisados, percebe-se uma situação de vulnerabilidade, principalmente da área (b). Todas as áreas estão desconectadas e possuem uma área central protegida pequena. Sendo assim, ainda que apresentem uma área total suficiente para acolher determinadas espécies, a ausência de área nuclear necessária no local acaba não permitindo que isso ocorra (SILVA et al, 2019). Dessa forma, o tamanho da área interna protegida, somada a desconexão dessas áreas, prejudicam a conservação da biodiversidade nesses espaços.

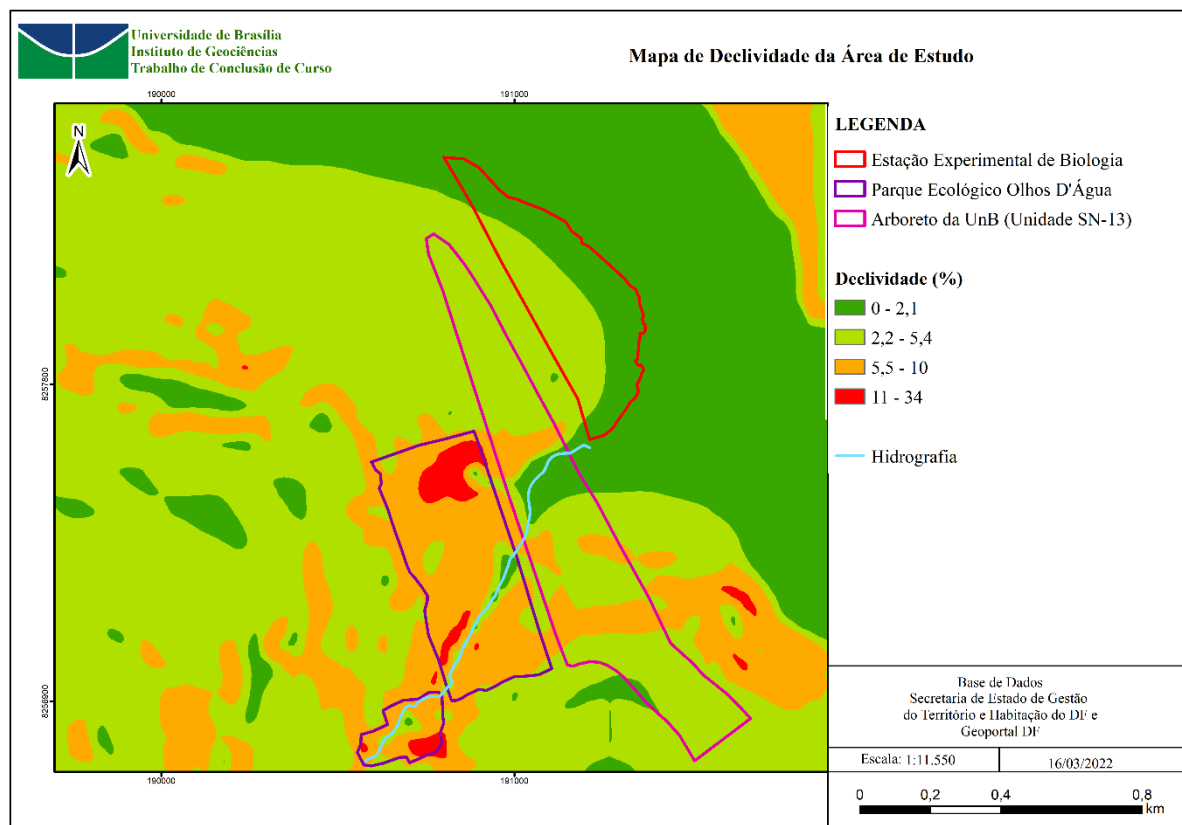
4.4. Relevância ecológica da área de estudo

A fim de salientar a importância ecológica da área de estudo, foram realizadas análises para caracterizar com mais precisão o relevo e a cobertura vegetal das áreas de estudo.

A declividade percentual da Estação Experimental de Biologia varia de 0 a 5,4%, sendo a região mais próxima ao Lago Paranoá a menos declive. O Arboreto, por sua vez, possui uma declividade que oscila entre 0 e 10%. Observa-se que a presença da hidrografia está diretamente relacionada com a área de menor declividade dessa área. O Parque Ecológico Olhos D'Água é a área com maior variação de inclinação, entre 0% e 34%, em relação ao eixo horizontal (Figura 17).

