



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

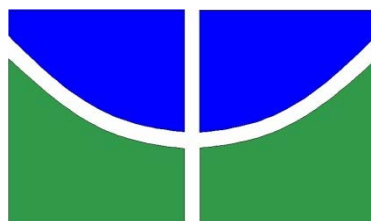
Impactos das mudanças do uso e cobertura da terra no estoque de carbono acima do solo da vegetação das Unidades de Conservação de Proteção Integral do Distrito Federal (1990-2020)

Laryssa Adriano da Costa

Brasília, 11 de julho de 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

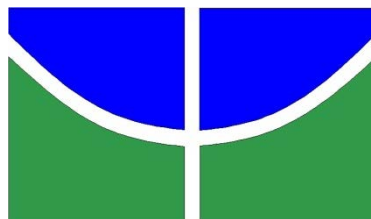
Impactos das mudanças do uso e cobertura da terra no estoque de carbono acima do solo da vegetação das Unidades de Conservação de Proteção Integral do Distrito Federal (1990-2020)

Laryssa Adriano da Costa

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi.

Brasília-DF, 11 de julho de 2023



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal – EFL**

Impactos das mudanças do uso e cobertura da terra no estoque de carbono acima do solo da vegetação das Unidades de Conservação de Proteção Integral do Distrito Federal (1990-2020)

Estudante: Laryssa Adriano da Costa

Matrícula: 17/0148432

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

Prof(a). Dr(a). Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi.

Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador (EFL)

Prof(a). Dr(a). Juscelina Arcanjo dos Santos

Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

MSc. Marizete Chaves de Cerqueira
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

Brasília-DF, 11 de junho de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

COSTA, LARYSSA ADRIANO

Título: Impactos das mudanças do uso e cobertura da terra no estoque de carbono acima do solo da vegetação das Unidades de Conservação de Proteção Integral do Distrito Federal (1990-2020). 65 p., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenharia, Engenharia Florestal, 2023).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| 1. Desmatamento | 2. Carbono |
| 3. Conservação da biodiversidade | 4. Geoprocessamento |
| I. EFL/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COSTA, L. A. (2023). Impactos das mudanças do uso e cobertura da terra no estoque de carbono acima do solo da vegetação das Unidades de Conservação de Proteção Integral do Distrito Federal (1990-2020). Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 65 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR(A): Laryssa Adriano da Costa 1

TÍTULO: Impactos das mudanças do uso e cobertura da terra no estoque de carbono acima do solo da vegetação das Unidades de Conservação de Proteção Integral do Distrito Federal (1990-2020)

GRAU: Bacharel em Engenharia Florestal

ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Laryssa Adriano da Costa

Departamento de Engenharia Florestal (EFL)-FT

Universidade de Brasília (UnB)

Campus Darcy Ribeiro

CEP 70919-970 – Brasília – DF – Brasil

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter me dado força e fé até aqui. Minha mãe, Adigilane, minha base de cuidado, de amor e de força. É com ela que aprendi a ser forte e ir atrás dos meus sonhos e objetivos.

Ao meu namorado, Gabriel, pela parceria, paciência e cuidado ao longo desses anos, que sempre me apoiou e depositou fé em mim.

Aos meus amigos que a UnB me proporcionou, Jéssica, Joyce, Giovanna, Thaís e Lara, agradeço a parceria, risadas, cuidado, alegrias e lágrimas.

À UnB, por me proporcionar momentos e experiência únicas com excelentes profissionais, além de me oferecer qualidade na formação.

Ao DER, meu primeiro estágio e contato profissional na área de atuação. À NOVACAP, meu segundo estágio, lugar onde adquiri conhecimentos primordiais na área de atuação e conheci pessoas sensacionais, em especial a Patrícia Bueno, agradeço o cuidado, o carinho, a paciência e os ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi, pela paciência e auxílio para elaboração desse trabalho, sempre com respeito e responsabilidade.

“Talvez você nunca se sinta totalmente preparado para nada, mas não permita que o medo te impeça de avançar. Um passo de cada vez. Um dia de cada vez. O universo tem uma queda pelos corajosos.” (Wandy Luz)

RESUMO

O desmatamento no bioma Cerrado tem sido considerado um fenômeno antrópico crítico e preocupante nas últimas década no Brasil. A conversão da vegetação nativa do bioma Cerrado em outros usos da terra causa, dentre outros, a perda de diversidade biológica e a destruição de habitats e de espécies endêmicas, além de aumentar as emissões de gases do efeito estufa no Cerrado. Neste contexto, as Unidades de Conservação (UC) desempenham papel importante na conservação da biodiversidade, na manutenção dos recursos hídricos e na redução das emissões do Cerrado. Entretanto, pouco se sabe sobre a contribuição efetiva destas UC na regulação do Carbono, especialmente devido aos altos custos e demanda laboral e temporal para estimar a biomassa baseado em levantamentos de campo. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das mudanças do uso e cobertura da terra nos estoques de biomassa aérea nas UCs de Proteção Integral inseridas no território do Distrito Federal (DF), entre 1990 e 2020, usando dados de sensores remotos. Para avaliar a mudança de uso e cobertura da terra foram utilizados dados do Projeto MapBiomass (Coleção 6.0) e para estimar a quantidade de carbono da biomassa superficial foram usados dados fornecidos pelo *Oak Ridge National Laboratory - Distributed Active Archive Center (ORNL-DAAC)*, ambos acessados e geoprocessados na plataforma *Google Earth Engine (GEE)*. Os resultados deste estudo mostraram que a formação savânica, os corpos hídricos (rios e lagos) e as áreas úmidas (campo alagado e áreas pantanosas), foram as mais afetadas pelo desmatamento, com perda de 0,2%, 3,1% e 9,7%, respectivamente, enquanto as áreas urbanas aumentaram 141% dentro das UCs no período de estudo. A formação florestal se destacou com aumento de 10,3% e as pastagens, plantios de soja, mosaicos de agricultura e pastagem e outras áreas não vegetadas foram reduzidas em 0,6% entre 1990 e 2020. Embora as perdas de vegetação natural sejam proporcionalmente pequenas, trata-se de UCs de proteção integral onde nenhuma área deveria ser afetada pelo desmatamento, pois têm o objetivo básico e primordial de preservação da natureza. Como consequência da redução da vegetação nativa, observou-se as maiores perdas de biomassa acima do solo entre 2005 e 2010 e entre 2015 e 2020, com reduções de 2.520,84 MgC e 3.354,36 MgC, respectivamente. Os resultados deste estudo contribuem para o melhor entendimento da situação do uso e ocupação do solo nas UCs de proteção integral do DF e seus efeitos nas emissões de gases do efeito estufa na atmosfera, além de auxiliar na discussão sobre a perda de serviços ecossistêmicos na região de estudo.

Palavras-chave: Desmatamento; Carbono; Conservação da Biodiversidade; Geoprocessamento.

ABSTRACT

The deforestation occurring in the Cerrado biome has become a critical and concerning human-induced phenomenon in Brazil over recent decades. The conversion of native vegetation within the Cerrado biome for alternative land uses leads to the detrimental effects of biodiversity loss, habitat destruction, and the extinction of endemic species. Moreover, this process contributes to an escalation in greenhouse gas emissions within the Cerrado region. In this context, Protected Areas (PAs) play a pivotal role in safeguarding biodiversity, preserving water resources, and mitigating emissions within the Cerrado. Nonetheless, our understanding of the effective role these PAs play in carbon regulation remains limited, primarily due to the substantial costs, labor, and time required for estimating biomass through field surveys. The primary aim of this study was to assess the impact of changes in land use and land cover on aboveground biomass stocks in fully protected PAs within the Federal District (DF) territory between 1990 and 2020, utilizing remote sensing data. Land use and land cover alterations were evaluated using information from the MapBiomass Project (Collection 7.1). The quantity of carbon stored in surface biomass was estimated using data provided by the Oak Ridge National Laboratory - Distributed Active Archive Center (ORNL-DAAC), both of which were accessed and processed using the Google Earth Engine (GEE) platform. Among the changes observed, wetlands (swamps and marshes) were the most adversely affected by deforestation, experiencing respective losses of 0.2%, 3.1%, and 9.7%. Meanwhile, urban areas within the PAs expanded by a significant 141% during the study period. Forested areas notably increased by 10.3%, while pastures, soybean plantations, agricultural-pasture mosaics, and other non-vegetated areas collectively decreased by 0.6% between 1990 and 2020. Although the proportion of natural vegetation loss might seem relatively small, it is imperative to acknowledge that these are fully protected PAs, where no deforestation should occur, given their primary and fundamental objective of nature preservation. The most substantial losses of aboveground biomass were observed between 2005 and 2010, as well as between 2015 and 2020, resulting in reductions of 2,520.84 MgC and 3,354.36 MgC, respectively, due to the reduction in native vegetation. These findings contribute significantly to enhancing our comprehension of the land use and land cover dynamics within fully protected PAs in the Federal District. Additionally, they provide valuable insights into the impact on greenhouse gas emissions in the atmosphere and facilitate discussions regarding the erosion of ecosystem services within the study region.

Keywords: Deforestation; Carbon; Biodiversity Conservation; Geoprocessing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Problema e questões de pesquisa	16
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.1.1 Objetivo Específico.....	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 Caracterização da Área de Estudo.....	17
3.1.1 Unidade de Conservação	20
3.1.1.1 Unidade de Conservação Estudadas	22
3.2 Base de Dados.....	24
3.2.1 MapBiomas	24
3.2.2 Google Earth Engine	25
3.2.3 MapBiomas – Coleção 6.0	26
3.2.4 <i>Global Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density Maps</i>	26
3.3 Processamento de Dados	27
3.3.1 Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra (1990 a 2020).....	28
3.3.2 Densidade de Carbono da Biomassa Acima do Solo (AGBC)	30
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	32
4.1 Análise temporal do Uso e Cobertura nas UCs de Proteção Integral.....	32
4.2 Dinâmica do Estoque de Carbono da Biomassa Acima do Solo	45
5 CONCLUSÃO	53
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
7 SCRIPTS UTILIZADO NA PLATAFORMA GEE	60
7.1 Acesso a Coleção do Mapbiomas 6.0 (1990 a 2020).....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral estudadas no Distrito Federal – DF.....	18
Figura 2 – Esquema das principais fitofisionomias do Bioma Cerrado (segundo RIBEIRO e WALTER, 1998).....	19
Figura 3 - Fluxo metodológico para obter os dados de densidade de carbono da biomassa acima do solo (AGBC) para 2010 no software ArcGIS®10.6.....	31
Figura 4 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 1990.	33
Figura 5 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 1995.	34
Figura 6 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2000.	35
Figura 7 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2005.	36
Figura 8 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2010.	37
Figura 9 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2015.	38
Figura 10 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2020.	39
Figura 11 – Variação percentual das áreas antrópicas e áreas naturais dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do DF, taxa de 2020 em relação ao ano de referência (1990).	44

Figura 12 – Média da densidade de carbono acima do solo de 2010 e o desvio padrão de cada classe e cobertura da terra presente nas Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal.....	46
Figura 13 – Impactos das mudanças de uso e cobertura da terra na densidade de carbono da biomassa acima do solo entre 1990 e 2020 presente nas Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal.....	48
Figura 14 - Distribuição espacial do estoque de carbono acima do solo (AGBC) nas Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito federal em 2010.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação das Unidade de Conservação (UCs) de Proteção Integral estudadas, suas áreas (ha), legislação de criação e órgãos gestores.	23
Tabela 2 – Álgebras matemáticas usadas no estudo.....	31
Tabela 3 - Área ocupada pelas classes de uso e cobertura em hectares (ha) e em % dentro das unidades de conservação de Proteção Integral estudadas nos anos de 1990 a 2020.	41
Tabela 4 - Cobertura do uso e ocupação da terra que compõem o grupo de áreas naturais detectadas dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral estudadas, com as áreas de 1990 e 2020 em ha a variação absoluta e a variação percentual.....	42
Tabela 5 - Cobertura do uso e ocupação da terra que compõem o grupo de área antrópicas detectadas dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral estudadas, com as áreas de 1990 e 2020 em ha, a variação absoluta e a variação percentual.	43
Tabela 6 - Média, desvio padrão da densidade de carbono da biomassa acima do solo (AGBC) para o ano de 2010, na qual foi usado para estimar o AGBC dos anos de 1990, 1995, 2000, 2015 e 2020 e a área de uso e cobertura da terra (ha) das classes.	45
Tabela 7 - Densidade de carbono AGB estimadas para as classes de uso e cobertura da terra nas Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do DF estudadas, a variação percentual da densidade de carbono ao realizar a diferença entre 2020 e 1990 e alteração da densidade com base na estimativa total de AGBC total de 1990.	49
Tabela 8 - Alterações na densidade de AGBC em diferentes períodos (1990-2020). Com perdas nos períodos 2005-2010 e 2015-2020, isto é, redução dos estoques de carbono da biomassa viva acima do solo, e conseqüentemente, contribuição com a emissão de carbono para a atmosfera.	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorias de Unidade de Conservação de Proteção Integral e seus objetivos previstas pelo SNUC.....	21
Quadro 2 – Categorias de Unidade de Conservação de Uso Sustentável e seus objetivos previstas pelo SNUC.....	22
Quadro 3 - Classes de uso e cobertura da terra obtidas através da plataforma MapBiomas para as Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas.....	28
Quadro 4 – Composição dos grupos estabelecidos no estudo em áreas naturais e áreas antrópicas.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGB – *Aboveground Biomass*

AGBC – *Aboveground Carbon Biomass*

API – Programação de Aplicação

CO₂ – Dióxido de Carbono

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

DF – Distrito Federal

GEE – *Google Earth Engine*

GEE – Gases do Efeito Estufa

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAM – Instituto Brasília Ambiental

IDE – Ambiente de Desenvolvimento Interativo

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

MAPBIOMAS – Projeto de Mapeamento Anual de Uso e Cobertura da Terra no Brasil

MgC – Megagrama de carbono

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

NDFI – Índice Normalizado de Diferença de Fração

NDVI – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

ONGs – Organizações da Sociedade Civil

ORNL DAAC – *Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center*

RPPNs - Reservas Particulares do Patrimônio Natural

UCs – Unidades de Conservação

SDUC – Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

ZEE-DF – Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é um bioma caracterizado pela presença de vegetação arbórea, arbustiva e de gramíneas, possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América Tropical, da África e da Austrália (ANDRADE; GORDER; BARCELLOS, 2008). É localizado principalmente no Planalto Central do Brasil, ocupa cerca de 23% do território brasileiro (204.7 milhões de hectares), faz limite com a Caatinga, a Floresta Amazônica, o Pantanal e a Floresta Atlântica e englobam diferentes fisionomias na qual são vinculadas com a hidrografia e aos solos (RIBEIRO; WALTER, 1998).