Por meio da declividade de um terreno, é possível verificar a velocidade em que ocorre o escoamento superficial da água, bem como fatores atrelados à essa, como infiltração, enchentes e suscetibilidade a erosão (GOUVEIA, 2019).

Figura 17: Mapa de declividade da área de estudo, com destaque ao Arboreto da Universidade de Brasília, à Estação Experimental de Biologia e ao Parque Olhos D'água



Fonte: Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação do DF. Elaborado pelas autoras, 2022.

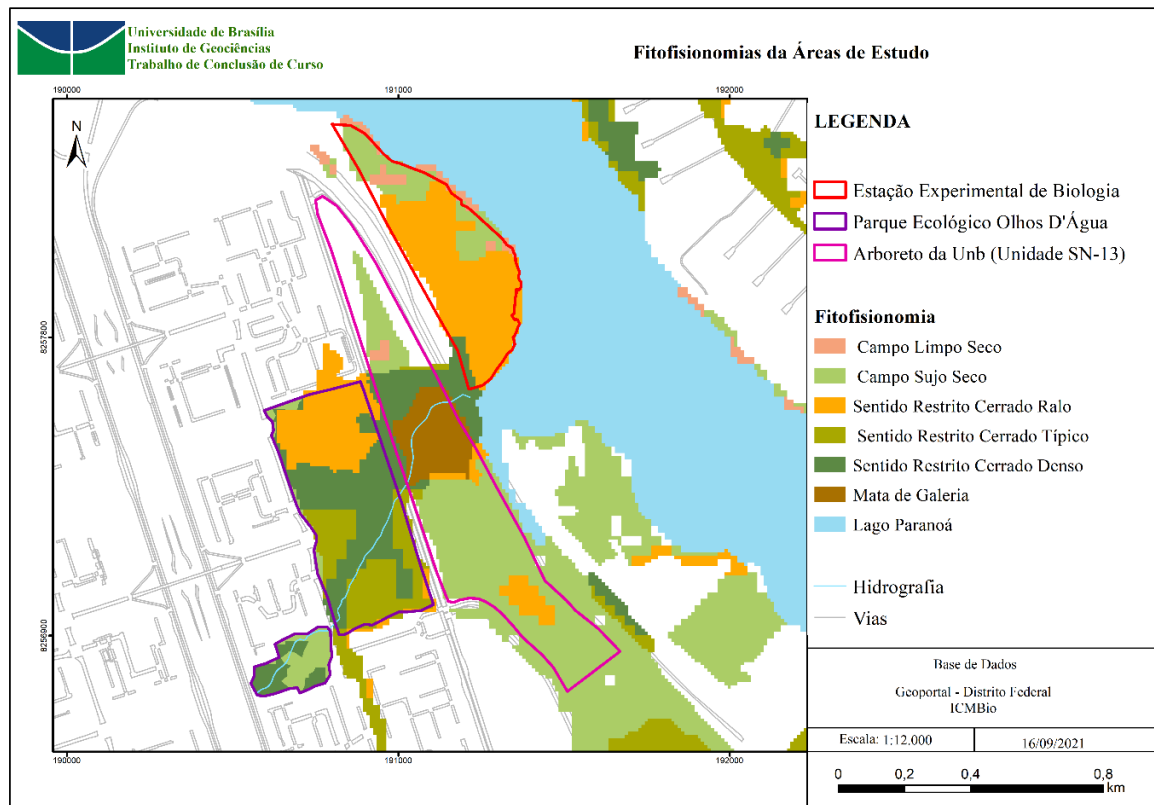
A partir da declividade pode-se inferir o tipo de relevo. O relevo da EEB é considerado plano. No Arboreto observa-se variações de relevo entre plano, suave ondulado e ondulado. O

Parque Olhos D'Água é a área com relevo mais variado, tendo como forma predominante suave ondulado e ondulado, segundo a classificação da EMBRAPA (1999). Vale ressaltar que alguns pontos dessa área possuem relevo forte ondulado, como no noroeste do parque.