O Cerrado é considerado a savana mais rica e diversa do mundo, com abundância de espécies e muitas sob ameaça de extinção, além de apresentar alto grau de endemismo, sendo considerado um bioma prioritário para a conservação (KLINK; MACHADO, 2005). Possui presença de um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e fauna mundiais (FALEIRO & NETO, 2008). De acordo com AQUINO; OLIVEIRA, (2006) já foram catalogadas mais de 10 mil espécies de plantas, 159 espécies de mamíferos e 837 de aves.

Segundo SANO *et al.*, (2010) aproximadamente 80 milhões de hectares da vegetação nativa foram convertidas em áreas de agropastoris em todo o bioma Cerrado. Além da pressão causada pela cultura agrícola, o Cerrado tem se tornado um ambiente propício para a expansão urbana (DUARTE; LEITE, 2020). Nas últimas décadas houve um processo de ocupação desordenada nas áreas nativas, incentivado pela transferência da capital para a região central do Brasil (CODEPLAN, 2021).

Em 1985 o Cerrado apresentava aproximadamente 55,71% de floresta, 12,10% de formação natural não florestal e 30,08% de uso agropecuário, enquanto no ano de 2020, cerca de 44,3% do bioma era de floresta, 9,85% de formação natural não florestal e 44,17% de uso do setor agropecuário (MapBiomias, 2023). Segundo KLINK; MACHADO (2005), as taxas de desmatamento são superiores às observadas na Amazônia, enquanto as leis que asseguram a conservação são inferiores.

Apesar da sua elevada diversidade de ambientes, o bioma Cerrado vem passando por rápido processo de degradação ambiental, principalmente por mudanças no uso e cobertura da terra, restando apenas 50% de sua cobertura nativa (KLINK; MACHADO, 2005), sendo que menos de 10% dessa cobertura é protegida legalmente por unidade de conservação (MMA, 2023).

O desmatamento observado nas últimas décadas no Cerrado é considerado crítico e preocupante do ponto de vista ambiental, em relação aos demais biomas brasileiros. O Cerrado possui a menor porcentagem de áreas sob proteção integral, apenas 8,21% de seu território legalmente protegido por unidades de conservação (UC), sendo 2,9% são UCs classificadas como de Proteção Integral e outros 5,4% das UCs classificadas como de Uso Sustentável, incluindo as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) que representa 0,07% (MMA, 2023).

Devido a rápida transformação antrópica da vegetação nativa do Cerrado, convertidas em outros usos agrícolas ou pecuário da terra, ocorrem emissões de gases de efeito estufa (GEE), em especial o dióxido de carbono (CO₂), que é uma das causas do aumento do aquecimento global. De acordo com o sexto relatório do IPCC, as emissões de GEE intensificaram ao longo da última década, cerca de 12% a mais do que o ano de 2010, sendo que as atividades antrópicas são responsáveis por ter ocasionado cerca de 1,0°C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, com uma variação em torno de 0,8°C a 1,2°C. É provável que o aquecimento global atinja 1,5°C, entre 2030 e 2052, caso continue no ritmo atual de emissões de gases do efeito estufa (IPCC, 2019).

A biomassa no bioma Cerrado ainda é pouco conhecida, principalmente a presente em áreas protegidas, devido a diferentes fitofisionomias existentes e a elevada variabilidade ambiental e estrutural. Sabe-se, entretanto, que se trata de um assunto imprescindível e que vem crescendo junto com o interesse dos estudos de mudanças climáticas globais (ROQUETTE, 2018). As investigações sobre a dinâmica natural da biomassa, relações existentes entre as florestas nativas e a fixação do CO₂ na regulação do carbono nas UCs, são importantes para avaliação e investigação ecológica sobre o ciclo de carbono e as alterações climáticas dos ecossistemas, servindo de ferramenta para subsidiar ações e políticas locais para conservação e restauração (ERTHAL *et al.*, 2013).

A quantificação de biomassa pode ser usada como referência para projetos de restauração, de manutenção da biodiversidade da fauna e da flora, das questões climáticas, dos corpos hídricos, das estratégias para a conservação e dos serviços ambientais voltados à qualidade de vida da população (RIBEIRO *et al.*, 2009). Os métodos diretos resultam em medições reais da quantidade de biomassa, mas comumente o trabalho de campo é extenso e com alto custo, ainda mais em grandes

territórios ou em florestas protegidas, em que muitas situações são restritas (FREITAS; MELO; CRUZ, 2005).

Neste contexto, o Sensoriamento Remoto destaca-se nos estudos de cobertura vegetal, com alto potencial para investigações com intuito de diagnóstico e monitoramento, visto que seu formato digital permite o processamento rápido e de grande quantidade de dados (AHAMED *et al.*, 2011). Cabe mencionar a plataforma MapBiomas, que disponibiliza desde 2015 o mapeamento do uso e cobertura da terra do Brasil com dados a partir de 1985 até os anos mais recentes, derivados dos satélites da série Landsat.

No presente estudo, avaliou-se o desmatamento ocorrido nas UCs de Proteção Integral dentro do Distrito Federal e os impactos na biomassa acima do solo usando dados e técnicas de geoprocessamento, possibilitando uma estimativa rápida e de baixo custo e demanda laboral. Os resultados desta pesquisa podem contribuir para definição de estratégias regional de conservação e preservação e incentivos à redução de emissões de Carbono causadas pelo desmatamento.

1.1 Problema e questões de pesquisa

As Unidades de Conservação (UCs) localizadas no Distrito Federal (DF) representam mais de 90% do seu território sob proteção ambiental, distribuídas em 106 UCs federais e Distritais (IBRAM, 2023). Entretanto, apenas uma pequena porção se enquadra como proteção de uso integral, categoria que tem como objetivo básico preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais.

A administração das áreas protegidas no Distrito Federal tem enfrentado uma série de desafios na conservação dessas áreas. Destacam-se as pressões antrópicas como invasões, ocupações irregulares, desmatamento ilegal, incêndios florestais e descarte inadequado de resíduos e entulhos que afetam diretamente o uso e cobertura da terra dentro das UCs (CODEVASF, 2022).

A partir da problemática do desmatamento e do pouco conhecimento efetivos sobre UCs na conservação da biomassa na região do DF, o presente estudo foi norteado pelas seguintes questões de pesquisa: Quais as mudanças do uso e cobertura da terra ocorridas dentro das UCs de proteção integral do Distrito Federal nas últimas décadas? Quais os efeitos das mudanças do uso e cobertura sobre a

biomassa acima do solo na área de estudo? Qual a dinâmica temporal do uso e cobertura e os seus respectivos efeitos sobre a biomassa?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o impacto das mudanças do uso e cobertura da terra e quantificar a densidade de estoque de carbono acima do solo nas UCs de Proteção Integral dentro do Distrito Federal entre 1990 e 2020.

2.1.1 Objetivo Específico

- Estimar as mudanças das classes de uso e cobertura da terra no período e área de estudo;
- Quantificar o uso e cobertura da terra;
- Quantificar os efeitos das mudanças do uso da terra sobre a densidade de biomassa acima do solo dentro das UCs de Proteção Integral no período analisado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O presente estudo envolveu 27 (vinte e sete) Unidades de Conservação (UC) de Proteção Integral (Figura 1) dentro do Distrito Federal (Figura 1), situado na região Centro-Oeste, ocupando o centro do Brasil e o centro-leste do Estado de Goiás, região com área de 578 milhões de hectare, equivalendo a 0,06% da superfície do país (CODEPLAN, 2020).

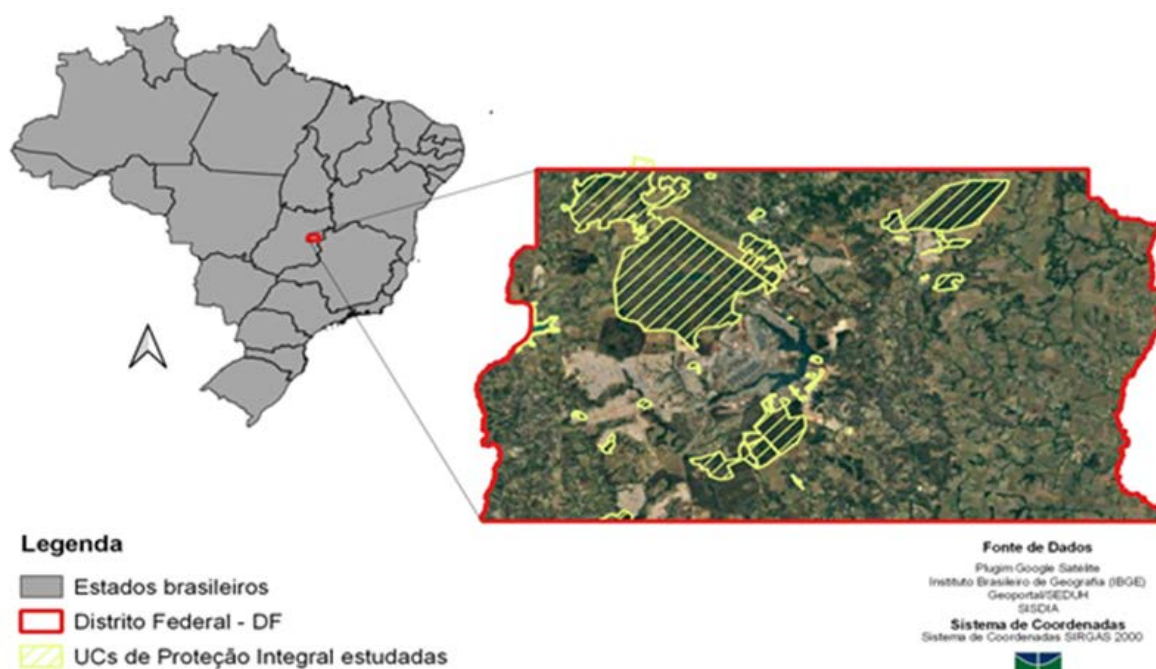


Figura 1 – Localização das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral estudadas no Distrito Federal – DF.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Os relevos presentes no DF, bem como nas UCs estudadas, estão em dinâmica ao longo dos rios Paranoá, São Bartolomeu, Preto, Maranhão e Descoberto. Os solos são relativamente planos, com várias profundidades, texturas, porosidades e diferentes níveis de fertilidade, com predominância dos Latossolos e dos Cambissolos, correspondentes a 54,50% e 30,38%, respectivamente (BARBOSA; LACERDA; BILICH, 2009).

A região de estudo desempenha papel crucial como áreas de dispersão de água, que fluem para três das principais bacias hidrográficas do Brasil: Bacia do Paraná, Bacia do São Francisco e Bacia do Tocantins. Além de abrigar importantes nascentes, contribuem para a formação de cursos d'água perenes, desempenhando um papel fundamental no abastecimento das mencionadas bacias hidrográficas do Brasil (LIMA; EMERICH; MALDANER, 2008).

As UCs em estudo estão totalmente inseridas no bioma Cerrado, ambiente que são reconhecidas onze fitofisionomias vegetacionais, divididas em formações florestais (Matas Secas, Mata de Galeria, Mata Ciliar e Cerradão), em formações savânicas (Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e em formações campestre (Campo Rupestre, Campo Sujo e Campo Limpo), cujos os

limites nem sempre são bem definidos, como mostra a Figura 2 (RIBEIRO; WALTER, 1998).

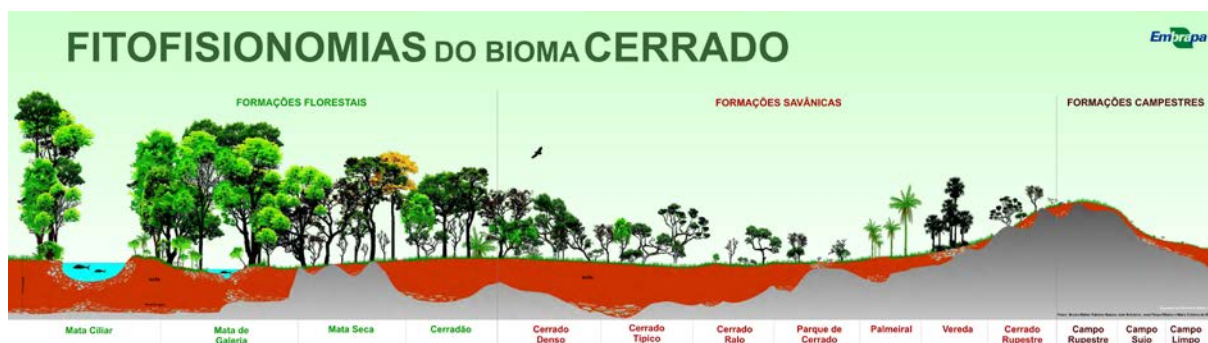


Figura 2 – Esquema das principais fitofisionomias do Bioma Cerrado (segundo RIBEIRO e WALTER, 1998).

Fonte: EMBRAPA, 2023.

As formações florestais encontradas no bioma Cerrado caracterizam-se pela predominância de espécies arbóreas, formando um dossel contínuo. As Matas de Galeria, por sua vez, são fitofisionomias que apresentam uma associação com cursos de água e formam uma rede florestal perenifólia (OLIVEIRA; FELFILI, 2005). Já as Matas Ciliares acompanham os rios de maior porte e possuem uma vegetação arbórea que não forma galeria, apresentando diferentes graus de caducifólia durante a estação seca (RIBEIRO; FONSECA; SOUSA-SILVA, 2001).

O sentido restrito é caracterizado pela presença dos estratos arbóreo e arbustivo-herbáceo, distribuídas aleatoriamente em diferentes densidades, sem formar um dossel contínuo (BERNASOL; LIMA-RIBEIRO, 2010). No Parque de Cerrado a ocorrência de árvores é concentrada em locais específicos do terreno, já o Palmeiral pode ocorrer tanto em áreas bem drenadas quanto em mal drenadas com presença de determinada espécie de palmeira (EMBRAPA, 2023). A Vereda também se caracteriza pela presença de uma única espécie de palmeira, o buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) espalhados em meio ao estrato arbóreo ou herbáceo homogêneo, em solos saturados em maior parte do ano (RIBEIRO *et al.*, 1983).

Por fim, as formações campestres abrangem três principais tipos fitofisionômicos. O Campo Sujo, caracterizado pela presença de arbustos e subarbustos no estrato arbustivo-herbáceo, diferentemente do Campo Limpo, onde há pouca ou nenhuma presença de arbustos e subarbustos. O Campo Rupestre, esse que apresenta zonas vegetais semelhantes às do Campo Limpo, com a diferença de

ocorrer em substratos com afloramentos rochosos em altitudes elevadas (RODRIGUES PINTO; LENZA; SIQUEIRA PINTO, 2008).

3.1.1 Unidade de Conservação

A criação de UCs no mundo e no Brasil teve início na segunda metade do século XIX, com interesse pela preservação de áreas terrestres ou aquáticas detentoras de características naturais excepcionais. Um marco reconhecido internacionalmente na política moderna de UCs foi a fundação do Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos, em 1872. No Brasil, os primeiros parques nacionais surgiram apenas na década de 1930. O Parque Nacional do Itatiaia fundado em 1937, seguido pela criação dos Parques Nacionais Iguaçu e Serra dos Órgãos, criados em 1939 (DRUMMOND; FRANCO; OLIVEIRA, 2010).

Ao longo dos anos, foram criadas normas com intuito de preservar as áreas protegidas. Em 1934, o Decreto nº 23.793, conhecido como antigo Código Florestal, foi o primeiro texto legal brasileiro a prever a criação de parques nacionais, estaduais e municipais. Em 1965, o novo Código Florestal e o Código de Fauna (Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967) trouxeram como novidade principal, a criação de UCs de uso indireto (parques nacionais, estaduais, municipais e reservas biológicas), que não permitiam o uso dos recursos naturais, e as de uso direto (florestas nacionais e parques de caça), que permitiam a exploração direta dos recursos (MEDEIROS, 2006).

Mesmo com algumas leis implementadas para equiparar as áreas protegidas, ainda era escassos de legislação e diretrizes quanto a sistematização e reconhecimento das UCs. Contudo, em 2000 foi criada a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, chamada Lei do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza), que representou um momento histórico para a conservação da biodiversidade no Brasil, definindo e regulamentando as categorias das unidades de conservação em níveis federal, estadual e municipal (MITTERMEIER, *et al.*, 2005).

A Lei do SNUC define UC como:

“Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (Brasil, 2000).

Com a Lei do SNUC, as UCs foram divididas em dois grandes grupos com características específicas, as de proteção integral, cujo objetivo básico é de preservar a natureza, admitindo-se apenas o uso indireto dos recursos naturais (Quadro 1), e as de uso sustentável, na qual a finalidade é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (Quadro 2).

Quadro 1 – Categorias de Unidade de Conservação de Proteção Integral e seus objetivos previstas pelo SNUC.

Unidades de Proteção Integral	
Categoria	Objetivos
Estação Ecológica (Esec)	Preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas.
Reserva Biológica (Rebio)	Preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.
Parque Nacional (Parna)	Preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.
Monumento Natural (MN)	Preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.
Refúgio de Vida Silvestre (RVS)	Proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.

Fonte: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (Lei do SNUC).

Quadro 2 – Categorias de Unidade de Conservação de Uso Sustentável e seus objetivos previstas pelo SNUC.

Unidades de Uso Sustentável	
Categoria	Objetivos
Área de Proteção Ambiental (APA)	Proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.
Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)	Manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.
Floresta Nacional (Flona)	O uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.
Reserva Extrativista (Resex)	Proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.
Reserva de Fauna (Refau)	Manter área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.
Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)	Preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por estas populações.
Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	Conservar a diversidade biológica.

Fonte: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (Lei do SNUC).

De acordo com o Painel de Unidades de Conservação Brasileiras, o Brasil conta atualmente com um total de 2.659 UCs, sendo 851 de Proteção Integral e 1808 de Uso Sustentável, divididas em nível federal (38%), estadual (42%) e municipal (19%), totalizando cerca de 18% do território continental do país e 29% das áreas marinhas (MMA, 2023).

3.1.1.1 Unidade de Conservação Estudadas

Na Tabela 1, constam os detalhes (área, legislação e órgãos gestores) das 27 (vinte e sete) UCs de Proteção Integral analisadas no presente estudo.

Tabela 1 - Relação das Unidade de Conservação (UCs) de Proteção Integral estudadas, suas áreas (ha), legislação de criação e órgãos gestores.

Unidades de conservação de Proteção Integral	Área (ha)	Ano de criação	Gestor
Estação Ecológica da Universidade de Brasília	2.346,24	-	UnB
Estação Ecológica de Águas Emendadas	9.361,58	Decreto 771 de 12/08/1968	IBRAM
Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília	4.328,35	Decreto 4.422 de 26/11/1992	IBRAM
Monumento Natural do Conjunto Espeleológico do Morro da Pedreira	90,53	Decreto 31758 de 02/06/2010	IBRAM
Monumento Natural Dom Bosco	131,09	Lei complementar 2198 de 08/06/1999	IBRAM
Parque Distrital Bernardo Sayão	206,04	Decreto 41035 de 27/07/2020	IBRAM
Parque Distrital Boca da Mata	195,93	Decreto 13.244 de 07/07/1991	IBRAM
Parque Distrital das Copaibas	70,59	Lei 1600 de 25/07/1997	IBRAM
Parque Distrital de São Sebastião	17,68	Decreto 15.898 de 12/08/1994	IBRAM
Parque Distrital do Retirinho	624,59	Lei 2.355 de 26/04/1999	IBRAM
Parque Distrital dos Pequizeiros	781,79	Lei 2.279 de 07/01/1999	IBRAM
Parque Distrital Recanto das Emas	309,68	Lei 1.188 de 13/08/1996	IBRAM
Parque Distrital Salto do Tororó	61,10	Decreto 36472 de 30/04/2015	IBRAM
Parque Nacional de Brasília	42.354,40	Decreto 241 de 29/11/1961	ICMBio
Refúgio de Vida Silvestre Canjerana	59,28	Lei 4.506 de 30/09/2010	IBRAM
Refúgio de Vida Silvestre da Mata Seca	253,02	Decreto 36497 de 13/05/2015	IBRAM
Refúgio de Vida Silvestre Garça Branca	135,57	Lei 1.594 de 25/07/1997	IBRAM
Refúgio de Vida Silvestre Gatumé	147,91	Decreto 26.437 de 09/12/2005	IBRAM
Refúgio de Vida Silvestre Mestre d'Armas	32,23	Lei complementar 623 de 09/07/2002	IBRAM
Refúgio de Vida Silvestre Morro do Careca	8,50	Lei complementar 641 de 14/08/2002	IBRAM
Refúgio de Vida Silvestre Vale do Amanhecer	35,96	Decreto 25.928 de 14/07/2005	IBRAM
Reserva Biológica da Contagem	3.390,51	Decreto s/nº de 13 de dezembro de 2002	ICMBio
Reserva Biológica do Cerradão	53,92	Decreto 19213 de 06/05/1998	IBRAM
Reserva Biológica do Gama	611,70	Decreto 11261 de 16/09/1988	IBRAM
Reserva Biológica do Guará	146,52	Decreto 11262 de 16/09/1988	IBRAM
Reserva Biológica do Rio do Descoberto	433,58	Decreto 26007 de 05/07/2005	IBRAM
Reserva Ecológica do IBGE	1.391,86	-	IBGE

Total de área (ha)	67.580,14	-	-
---------------------------	------------------	---	---

Fonte: IBRAM e ICMBIO (2023).

As UCs sob a gestão do Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) são regidas pela Lei Complementar nº 827, de 22 de julho de 2010, a qual estabelece o Sistema Distrital de Unidades de Conservação da Natureza (SDUC). Essa legislação define os critérios, normas e procedimentos para criação, implantação, alteração e gestão das Unidades de Conservação no território do Distrito Federal.

É importante ressaltar que, a Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) não segue as categorias estabelecidas pelo SNUC e pelo SDUC, pois é regulada por leis implementadas anteriormente às mencionadas.

3.2 Base de Dados

Os dados espaço-temporal do uso e cobertura da terra e da quantificação da densidade de carbono acima do solo estão disponíveis na plataforma *Google Earth Engine* (GEE). Assim, para a análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo das UCs estudadas, foi utilizado um código no GEE que permite acessar e baixar os dados das Coleções do Projeto MapBiomias. Para análise da densidade de carbono acima do solo (AGBC) foi utilizado os dados do ORNL (*Oak Ridge National Laboratory*) DAAC (*Distributed Active Archive Center*) for *Biogeochemical Dynamics*, também disponibilizados na plataforma GEE.

A seguir são apresentados mais detalhes do Projeto Mapbiomas, do ORNL e da plataforma *Google Earth Engine*, utilizados neste estudo.

3.2.1 MapBiomias

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomias) é uma iniciativa de monitoramento aberto e colaborativo, criada em 2015, composta por ONGs, universidades e startups de tecnologia, na qual realiza mapeamento anual da cobertura e uso do solo e monitoramento da superfície da terra mensalmente com dados desde 1985. Além disso, também realizam validação de relatórios para eventos de desmatamento detectado no Brasil desde janeiro de 2019, por meio do MapBiomias Alerta (Mapbiomas, 2023).

A plataforma envolve uma série de colaboradores especialistas em sensoriamento remoto, em conservação e em uso da terra, organizados por biomas e

por temas transversais. A estratégia de mapeamento inclui o uso dos mais avançados de métodos de processamento, realizado via nuvem com classificação automática, tecnologia e *big data* disponíveis (série temporal Landsat), fornecidos pelo GEE. A iniciativa usa métodos empíricos e estatísticos para contar o histórico recente de pixels e elaborar mapas de uso e cobertura da terra (MapBiomass, 2022).

O mapeamento é realizado com classificador automatizado denominado de *Randon Forest*, processo feito com extensivos algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*) através da plataforma GEE, com grande capacidade de processamento na nuvem. Os mapas são baseados em coleção Landsat com resolução de 30 metros, e o processamento é feito pixel a pixel (30 m x 30 m), gerando mapas matriciais. A plataforma contém até 105 camadas de informações gratuitamente, incluindo bandas espectrais, frações e índices (ex. NDFI, NDVI etc.) (MapBiomass, 2023).

Os dados disponibilizados proporcionam visualização e consulta por categorias como, Brasil, biomas, estados, municípios, regiões, bacias hidrográficas, unidades de conservação e terras indígenas. As informações são disponibilizadas através de mapas e estatísticas que podem ser baixadas em formatos *Geotiff* e/ou Excel (MapBiomass, 2023)

3.2.2 Google Earth Engine

O *Google Earth Engine* (GEE) é uma plataforma gratuita de computação em nuvem para processamento de dados geoespaciais. Essa plataforma tem como objetivo fornecer interface interativa para desenvolvimento de algoritmos geoespaciais que combina com um catálogo de vários *petabytes* (grande volume de dados). O GEE é um banco de dados que contém produtos de diferentes missões espaciais tais como, Landsat, MODIS e Sentinel (1 e 2) (GEE, 2023).

Com essa ferramenta é possível obter dados vetoriais baseados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que são empregados em diversas aplicações como, classificação de cobertura/uso do solo, hidrologia, planejamento urbano, desastres naturais, análises climáticas e processamento de imagens. O desenvolvimento da plataforma teve como intuito buscar facilidade para análise em grande escala e em menor tempo a partir de servidores da *Google* (MUTANGA; KUMAR, 2019).

A plataforma é acessada por meio de uma Interface de Programação de Aplicação (API, sigla em inglês) através de navegador *web* baseado em um Ambiente

de Desenvolvimento Interativo (IDE, sigla em inglês) (AMANI *et al.*, 2020). A plataforma utiliza técnicas ativadas por linguagens funcionais (Python e JavaScript) com transparência referencial e avaliação lenta, para ganhos de otimização e eficiência (GORELICK *et al.*, 2017).

Segundo TAMIMINIA *et al.*, (2020), o GEE é considerado uma ferramenta multidisciplinar, com aplicabilidade em diferentes áreas do sensoriamento remoto e que desde 2017 seu uso aumentou significativamente com destaque e popularidade, mesmo que a maioria dos estudos com GEE tenha sido realizado nos EUA, a plataforma de computação em nuvem de fácil acesso oferece novas oportunidades em todo o mundo, mesmo nos países em desenvolvimento.

3.2.3 MapBiomias – Coleção 6.0

O acesso e processamento dos dados do Projeto Mapbiomas foi feito através de *script* elaborado na plataforma GEE para acessar a Coleção 6.0 do MapBiomias, coleção publicada em agosto de 2021, com 25 classes de legendas cobrindo o período de 1985 a 2020.

O *script* é um código realizado na linguagem *JavaScript* configurado com parâmetros de visualização da paleta de cores do Mapbiomas, unidade de área e ano de classificação desejável. O *upload* dos limites das áreas de estudo foi realizado como um *Asset*, adicionando no *script*, a fim de se possibilitar a visualização e processamento dos dados do uso e cobertura da terra para as áreas de interesse e anos (1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020).

3.2.4 Global Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density Maps

Os dados de densidades de carbono foram disponibilizados através do ORNL (*Oak Ridge National Laboratory*) DAAC (*Distributed Active Archive Center*) for *Biogeochemical Dynamics*, agência pertencente a NASA que tem o intuito de distribuir e fornecer serviços de dados terrestre (ORNL DAAC, 2023).

Os dados de densidade de carbono são comumente usados em estudos ambientais, em especial para análise sobre desmatamento, assunto que nos últimos anos vem sendo bastante discutido, porém, não havia produtos que representam o estoque de carbono acima e abaixo do solo em escalas apropriadas para a modelagem (SPAWN *et al.*, 2020).

Diante da necessidade de dados de estoque de carbono ajustados para estudos e análises, (SPAWN *et al.*, 2020) desenvolveram uma abordagem para harmonizar mapas específicos de biomassa, tanto acima do solo (*Aboveground biomass carbon density* - AGBC), quanto para abaixo do solo (*Belowground biomass carbon density* - BGBC), assunto ainda pouco estudado e discutido no bioma Cerrado, devida a variação da estrutura do bioma.

As bases de dados disponibilizadas fornecem estimativa para o ano de 2010, mas com uso de técnicas de modelagem podem ser utilizadas para estimar o estoque de carbono futuro. As bases de dados de densidade de carbono foram elaboradas a partir de literaturas publicadas, de análises e de uso de mapas auxiliares com dados de porcentagem de cobertura de árvores, de vegetação de tundra, de pastagem e de agricultura. Em situações que não havia dados secundários para épocas ou áreas que não abrangiam a extensão espacial desejada, os autores usaram um modelo preditivo que possibilitou a geração de mapa mais atualizado e que atendia aos critérios do estudo (SPAWN *et al.*, 2020).