Por apresentarem relevo ondulado, exceto a EEB, as áreas de estudo precisariam ser submetidas a um nivelamento de terreno caso fossem destinadas a uso urbano (SANTOS, 2019). Isso impactaria na topografia da região, alterando a projeção do terreno, e consequentemente poderia reduzir a capacidade de drenagem de águas pluviais, tendo em vista que o relevo é um componente que afeta esse serviço ecossistêmico (PELOGGIA, 1998). Além disso, a área estaria passível a ser totalmente impermeabilizada pela pavimentação, o que aumentaria o escoamento superficial.

Arelado ao relevo, o uso e cobertura do solo caracterizam o meio da área de estudo e são determinantes para a compreensão da sua relevância ecológica. Atualmente, em 2022, as três áreas estudadas constituem-se de vegetação característica das formações florestais e campestres (Figura 18).

Figura 18: Mapa de uso e cobertura do solo de parte da porção norte do Plano Piloto, com destaque às áreas do Parque Ecológico Olhos D'água, do Arboreto da Unb e da Estação Experimental de Biologia



Fonte: Elaborado pelas autoras, a partir de dados obtidos no Geoportal do DF, 2021.

As fitofisionomias presentes nas áreas de estudo são divididas em três grupos: Formações Florestais (Mata de Galeria), Formações Savânicas (Cerrado Sentido Restrito) e Formações Campestres.

Mata de Galeria é a vegetação florestal que acompanha os córregos dos planaltos do Brasil Central e rios de pequeno porte, formando corredores fechados sobre o curso de água. O termo Savana faz referência a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato de gramíneas, sem a formação de dossel contínuo. O Cerrado Sentido Restrito é uma das categorias de formações savânicas que podem ser encontradas no Cerrado e se caracteriza por ter árvores baixas, tortuosas, inclinadas e com ramificações irregulares e retorcidas. Já o termo Campo (Formações Campestres) refere-se a áreas onde predominam espécies herbáceas e algumas arbustivas, sendo que as árvores e arbustos podem ser espalhados ou não (IBRAM, 2018).

Vale destacar que possíveis mudanças no uso e cobertura do solo do Arboreto (Unidade SN-13) impactariam diretamente os serviços ecossistêmicos prestados pelas áreas de estudo, como a filtragem da água da chuva e a proteção do solo contra erosão que contribuiria para o assoreamento do corpo d'água presente na área, além do depósito de sedimentos no Lago Paranoá que acarretaria turbidez da água, prejudicando o ecossistema aquático local (SANTOS, 2014).

Ressalta-se, novamente, a importância da integração relevo-vegetação dessas áreas verdes na captação das águas pluviais, evitando possíveis problemas de drenagem - como inundações por exemplo-, além de exercerem o importante papel de recarga de lençóis freáticos. Isso se dá pelo fato de que áreas de vegetação natural possuem maior capacidade de filtração da água, tendo em vista que seu solo não foi compactado e impermeabilizado como é o caso das áreas construídas (PELOGGIA, 1998; SANTOS, 2014, GOUVEIA, 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas verdes de Brasília se destacam entre os prédios das quadras e superquadras residenciais da cidade, conferindo cor à paisagem da cidade, além de diversos benefícios que vão desde contribuições que minimizam os efeitos da seca até a oferta de áreas de lazer à céu aberto. Todavia, as análises aqui apresentadas mostraram que a vegetação atual passou por intensas modificações, distanciando-se, em poucas décadas, de sua versão original.

Na construção da cidade, a importância dos processos ecológicos parece ter sido uma das poucas considerações deixadas de lado no projeto urbanístico. Nota-se que não houve um interesse em preservar o que havia de formação florestal, o que poderia ter evitado uma perda da biodiversidade e de tantos outros serviços ecossistêmicos prestados pelo meio natural que acabou sendo degradado.

Mesmo quando algumas áreas desmatadas, como é o caso das três áreas aqui analisadas, passaram pelo processo antrópico de recomposição da flora, alguns percalços que surgiram pelo caminho não conferiram ao projeto de arborização a possibilidade de se aproximar daquilo que um dia foi o cenário natural. Exemplo disso foi a introdução de espécies que não faziam parte da flora do bioma cerrado e que, logo em seguida, precisaram ser substituídas por árvores que realmente se adaptassem ao clima seco, típico da região (ROCHA, 2011).