A conversão de AGB para AGBC foi realizada com base na metodologia abordada por MARTIN *et al.* (2018), onde os valores de biomassa acima do solo foram multiplicados por um fator de conversão de carbono. A quantificação de densidade de carbono acima do solo inclui o carbono armazenado nos tecidos vegetais vivos localizados acima da superfície da terra como, caules, cascas, galhos e galhos excluindo a serapilheira ou outros detritos lenhosos (SPAWN *et al.*, 2020).

Com as sobreposições dos mapas manipulados e elaborados pelos autores, foram gerados mapas de densidades de carbono acima e abaixo do solo global, juntamente com os mapas de incertezas para ambas as situações referente ao ano 2010, com resolução de 300 metros, podendo ser baixados através do *site* do ORNL DAAC (ORNL DAAC, 2023) ou manipulados de acordo com interesse do usuário a partir de *script* disponibilizado na plataforma GEE.

3.3 Processamento de Dados

Para aquisição dos dados do uso e cobertura da terra das áreas de estudo, foram utilizados os mapas do Projeto MapBiomas, com resolução espacial de 30 metros por meio de *script* na plataforma GEE entre 1990 e 2020. E para a quantificação da densidade de carbono acima do solo foi utilizado a base de dados

disponível no ORLN DACC, com resolução espacial de 300 metros referente ao ano de 2010, como descrito no tópico 3.

3.3.1 Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra (1990 a 2020)

Os dados de uso e cobertura da terra foram tratados na plataforma GEE para os anos de 1990 a 2020. As imagens de cada ano e as tabelas com os quantitativos de área por classe de uso e cobertura foram exportadas para a nuvem do *google drive*, para posteriormente ser realizado o *download* para o computador pessoal. Para manipulação dos dados, organização de planilhas, quantificações de áreas, construções de tabelas e elaboração de gráficos estatísticos foi usado o *software* Excel, ferramenta que faz parte do Pacote Office. Além disso, é importante ressaltar que a base de dados utilizada neste trabalho foi baixada no laboratório de geoprocessamento do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília (UnB).

As classes de uso e cobertura da terra usadas são agrupadas de acordo com o nível 4 e fazem parte da Coleção 6.0 (Quadro 3), coleção publicada em agosto de 2021, com 25 classes de legenda cobrindo o período de 1985 a 2020.

Quadro 3 - Classes de uso e cobertura da terra obtidas através da plataforma MapBiomas para as Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas.

Código	Legenda	Descrição
3	Formação Florestal	Tipos de vegetação com predomínio de espécies arbóreas, com formação de dossel contínuo (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão) (Ribeiro & Walter, 2008), além de florestas estacionais semidecíduais.
4	Formação Savânica	Formações savânicas com estratos arbóreo e arbustivo-herbáceos definidos (Cerrado Sentido Restrito: Cerrado denso, Cerrado típico, Cerrado ralo e Cerrado rupestre).
9	Silvicultura	Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária), que implica em nova preocupação ambiental.

11	Campo Alagado e Área Pantanosa	Vegetação com predomínio de estrato herbáceo sujeita ao alagamento sazonal (ex. Campo Úmido) ou sobre influência fluvial/lacustre (ex. Brejo). Em algumas regiões a matriz herbácea ocorre associada às espécies arbóreas de formação savânica (ex. Parque de Cerrado) ou de palmeiras (Vereda, Palmeiral)
12	Formação Campestre	Formações campestres com predominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) e algumas áreas de formações savânicas como o Cerrado rupestre.
15	Pastagem	Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas a atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como formação campestre que podem ou não ser pastejadas.
21	Mosaico de agricultura e pastagem	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura
24	Área urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
25	Outras áreas não vegetadas	Áreas de superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes e regiões de solo exposto em área natural ou em áreas de cultura em entre safra.
33	Rio, lago e oceano	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.
39	Soja	Áreas cultivadas com a cultura da soja.
41	Outras lavouras temporárias	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.

Ao longo da análise também será utilizado o termo “grupo de uso e cobertura da terra” para se referir ao agrupamento de classes em áreas naturais e em áreas antrópicas conforme o quadro 4.

Quadro 4 – Composição dos grupos estabelecidos no estudo em áreas naturais e áreas antrópicas.

Grupos	Classes de Uso e Cobertura da Terra
Áreas naturais	Formação florestal, Formação savânica, Formação campestre, Campo alagado e áreas pantanosas e Rio, lago e oceano.
Áreas antrópicas	Pastagem, Mosaico de agricultura e pastagem, Soja, Outras lavouras temporárias, Silvicultura, Café, Área urbanizada e Outras áreas não vegetadas.

Fonte: Autora (2023).

Para elaboração dos mapas com a variação do uso e cobertura da terra durante os anos de estudos (1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020) foi utilizado o *software* ArcGIS 10.6®, em sistemas de coordenadas geográfica, Datum WGS84 em unidade linear métrica. A paleta de cores usada para elaborar os mapas foi padronizada conforme os códigos disponibilizados pelo MapBiomas para a Coleção 6.0.

3.3.2 Densidade de Carbono da Biomassa Acima do Solo (AGBC)

O dado de densidade de carbono da biomassa acima do solo utilizado foi baixado através da plataforma *Google Earth Engine* disponibilizado do ORNL (*Oak Ridge National Laboratory*) DAAC (*Distributed Active Archive Center*) for *Biogeochemical Dynamics*, aqui vale destacar que a base de dado fornece os quantitativos apenas para o ano de 2010.

A base de dados da densidade de AGBC foi baixada em computador pessoal em formato de imagem *raster* e posteriormente feito o recorte para as áreas em estudo. Com a aquisição da imagem do uso e ocupação do solo (MapBiomas) e da densidade de AGBC para o ano de 2010 foi possível gerar as estatísticas da densidade de AGBC por classe de uso e cobertura com auxílio do *software* ArcGIS®10.6, metodologia exemplificada na Figura 3.

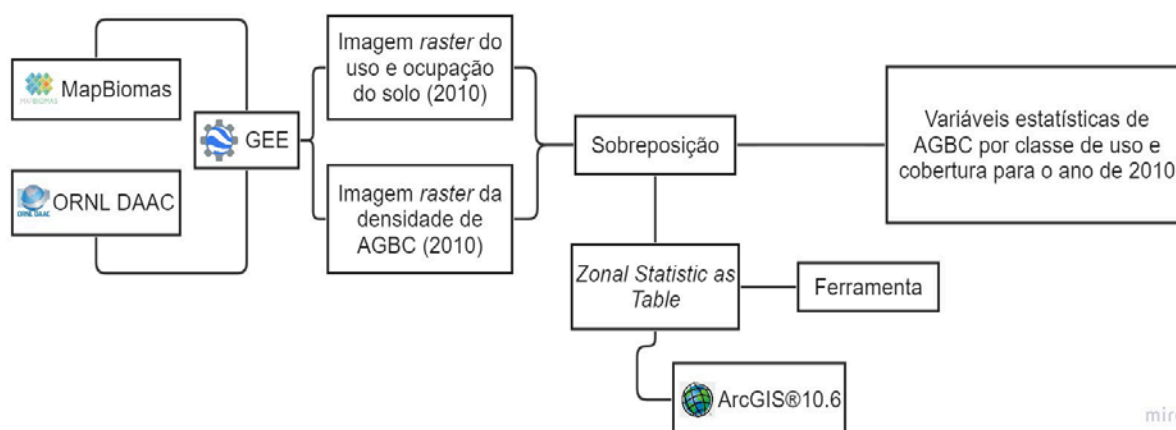


Figura 3 - Fluxo metodológico para obter os dados de densidade de carbono da biomassa acima do solo (AGBC) para 2010 no software ArcGIS®10.6.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

As médias em Megahectare de carbono (MgC) obtidas da densidade de AGBC por classe de uso e cobertura para o ano de 2010 serviram como base para estimar a média da densidade de AGBC para cada tipo de uso e cobertura da terra em 2010, como também para os demais anos analisados 1990, 1995, 2000, 2005 e 2020. Para estimar a densidade de AGBC por cada classe de uso e cobertura da terra nas áreas e nos períodos de estudo foi usada a álgebra 1, na qual foi utilizado a média de AGBC obtida no processo de sobreposição das imagens matriciais de uso e cobertura da terra e de AGBC para o ano de 2010.

Para analisar e comparar os dados ao longo do tempo do uso e cobertura da terra, foram usadas as seguintes equações matemáticas (Álgebras 2 e 3) designadas por variação absoluta e taxa de variação ou variação em percentagem e por fim, para realizar a quantificação na alteração da densidade de AGBC nos períodos (1990-1995; 1995-200; 2000-2005; 2005-2010; 2010-2015; 2015-2020) foi utilizada a álgebra 4.

Tabela 2 – Álgebras matemáticas usadas no estudo.

Nome da equação	Equação	Nº
Densidade de C. (MgC)	$\text{Área}_{\text{classe de uso}} (\text{ha/ano}) \times \text{AGBC}_{\text{classe de uso}} (\text{Mg/ha})$	1
Variação absoluta	$\text{Valor}_{(\text{ano } 2020)} - \text{Valor}_{(\text{ano } 1990)}$	2
Variação percentual (%)	$\left[\left(\frac{\text{Valor ano posterior}}{\text{Valor ano anterior}} \right) - 1 \right] \times 100$	3
Alteração da densidade (%)	$\frac{(\text{Variação absoluta}) * 100}{\text{Total da estimativa de densidade de AGBC}_{(\text{ano } 1990)}}$	4

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Análise temporal do Uso e Cobertura nas UCs de Proteção Integral

Os resultados deste estudo indicam que entre 1990 e 2020, as áreas naturais e as áreas antrópicas dentro das UCs de Proteção Integral do DF foram alteradas moderadamente (Figuras 4 a 10).

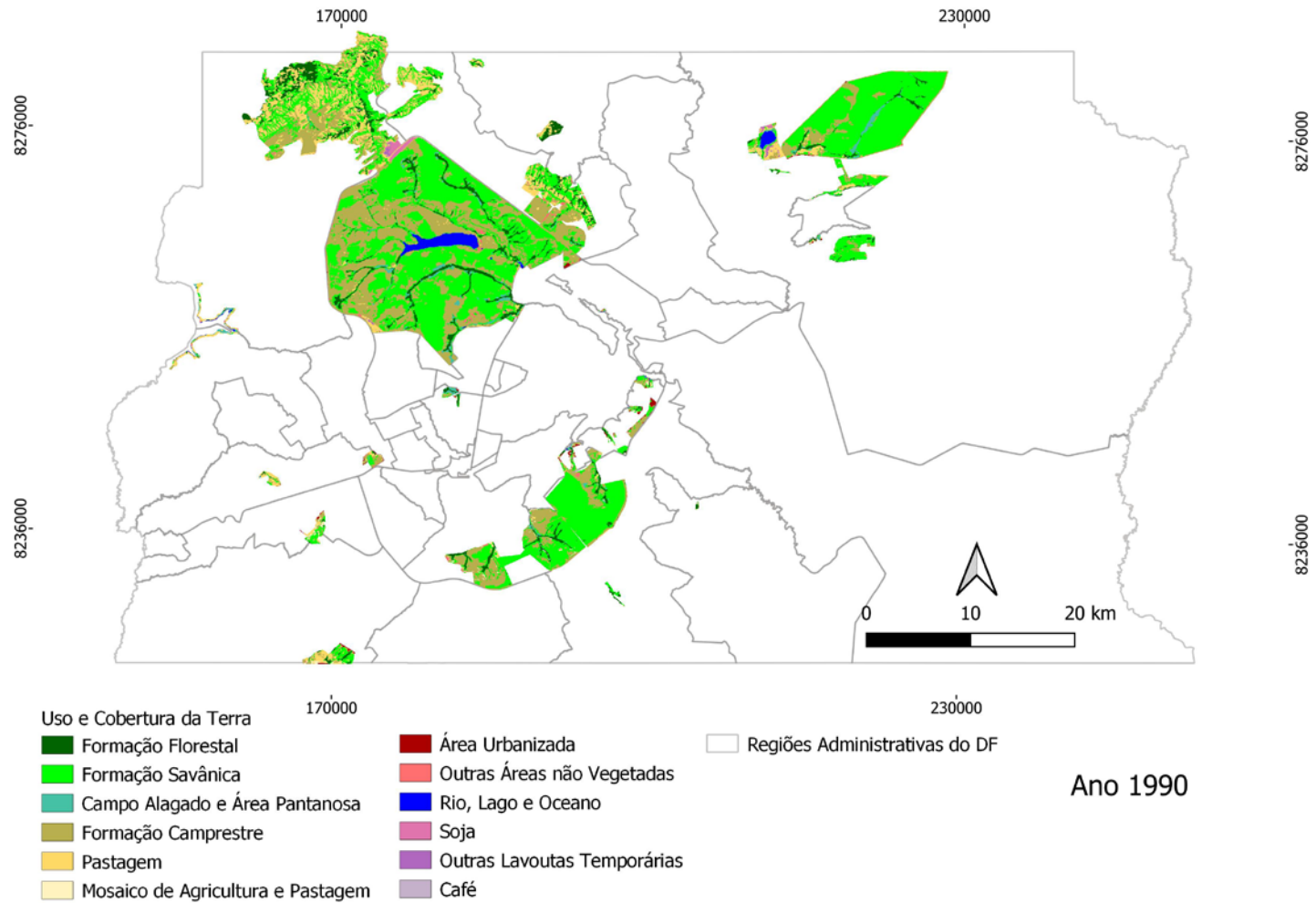


Figura 4 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 1990.

Fonte: Adaptado do Mapbiomas – Coleção 6.0 (2021).

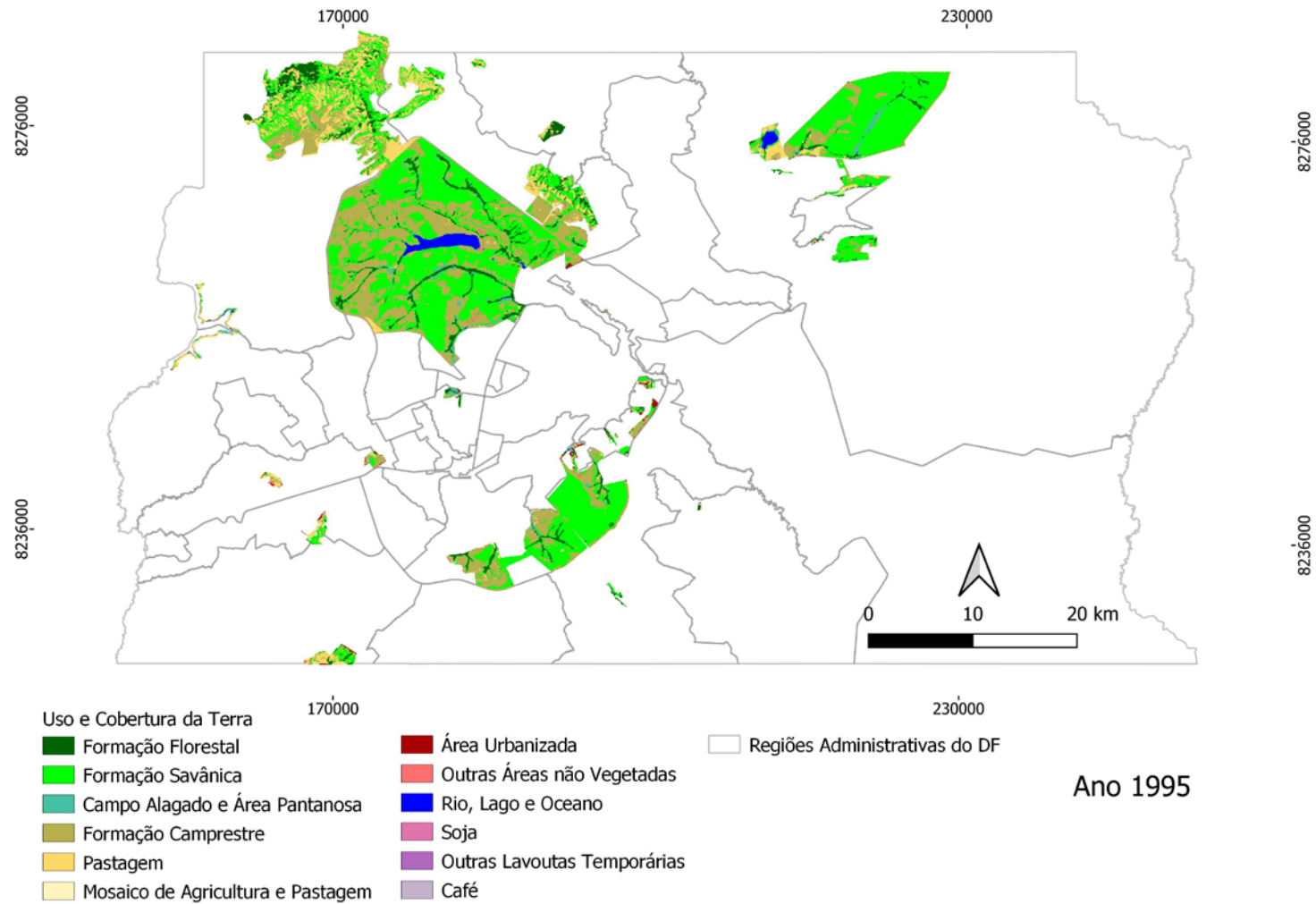


Figura 5 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 1995.

Fonte: Adaptado do Mappiomas – Coleção 6.0 (2021).

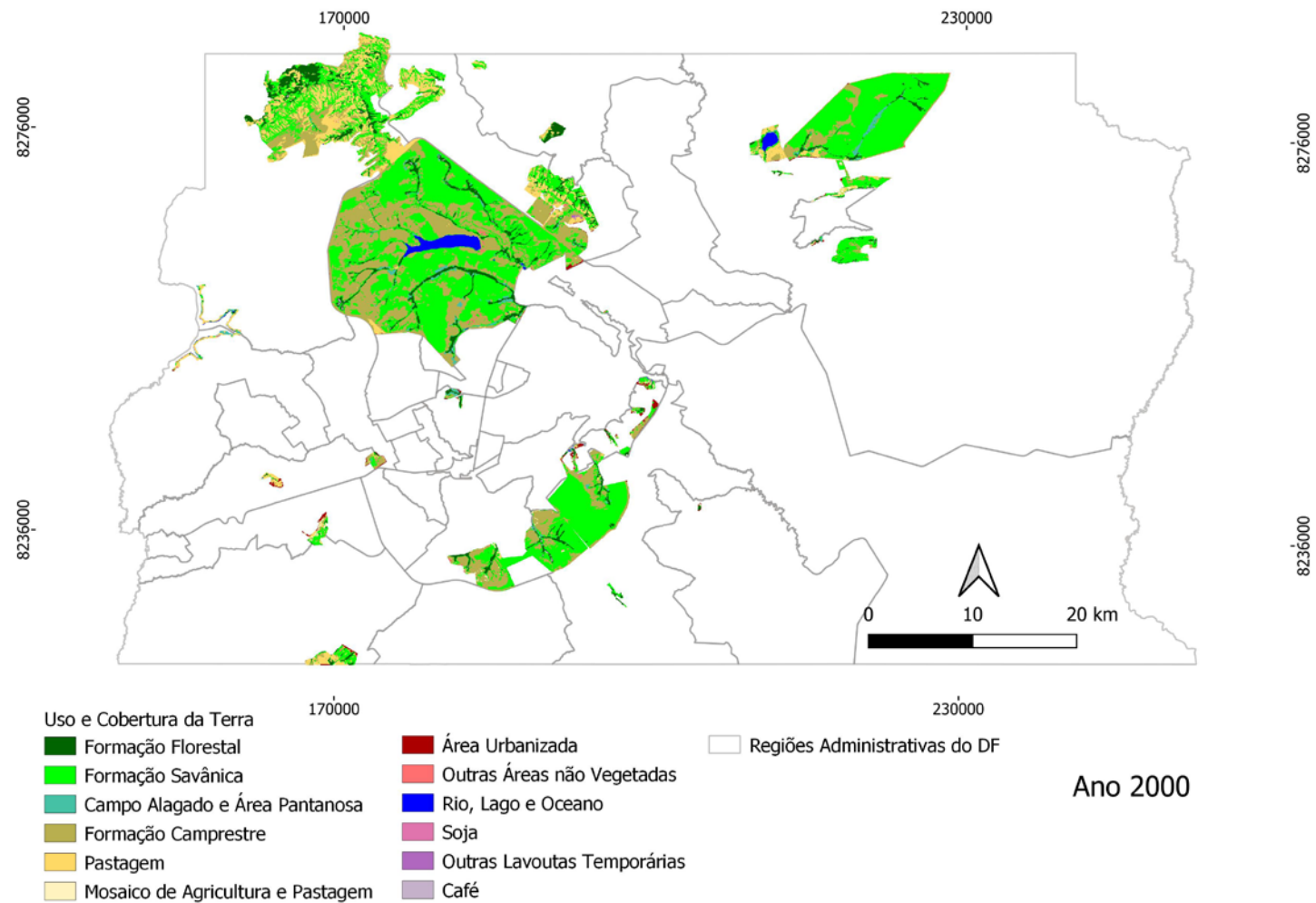


Figura 6 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2000.

Fonte: Adaptado do Mapbiomas – Coleção 6.0 (2021).

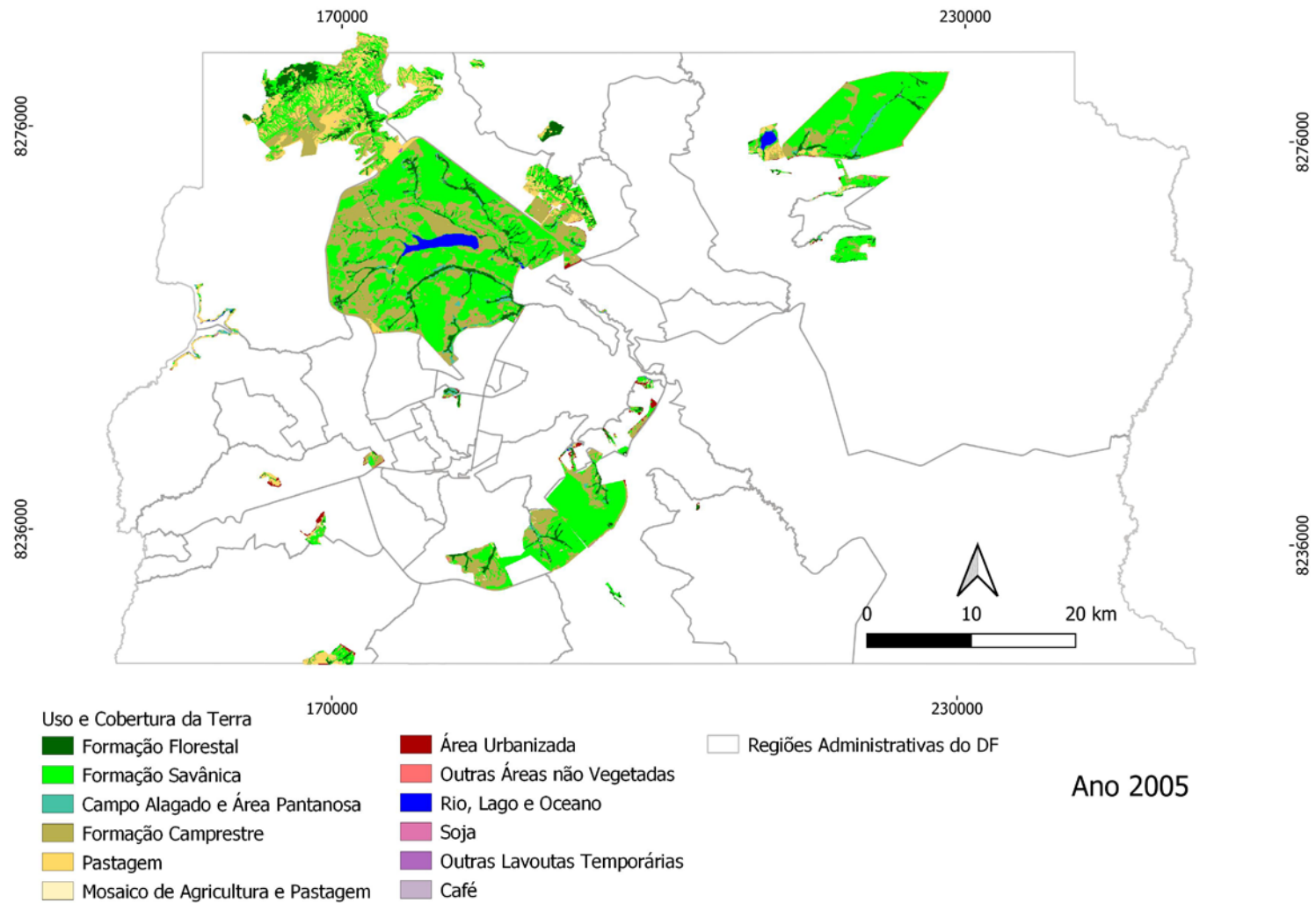


Figura 7 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2005.

Fonte: Adaptado do Mapbiomas – Coleção 6.0 (2021).

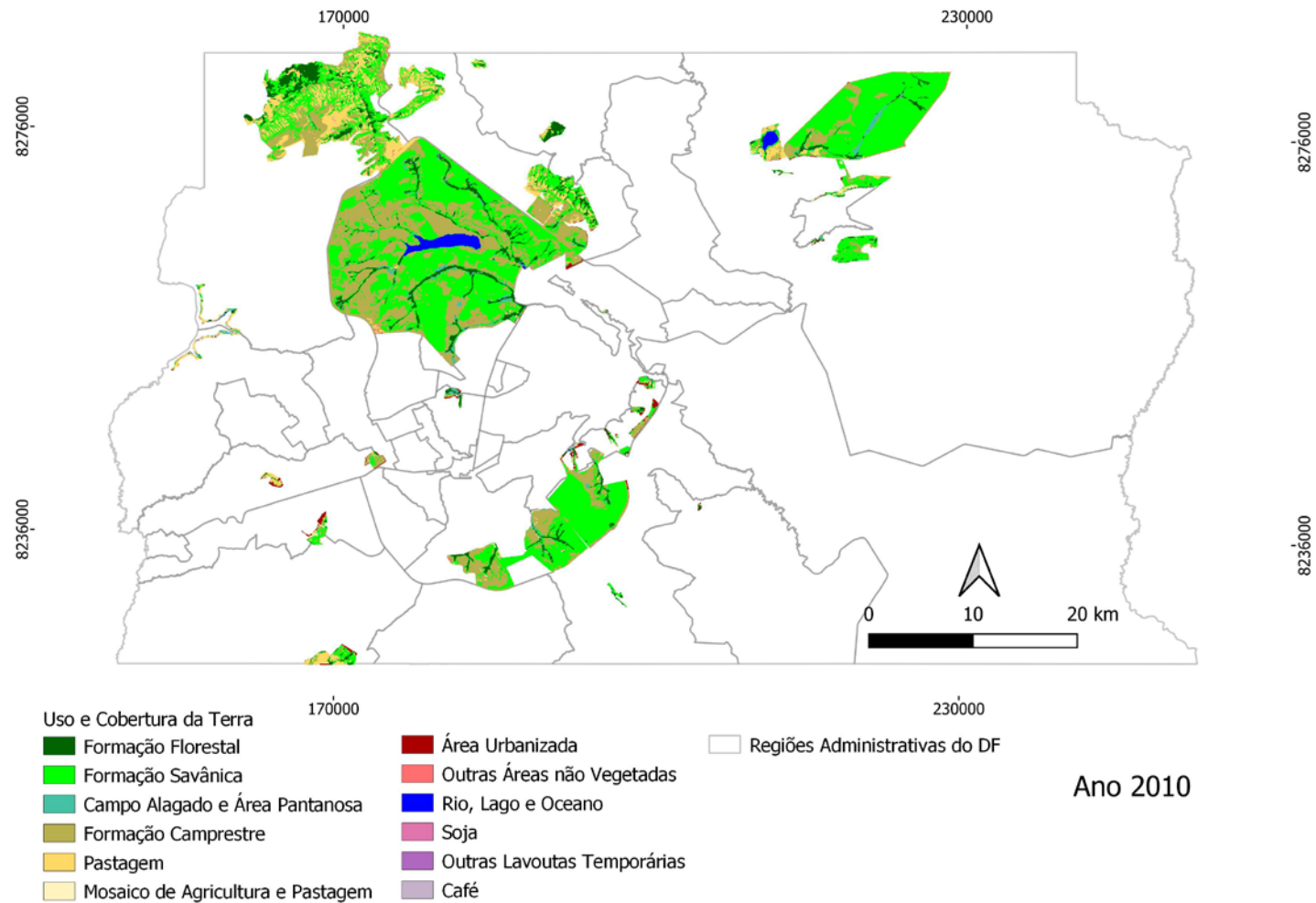


Figura 8 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2010.