Anos depois, já devidamente arborizadas e, posteriormente, classificadas como unidades legalmente protegidas, as três áreas analisadas continuaram e ainda continuam sofrendo impactos causados pelo crescimento urbano da cidade. O índice de fragmentação realizado para as três áreas apresentou dados que, em conjunto com a pesquisa bibliográfica realizada, mostram uma fragilidade do ponto de vista ecológico. São áreas expostas à efeitos de borda decorrentes, principalmente, das estradas que margeiam suas extensões.

No contexto da preservação de espaços ecologicamente relevantes, observou-se que a impossibilidade de manter áreas maiores não pode ser visto como um empecilho para que os pequenos fragmentos sejam acompanhados de perto pelos responsáveis, evitando, dessa forma, ainda mais danos aos ecossistemas envolvidos. As áreas verdes existentes nos centros urbanos têm papel fundamental na regulação de processos envolvendo fatores hidrológicos, ecológicos, sociais e tantos outros, não devendo ter sua importância reduzida a fins estritamente financeiros.

No que diz respeito à biodiversidade que existe no local, vale observar que, apesar desse estudo não ter se voltado a uma análise aprofundada das espécies de plantas e animais que se encontram nesses espaços, seus resultados podem auxiliar em outros projetos voltados ao

manejo adequado dessas ou de tantas outras áreas verdes espalhadas pela cidade, sejam elas naturais ou não.

Na interconexão das três áreas, o Arboreto ganha destaque por ter papel fundamental como área que faz intermédio entre as outras duas. Há, entretanto, uma falta de gestão sobre a área, o que dificulta sua conservação e, conseqüentemente, a proteção da biodiversidade existente.

No que se refere à falta de instrumentos legais que promovam a sua gestão e manejo adequados, sabe-se que fica a cargo dos Planos de Manejo determinar como minimizar os impactos dentro de Unidades de Conservação. Todavia, o que se percebe é que muitas delas não possuem esse documento, como é o caso do Parque Olhos D'água, ou estão desatualizados, caso do Arboreto que, em teoria, faz parte do Plano da Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago Paranoá, mas que, na prática, não possui a gestão respaldada por ele.

Por fim, sugere-se a realização de ações que busquem conscientizar a população sobre a importância ecológica desses locais, tanto por parte do Instituto Brasília Ambiental (IBRAM), quanto por parte da Universidade de Brasília. A integração da região do Arboreto ao campus da universidade, de forma a possibilitar o uso do local para pesquisas e outras atividades, evitando, assim, o abandono da área com abertura para possíveis invasões, é um exemplo de ação que pode ser levada em consideração.

Perceber a Educação Ambiental como um instrumento de informação e de envolvimento social pode ser o primeiro passo para que a população observe essas áreas verdes sob uma perspectiva de valor que vai além dos fins estritamente financeiros.

6. CONCLUSÃO

Diante da análise do processo de urbanização do Plano Piloto, conclui-se que a retirada de vegetação nativa da região de estudo teve como consequência ambiental a fragmentação e a perda de conectividade entre áreas verdes. Os três fragmentos que se encontram no local, o Arboreto da Universidade de Brasília, a Estação Experimental de Biologia da UnB e o Parque Olhos D'água, não tiveram suas conexões preservadas e permanecem passíveis de enfrentarem consequências como o efeito de borda, entre outras implicações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA, F. D. **Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas, São Paulo.** 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. DOI:10.11606/D.41.2012.tde-21012013-095242.

ALMEIDA, C. G. **Análise Espacial Dos Fragmentos Florestais Na Área Do Parque Nacional Dos Campos Gerais, Paraná.** 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território: Sociedade e Natureza) - Universidade Estadual De Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

ALVARES, M. R. **Valoração econômica do Arboreto da Universidade de Brasília.** 2020. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) — Universidade de Brasília, Brasília, Brasília, 2020.

ArPDF - Arquivo Público do Distrito Federal. **História do Lago Paranoá.** Brasília, DF: ArPDF. Disponível em: <https://www.arquivopublico.df.gov.br/lago-paranoa/>. Acesso em: 26 de fev. de 2022.

ArPDF, CODEPLAN, DePHA. **Relatório do Plano Piloto de Brasília.** Governo do Distrito Federal, Brasília, 1991. Disponível em: https://www.aman62.com/arquivos/jose_pessoa/relatorio_plano_piloto_de_brasilia_web2.pdf. Acesso em: 15 de abril. de 2022.