Fonte: Adaptado do Mapbiomas – Coleção 6.0 (2021).

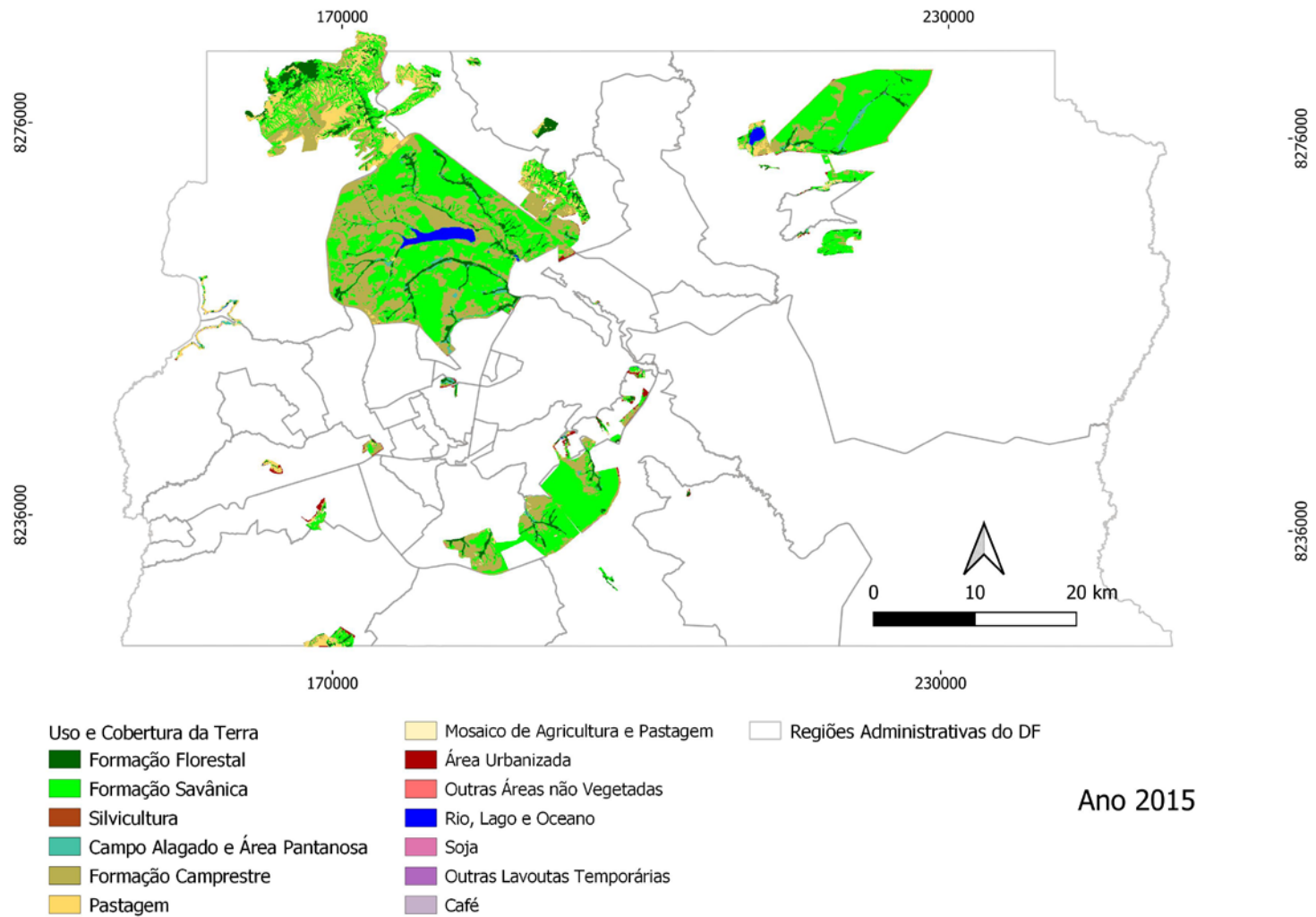


Figura 9 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2015.

Fonte: Adaptado do Mapbiomas – Coleção 6.0 (2021).

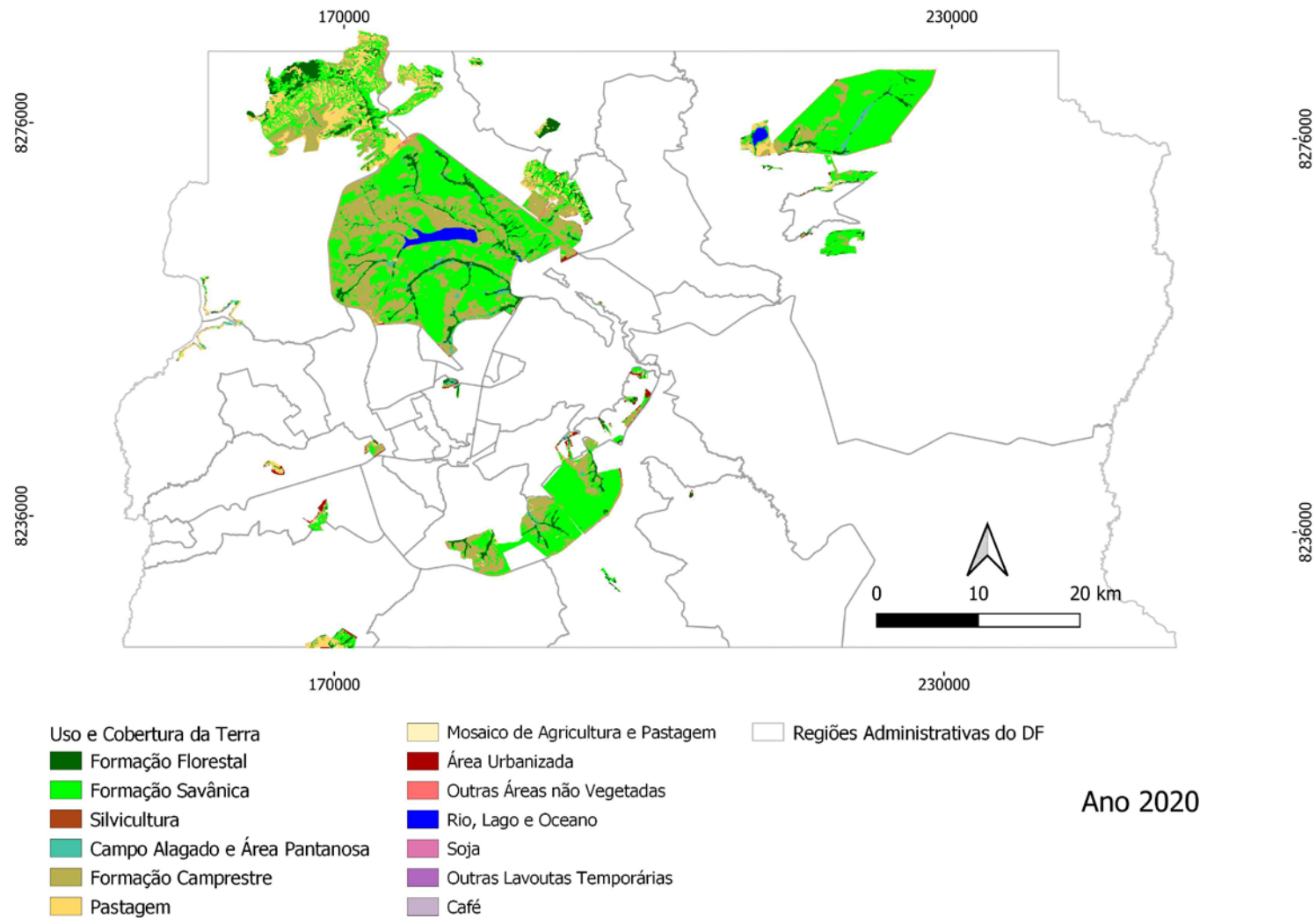


Figura 10 - Distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal estudadas para ano de 2020.

Fonte: Adaptado do Mapbiomas – Coleção 6.0 (2021).

No grupo de áreas naturais, a formação savânica, os corpos hídricos (rio e lago) e áreas úmidas (campo alagado e áreas pantanosas) foram as classes mais afetadas com a dinâmica do solo (Tabela 3). No ano de referência (1990), a formação savânica ocupava cerca de 51,1% de toda área estudada, com 34.530,5 ha. Em 2020, a formação savânica representava 51%, com perda de aproximadamente 70 hectares. Trata-se de uma área relativamente pequena (0,2%) em relação a área total das UCs de proteção integral do DF, porém qualquer perda de ecossistemas savânicos em áreas protegidas implicam em severos impactos ambientais, sociais e culturais, pois se tratam de áreas alta prioridade de conservação, conforme definido pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) brasileiro e pelo Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal (ZEE-DF).

Uma possível causa da diminuição da formação savânica reportada na literatura, é a incidência de fogo de origem antrópica de forma recorrente, principalmente em época de seca, sendo mais intenso devido às características vegetacionais da fitofisionomia. De acordo com os estudos de ROCHA; NASCIMENTO (2021); KOHLER *et al.*, (2021), é possível relacionar as queimadas com o deslocamento da expansão da grilagem e do agronegócio, situações que o uso do fogo é bastante utilizado, devido a facilidade e o baixo custo.

MACHADO *et al.*, (2004), verificaram que até 2002 o Cerrado já havia perdido 54,9% da sua área original para o desmatamento, equivalente a 1,58 milhões de hectares. Com base no monitoramento da TerraClass 2013, o DF ficou entre os estados que mais perderam remanescentes de vegetação nativa (cerca de 58%). Em relação ao desmatamento dentro das UCs federais, estima-se a perda de 11% dentro do Distrito Federal (PPCerrado, 2016).

Alguns autores demonstraram as consequências das ações humanas sobre às áreas protegidas tais como, extinção da biodiversidade, fragmentação de habitats invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição dos aquíferos, degradação de ecossistemas, desequilíbrios no ciclo do carbono afetando as modificações climáticas regionais, além de perdas irreversíveis de corpos hídricos presente nessas áreas (KLINK; MACHADO, 2005; RODRIGUES VALENTE, 2011).

Tabela 3– Mudanças do uso e cobertura da terra dentro das unidades de conservação de Proteção Integral do Distrito Federal ocorridas entre 1990 e 2020.

Uso e Ocupação da Terra	Anos													
	1990		1995		2000		2005		2010		2015		2020	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Formação Florestal	4.398,7	6,5	4.533,8	6,7	4.573,6	6,8	4.827,8	7,1	4.804,2	7,1	4.908,2	7,3	4.853,8	7,2
Formação Savânica	34.530,5	51,1	34.462,3	51,0	34.524,0	51,1	34.696,6	51,3	34.788,3	51,5	34.772,4	51,5	34.461,0	51,0
Silvicultura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	5,9	0,0
Campo Alagado e Área Pantanosa	1.172,1	1,7	1135,8	1,7	1.098,5	1,6	1053,5	1,6	1.045,4	1,5	1.051,0	1,6	1.058,3	1,6
Formação Campestre	19.079,1	28,2	18.965,0	28,1	18.854,2	27,9	18.947,4	28,0	19.217,0	28,4	19.547,8	28,9	19.287,2	28,5
Pastagem	6.105,6	9,0	6.501,6	9,6	6.532,6	9,7	6.066,7	9,0	5.748,9	8,5	5.441,9	8,1	5.911,4	8,7
Mosaico de Agricultura e Pastagem	443,2	0,7	482,0	0,7	435,0	0,6	413,5	0,6	383,2	0,6	349,7	0,5	404,6	0,6
Área Urbanizada	164,2	0,2	228,9	0,3	304,5	0,5	355,1	0,5	382,3	0,6	386,7	0,6	396,0	0,6
Outras Áreas Não Vegetadas	323,5	0,5	269,6	0,4	163,9	0,2	133,3	0,2	160,3	0,2	114,0	0,2	196,4	0,3
Rio, Lago e Oceano	989,7	1,5	982,0	1,5	973,8	1,4	972,8	1,4	969,6	1,4	963,7	1,4	959,1	1,4
Soja	247,1	0,4	1,4	0,0	2,7	0,0	17,8	0,0	24,5	0,0	13,2	0,0	14,2	0,0
Outras Lavouras Temporárias	109,5	0,2	7,9	0,0	29,8	0,0	31,1	0,0	14,4	0,0	19,3	0,0	8,3	0,0
Café (beta)	16,9	0,0	9,8	0,0	87,7	0,1	64,7	0,1	42,0	0,1	12,1	0,0	23,9	0,0
Total	67.580,1	100	67.580,1	100	67.580,1	100	67.580,1	100	67.580,1	100	67.580,1	100	67.580,1	100

(*) Porcentagens em relação à área total de estudo (67.580,1 hectares).

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2023).

Ainda analisando o grupo de áreas de coberturas naturais dentro das UCs de proteção integral do DF, observou-se que as categorias de rio, lago, campo alagado e área pantanosa foram as mais impactadas em termos de perda de área, registrando aproximadamente 3,1% e 9,7%, respectivamente (Tabela 4). Por outro lado, a categoria de formação florestal se destacou, apresentando um aumento percentual positivo de 10,3%, enquanto a formação campestre registrou um pequeno incremento de 1,1% em sua área ocupada.

Tabela 4 – Cobertura do uso e ocupação da terra que compõem o grupo de áreas naturais detectadas dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral estudadas, com as áreas de 1990 e 2020 em ha a variação absoluta e a variação percentual.

Uso e ocupação da terra	Ano		Variação	Variação (%)
	1990 (ha)	2020 (ha)		
Formação Florestal	4.398,70	4.853,81	455,11	10,3
Formação Savânica	34.530,49	34.460,97	-69,52	-0,2
Formação Campestre	19.079,10	19.287,17	208,07	1,1
Campo Alagado e Área Pantanosa	1.172,08	1.058,32	-113,76	-9,7
Rio, Lago e Oceano	989,74	959,09	-30,65	-3,1

Fonte: Autora (2023).

De acordo com CAMPOS, (2004); TUCCI, (2002), o processo de impermeabilização do solo é intensificado, principalmente devido à expansão urbana e ao uso inadequado do solo, resultando na redução da capacidade de infiltração natural e no aumento do escoamento superficial total. Esta mudança provoca a diminuição da recarga natural dos aquíferos e, conseqüentemente, a perda de corpos hídricos e áreas úmidas.

No presente estudo, verificou-se um aumento significativo na classe de área urbanizada, com uma variação percentual de 141% em relação a 1990 dentro UCs (Tabela 5). Em síntese, a ocupação irregular ou invasão das UCs, a expansão urbana e a perda de vegetação nativa, provocam à diminuição e destruição de corpos hídricos e áreas úmidas no DF.

Os resultados deste estudo revelam que as áreas antrópicas (pastagem, soja, mosaico de agricultura e pastagem e outras áreas não vegetadas) diminuíram ao longo dos 30 anos de análise (Tabela 5). Juntas, estas classes ocupavam aproximadamente 7,12 mil hectares das UCs em 1990, enquanto em 2020, representavam 6,53 mil ha, evidenciando uma redução significativa. Entretanto, é importante destacar que o ideal seria que a ocupação humana nestas áreas fosse nula, a fim de permitir a preservação plena do patrimônio ambiental natural, sem

interferências antrópicas, conforme previsto em legislação específica correspondente à criação de cada uma dessas Unidades. Além disso, os dados obtidos em 2015 identificaram uma nova classe de uso e cobertura da terra, denominada silvicultura (espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária), que implica em nova preocupação ambiental.

Tabela 5 – Cobertura do uso e ocupação da terra que compõem o grupo de área antrópicas detectadas dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral estudadas, com as áreas estimadas entre 1990 e 2020.

Uso e Ocupação da Terra	Ano		Variação	Variação (%)
	1990 (ha)	2020 (ha)		
Pastagem	6.105,62	5.911,43	-194,18	-3,2
Mosaico de Agricultura e Pastagem	443,23	404,64	-38,59	-8,7
Outras Áreas Não Vegetadas	323,51	196,38	-127,13	-39,3
Soja	247,14	14,24	-232,90	-94,2
Café (beta)	16,91	23,88	6,97	41,2
Área Urbanizada	164,16	396,01	231,85	141,2

Fonte: Autora (2023).

Como mencionado anteriormente, a classe de área urbanizada apresentou um crescimento contínuo ao longo dos anos estudados e, em 2020, observou-se um aumento significativo (141%) em comparação aos anos anteriores (Figura 11). Portanto, foi a classe de áreas antrópicas que mais se expandiu dentro das UCs analisadas no presente estudo. Em 1990, a classe ocupava 164,16 ha, enquanto em 2020 abrangia 396,01 ha. De acordo com CODEPLAN (2021), devido ao processo acelerado de urbanização no DF ao longo dos anos, as áreas mais impactadas foram aquelas classificadas como de alto risco, seguidas por aquelas de alto e médio riscos de perda de remanescentes de Cerrado nativo, áreas localizadas próximas ou dentro das principais UCs estudadas.

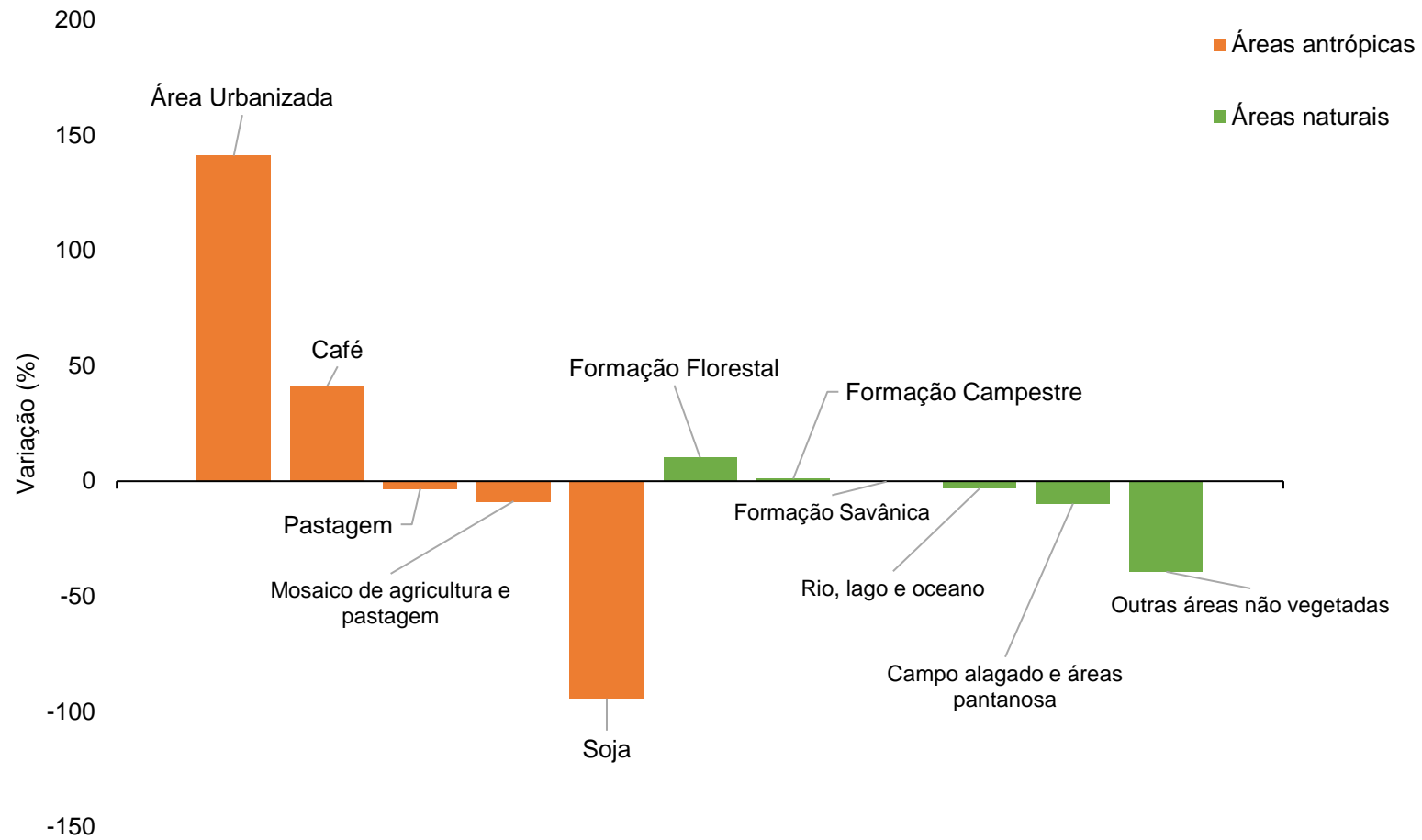


Figura 11 – Variação percentual das áreas antrópicas e áreas naturais dentro das Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do DF, taxa de 2020 em relação ao ano de referência (1990).
 Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No que diz respeito às áreas da classe café (beta), os resultados mostraram um aumento significativo, com um aumento de 41% em 2020 em relação a 1990. Considerando que o cultivo de café é pouco explorado no DF, foi realizada uma análise de acurácia dessa classe, com o objetivo de avaliar a qualidade do mapeamento e quantificar a taxa de precisão geral e erro. De acordo com as estatísticas de acurácia do MapBiomias, para o período e coleção de estudo, o grupo de lavoura perene, que inclui a classe café (beta), está principalmente associado à pastagem, formação florestal e formação savânica, com baixa representatividade, com taxas de omissão de 42,68%, 15,83% e 11,51%, respectivamente (MapBiomias, 2023).

4.2 Dinâmica do Estoque de Carbono da Biomassa Acima do Solo

Os valores das áreas das classes de uso e cobertura da terra obtidos do MapBiomias, juntamente com as estimativas médias e desvio padrão de densidade de carbono de biomassa acima do solo para o ano de 2010, adquiridas através *software* ArcGIS 10.6 com o auxílio da função *Zonal Statistic as Table* estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Média, desvio padrão da densidade de carbono da biomassa acima do solo (AGBC) para o ano de 2010, na qual foi usado para estimar o AGBC dos anos de 1990, 1995, 2000, 2015 e 2020 e a área de uso e cobertura da terra (ha) das classes.

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Média de AGBC em 2010 (MgC)	Desvio padrão	Área do Uso e Cobertura da Terra em 2010 (ha)
Formação Florestal	39,72	25,37	4.804,16
Formação Savânica	21,58	17,42	34.788,30
Campo Alagado e Área Pantanosa	23,26	22,00	1.045,36
Formação Campestre	4,87	8,14	19.217,04
Pastagem	10,38	13,37	5.748,90
Mosaico de Agricultura e Pastagem	11,56	15,57	383,20
Área Urbanizada	7,46	11,77	382,26
Outras Áreas não Vegetadas	6,41	9,41	160,29
Rio, Lago e Oceano	1,08	4,85	969,64
Soja	5,18	5,11	24,49
Outras Lavouras Temporárias	2,97	1,82	14,44
Café (beta)	52,77	26,88	42,05
Total	187,24	-	67580,14

Fonte: MapBiomias – Coleção 6.0 (2023); ORNL DAAC (2023).

Além das médias, estão apresentados os desvios padrão da média para cada classe de uso e cobertura presentes na UCs de Proteção Integral do DF em 2010 (Figura 12). Este ano foi usado como referência para estimativa da biomassa acima do solo, já que estes dados são disponibilizados para 2010 apenas.

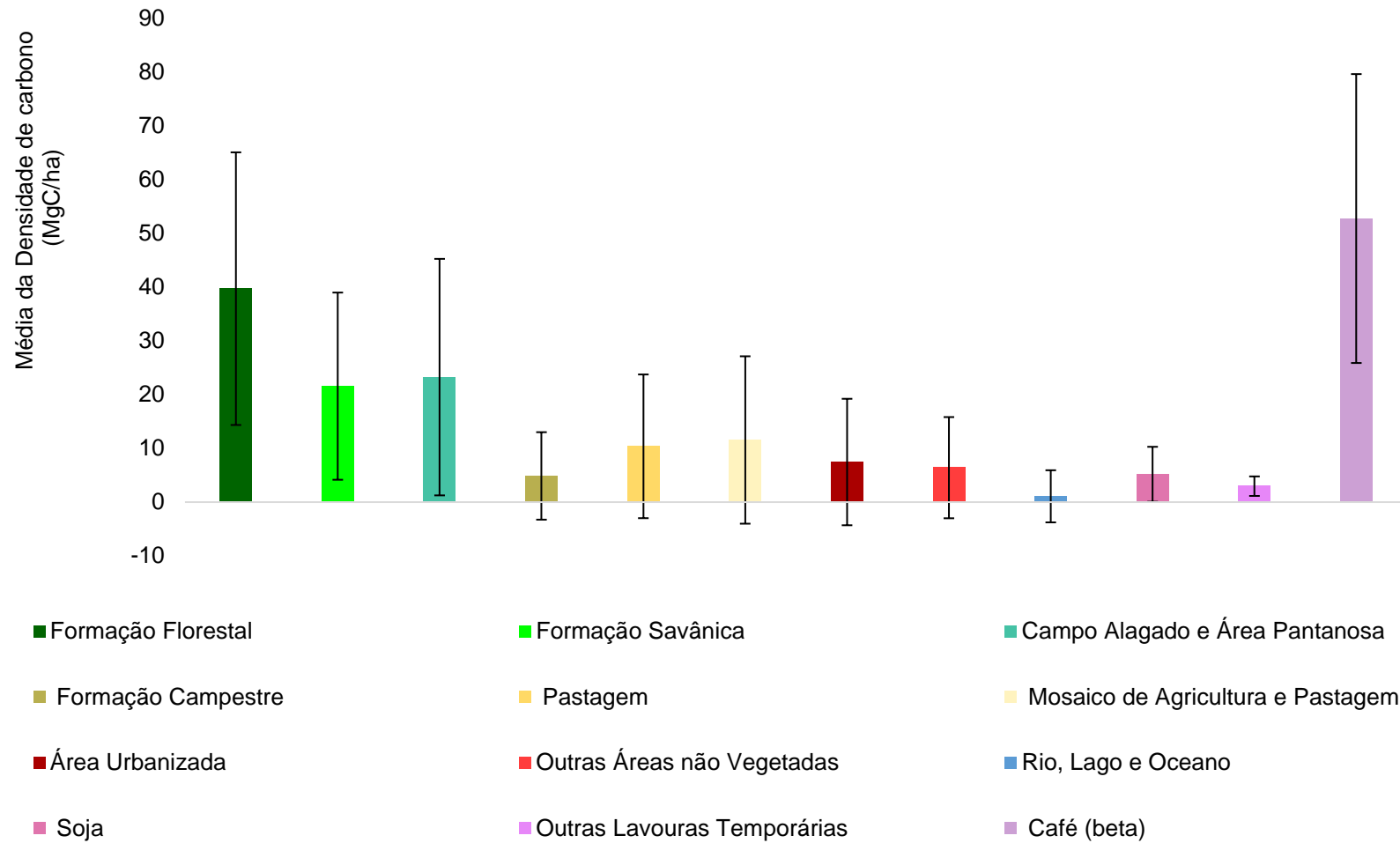


Figura 12 – Média da densidade de carbono acima do solo de 2010 e o desvio padrão de cada classe e cobertura da terra presente nas Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal.

Fonte: Adaptado do Mapbiomas – Coleção 6.0 e ORNL DAAC (2023).

Os valores da densidade de AGBC, usando o ano de 2010 como referência para estimar a biomassa para 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2020 estão apresentados na Tabela 7. Do mesmo modo, é apresentada a variação absoluta e a alteração da densidade (%) de AGBC de 1990 a 2020.

Os resultados indicam que as classes de formação florestal e formação campestre foram as que apresentaram maior contribuição para o aumento do estoque de carbono nas UCs ao longo dos anos. No entanto, classes com valores negativos, (e.g. savânica com -0,13% de perda de sua cobertura), indicam que foram pouco impactadas pelo desmatamento. Em relação ao grupo de áreas antrópicas (pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, outras áreas não vegetadas e soja), tiveram poucos efeitos sobre estoque de carbono ao longo dos anos, em consonância com a diminuição das áreas ocupadas por essas classes, apresentadas anteriormente nesta pesquisa.