BAGER, A. *et al.* Os caminhos da conservação da biodiversidade brasileira frente aos impactos da infraestrutura viária. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 75-86, 2016.

BARGOS, D. C, MATIAS L. F. Áreas verdes urbanas: Um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (REVSBAU)**, Piracicaba – SP, v.6, n.3, p.172-188, 2011.

BORGES, L. F. R. *et al.* Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. **Revista Cerne**, Lavras, v.10, n.1, p.22-38, 2004.

BRASIL. **Decreto nº 15.900**, de 12 de setembro de 1994. Cria o Parque Olhos D'água e dá outras providências. Brasília, DF: Sistema Integrado de Normas Jurídicas do DF. Disponível em: http://www.tc.df.gov.br/sinj/Norma/26611/Decreto_15900_12_09_1994.html. Acesso em: 20 de ago. de 2020.

BRASIL. **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. Brasília, DF: Sistema Integrado de Normas Jurídicas do DF. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/23197/Lei_353_18_11_1992.html. Acesso em: 26 de ago. de 2021.

BRASIL. **Lei nº 556**, de 07 de outubro de 1993. Dispõe sobre a autorização de criação do Parque Olhos D'Água, em área que menciona e outras providências. Brasília, DF: Sistema Integrado de Normas Jurídicas do DF. Disponível em:

http://www.tc.df.gov.br/sinj/Norma/48515/Lei_556_07_10_1993.html. Acesso em: 20 de ago. de 2021.

CABRAL, L. N.; CÂNDIDO, G. A. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S. l.], v. 11, 2019. DOI: 10.1590/2175-3369.011.002.AO08.

CAVALHEIRO, F. Urbanização e alterações ambientais. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo, 2 ed., p. 114 – 124, 1995.

COLAVITE, A. P. Integração de Mapas de Declividade e Modelos Digitais Tridimensionais do Relevo na Análise da Paisagem. **Revista Geonorte**, v. 3, jun. 2012.

COMASTRI, J. A; JUNIOR, J. G. **Topografia aplicada: medição, divisão e demarcação**, f. 102. 1989. 203 p.

CORRÊA, R. S. *et al.* Áreas degradadas pela mineração no Distrito Federal. In: **Mineração e áreas degradadas no Cerrado**. Cap.1. Brasília, Universa, p. 9-22, 2004.

DARISSI, B. F. **Caracterização Da Fragmentação Florestal No Parque Nacional Do Caparaó E Seu Entorno, Brasil**. 2018. 54 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999.

FIGUEIRÓ, A. S. **Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 136 – 137, 2015.

GeoPortal/DF. **Infraestrutura de Dados Espaciais - IDE/DF**. Disponível em<<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>>. Acesso em: 16 de set. de 2021.

GOUVEIA R, G. L. *et al.* **Análise das classes de declividade para conservação do solo na bacia hidrográfica do córrego Jabuticaba/ ES**. In: **Congresso Nacional do Meio Ambiente**, nº 16, 2019, Poços de Caldas. Anais. Minas Gerais: V. 11, N.1, 2019.

IBRAM – Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal - Brasília Ambiental. **Bioma Cerrado**. Brasília, DF: IBRAM, 2018. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/bioma-cerrado/>. Acesso em 3 de março de 2022.

IBRAM - Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal - Brasília Ambiental. **Você conhece a história do Parque Ecológico Olhos d'água?** Brasília, DF: IBRAM, 2020. Disponível em: <http://www.ibram.df.gov.br/voce-conhece-a-historia-do-parque-ecologico-olhos-dagua/>. Acesso em: 20 de ago. de 2020.

JACOB, P. P. **Avaliação da fragmentação da paisagem natural de Cerrado decorrente do espraiamento urbano de Brasília**. 2017. 67 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) — Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

JATOBÁ, S. U. S. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. **Boletim regional, urbano e ambiental**, 2011.

LARA, H. **Brasília, uma cidade centenária**. Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN. Texto para discussão, nº 13, Brasília, 2016.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology & Evolution**. v.24, n.12, p.643-702, 2009.

LIMA, R. M. C. **Avaliação da arborização urbana do Plano Piloto**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

MACHADO, M. P. **Superquadra: pensamento e prática urbanística**. 2007. 269 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

MAIA, F. Cresce mobilização contra shopping perto do parque Olhos D'Água. **Correio Braziliense**. Brasília, 08 ago. 2011. Cidades. Disponível em: https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/cidades/2011/08/08/interna_cidadesdf,264475/cresce-mobilizacao-contra-shopping-perto-do-parque-olhos-d-agua.shtml. Acesso em: 20 de abril de 2022.

McDONALD, R. I.; URBAN, D. L. Edge effects on species composition and exotic species abundance in the North Carolina Piedmont. **Biological Invasions**, v.8, p.1049–1060, 2006. DOI: 10.1007/s10530-005-5227-5

MESQUITA, I. C. M. **Evolução do uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego olhos d'água - asa norte - Brasília/DF (1954-2013)**. 2013. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

METZGER, J.P. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza e Conservação**, São Paulo, v. 4, p. 11-23, 2006.

MELO, A. G. *et al.* Fragmentos Florestais Urbanos. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. v.17. Garça, SP, fev 2011.

NASCIMENTO, M. C. *et al.* Mapeamento Dos Fragmentos De Vegetação Florestal Nativa Da Bacia Hidrográfica Do Rio Alegre, Espírito Santo, A Partir De Imagens Do Satélite Ikonos Ii. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.389-398, 2006.

NASCIMENTO, V. S. **Análise Ambiental do Parque Olhos D'água Asa Norte – Distrito Federal**. 2016. 9-35 f. Tese de Pós-graduação em análise ambiental e desenvolvimento sustentável: legislação ambiental. Centro Universitário de Brasília, Brasília.

NETO, H. F. P. **Análise Da Fragmentação Da Cobertura Vegetal Como Subsídio Ao Planejamento Da Paisagem Em Áreas Urbanizadas: Aplicação Ao Bairro De Santa Felicidade, Curitiba/PR**. 2008. 174 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília, MSP**, f. 118. 2000. 235 p.

NUCCI, J. C., CAVALHEIRO, F. **Espaços Livres e Qualidade de Vida Urbana: Paisagem Urbana**. São Paulo, n.11, dez. 1998 288 p.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 14-15, 2015.

PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. Xamã, f. 136, 1997. 271 p.

PIROVANI, D. B. *et al.* Análise Espacial De Fragmentos Florestais Na Bacia Do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.271-281, 2014.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina - PR: Planta, f. 164, 2000. 327 p.

RIES, L. *et al.* Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.35, p.491- 522, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130148>

ROCHA, M. A. **Superquadras de Brasília: Um olhar segundo critérios paisagísticos**. 2011. 174 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SANTOS, A. L. C. *et al.* Importância de remanescentes florestais para conservação da biodiversidade: estudo de caso na Mata Atlântica em Sergipe através de sensoriamento remoto. **Revista Geografia Acadêmica** v.7, n.2, p. 58 – 84, 2013.

SANTOS, A. C. **Efeitos das características do uso e cobertura do solo da bacia de drenagem sobre a qualidade da água e biodiversidade de ecossistemas aquáticos**. 2014. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

SANTOS, G. Preparação De Terreno Para Construção Civil. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 5, n. 2, jun 2019.

SEDUH - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - Governo do Distrito Federal. **Mapas**. Brasília, DF: SEDUH, 2021. Disponível em: <https://www.seduh.df.gov.br/mapas-2/>. Acesso em: 07 de set. de 2021.

SEDUH - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - Governo do Distrito Federal. **Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - Documento Técnico, 2009**. Brasília, DF: SEDUH, 2009. Disponível em: https://www.seduh.df.gov.br/wpconteudo/uploads/2017/09/documento_tecnico_pdot12042017.pdf. Acesso em: 26 de ago. de 2021.

SILVA, A. L. *et al.* Classificação De Fragmentos Florestais Urbanos Com Base Em Métricas Da Paisagem. **Ciência Florestal. Ci. Fl.** Santa Maria, v.29, n.3, p.1254-1269, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509830201>.

TAVARES, M. F. D. *et al.* Paisagens Protegidas e Incêndios Florestais em Brasília: Produção Voluntária de Informações Geográficas e Sistema de Alerta. **Territorium**, n. 26(I), p. 63–86, 2018. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_26-1_5