A formação savânica apresentou uma variação negativa de -0,13% na densidade de carbono em relação a estimativa total de densidade de ABGC de 1990. No entanto, é importante destacar que essa classe foi a que mais contribuiu para a conservação do estoque de carbono ao longo dos anos, devido à sua predominância nas UCs, abrangendo mais de 50% da área total de estudo. É válido ressaltar que a formação florestal possui uma média mais elevada de densidade de carbono acima do solo em comparação com as outras classes (Tabela 6). Além disso, a formação florestal apresentou a maior variação na densidade de carbono acima do solo, com um aumento observado de 1,62% (Figura 13).

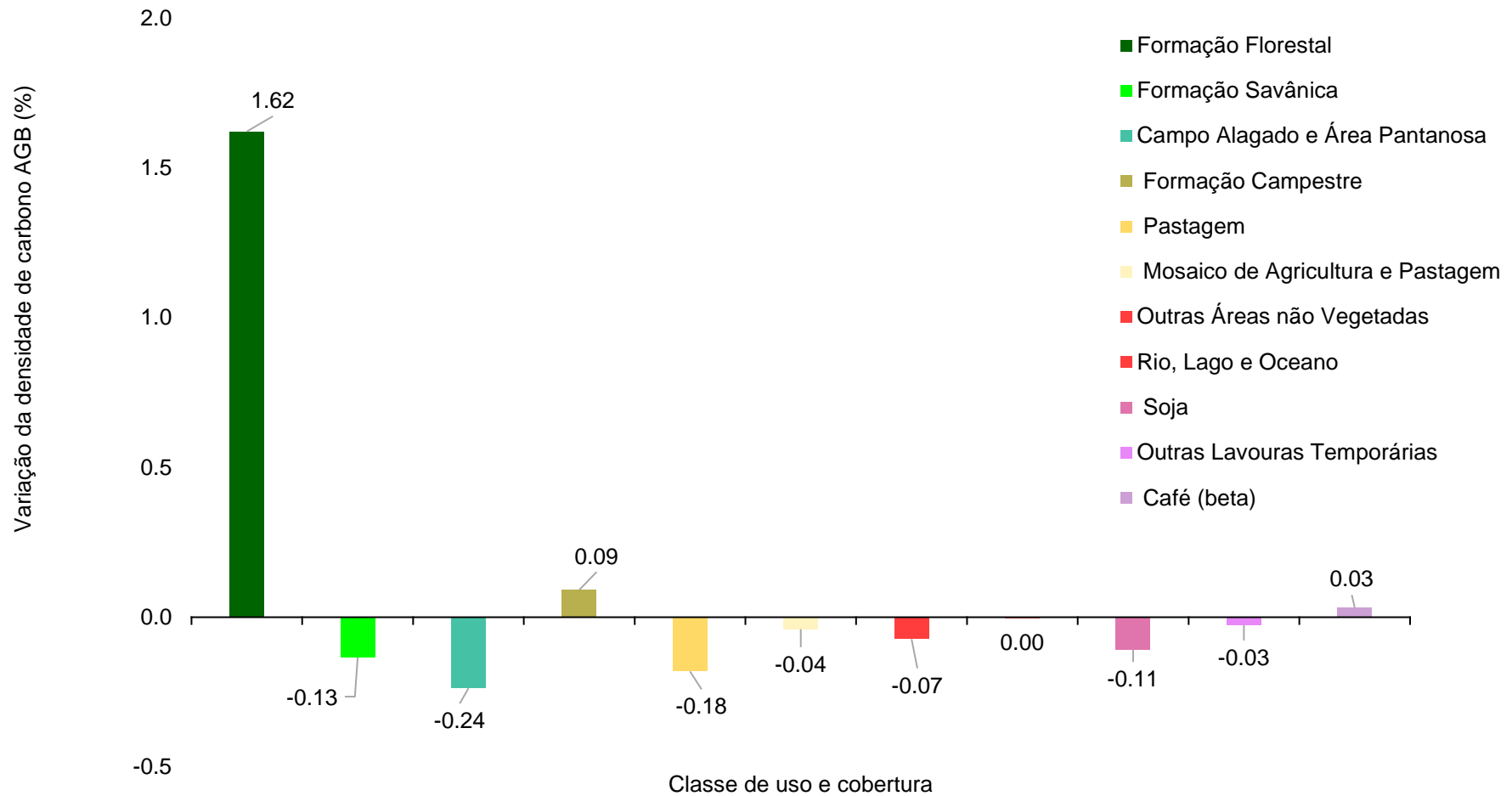


Figura 13 – Impactos das mudanças de uso e cobertura da terra na densidade de carbono da biomassa acima do solo entre 1990 e 2020 presente nas Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal.
 Fonte: Adaptado do MapBiomass – Coleção 6.0 e ORNL DAAC (2023).

Tabela 7 – Densidade de carbono AGB estimadas para as classes de uso e cobertura da terra nas Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do DF estudadas, a variação percentual da densidade de carbono ao realizar a diferença entre 2020 e 1990 e alteração da densidade com base na estimativa total de AGBC total de 1990.

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Anos							Variação densid. AGBC 1990-2020 (MgC)	Alteração densid. AGBC 1990-2020 (%)
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020		
	Formação Florestal	17.4713,20	18.0079,36	18.1658,98	19.1754,96	19.0817,90	19.4948,82		
Formação Savânica	74.5072,43	74.3600,43	74.4933,42	74.8656,81	75.0635,27	75.0292,65	74.3572,31	-1.500,12	-0,13
Campo Alagado e Área Pantanosa	27.261,84	26.418,96	25.550,93	24.502,70	24.314,61	24.445,01	24.615,93	-2.645,91	-0,24
Formação Campestre	93.005,13	92.449,12	91.908,97	92.363,19	93.677,53	95.289,78	94.019,41	1.014,27	0,09
Pastagem	63.391,93	67.502,92	67.824,68	62.987,74	59.688,32	56.501,10	61.375,83	-2.016,10	-0,18
Mosaico de Agricultura e Pastagem	5.123,99	5571,88	5.028,30	4.780,52	44.29,98	4.042,89	4.677,84	-446,15	-0,04
Outras Áreas não vegetadas	2.073,14	1.727,58	1.050,18	854,12	1.027,22	730,35	1.258,46	-814,68	-0,07
Rio, Lago e Oceano	1.068,06	1.059,74	1.050,82	1.049,74	1.046,36	1.039,90	1.034,98	-33,07	0,00
Soja	1.280,38	7,44	13,81	92,12	126,87	68,30	73,76	-1.206,62	-0,11
Outras Lavouras Temporárias	324,75	23,29	88,27	92,34	42,84	57,34	24,67	-300,09	-0,03
Café (beta)	892,49	518,47	4.625,66	3.412,34	2.218,85	641,11	1.260,02	367,53	0,03
Total	1.114.207,34	1.118.959,20	1.123.734,02	1.130.546,58	1.128.025,74	1.128.057,25	1.124.702,89	10.495,55	0,94

Fonte: MapBiomas – Coleção 6.0 (2023); ORNL DAAC (2023).

Ao analisar a soma da densidade de (AGBC) ao longo de diferentes períodos de estudo, observou-se que ocorreu perda de 2.520,84 MgC no período de 2005 a 2010. No entanto, a perda foi mais significativa no período seguinte (2015 a 2020), totalizando -3.354,36 MgC (Tabela 8). Embora as taxas de emissões sejam baixas, comparada com a estimativa total da área de estudo, é possível avaliar as condições de um ecossistema por meio da quantificação da variável de densidade de biomassa, uma vez que ela reflete diretamente todos os fatores bióticos e abióticos presentes em um ecossistema.

Tabela 8 - Alterações na densidade de AGBC em diferentes períodos (1990-2020). Com perdas nos períodos 2005-2010 e 2015-2020, isto é, redução dos estoques de carbono da biomassa viva acima do solo, e conseqüentemente, contribuição com a emissão de carbono para a atmosfera.

Período	Perda da densidade de carbono (MgC)
1990-1995	4.751,86
1995-2000	4.774,82
2000-2005	6.812,56
2005-2010	-2.520,84
2010-2015	31,51
2015-2020	-3.354,36
Total	10.495,55

Fonte: MapBiomass – Coleção 6.0 (2023); ORNL DAAC (2023).

Em 2010, observou-se que as áreas com maior incremento na densidade de carbono de biomassa acima do solo estiveram presentes na cobertura florestal, especificamente na formação florestal (Figura 14). A formação florestal é responsável pela maior parte da biomassa aérea retidas na vegetação. As formações savânicas também exercem importante função no estoque de carbono, sendo conhecidas como “florestas invertidas” por armazenarem carbono, principalmente, na biomassa abaixo do solo (HARIDASAN, 2000).

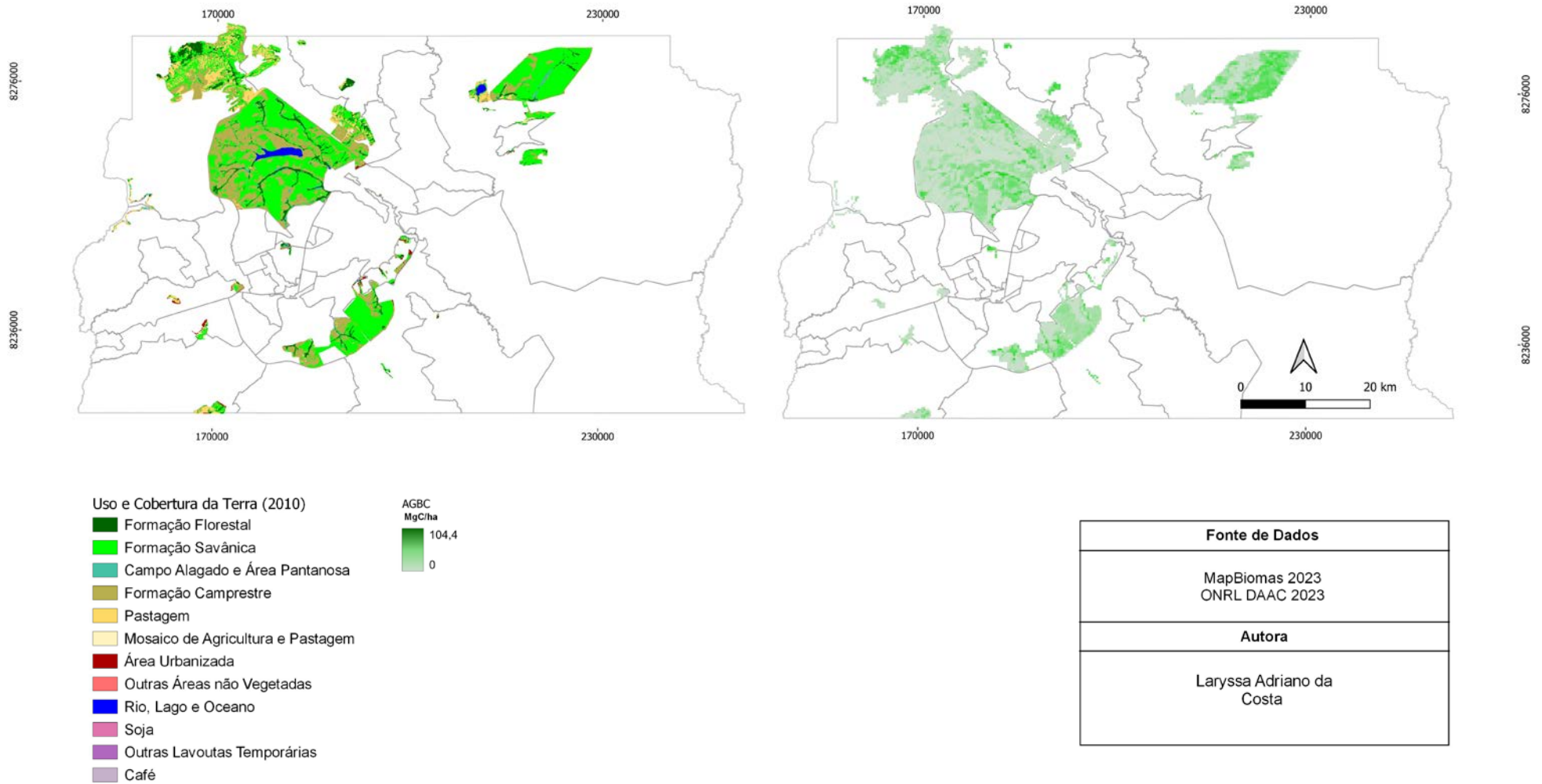


Figura 14 - Distribuição espacial do estoque de carbono acima do solo (AGBC) nas Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito federal em 2010.

Fonte: Adaptado do ONRL DAAC (2023).

Segundo SANQUETTA *et al.*, (2018), a perda de estoque de carbono nas florestas nativas brasileiras no período 1990 a 2015 implicou na emissão de elevadas quantidades de dióxido de carbono para a atmosfera, com a perda de cobertura florestal no Brasil nesse período, representa 38,82% das emissões de GEE globais. De acordo FERNANDES *et al.*, (2020), o desmatamento de áreas nativas tem sido um fator importante para o GEE em regiões tropicais, áreas que futuramente podem ser severamente afetadas por mudanças climáticas.

O funcionamento dos ecossistemas é amplamente afetado pelas mudanças climáticas, abrangendo não apenas níveis globais, mas também regionais e locais. A dinâmica das florestas, o aumento da produção de biomassa, mortalidade das árvores, alterações na distribuição e abundância de espécies e incêndios, estão entre as mudanças relacionadas à elevação de CO₂ atmosférico (ARTAXO, 2020). Com as mudanças climáticas projeta-se impactos sobre a biodiversidade e ecossistemas, incluindo perda e extinção de espécies (IPCC, 2019).

Com base na análise dos dados de densidade de carbono da biomassa acima do solo obtidos neste estudo e com base nas informações provenientes da literatura científica, podemos inferir o seguinte:

- I) As UCs de Proteção Integral desempenham um papel crucial na preservação do estoque de carbono. Áreas que desempenham um papel fundamental no sequestro e armazenamento de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas.
- II) Embora as taxas de perda de estoque de carbono nas UCs tenham sido baixas ao longo dos anos estudados, é importante exercer cautela e implementar monitoramentos contínuos. Pois, essas áreas exercem não apenas um papel ambiental, mas também fornecem serviços ecossistêmicos, culturais e sociais essenciais para as comunidades locais e para a sociedade como um todo.
- III) O avanço do desmatamento é um fator determinante na criação de novas UCs. Além disso, é fundamental fortalecer a fiscalização e a gestão das UCs já estabelecidas. Essas medidas devem ser estrategicamente planejadas para conter o avanço da pressão antrópica e promover um ordenamento territorial eficiente, visando à conservação dos ecossistemas e promovendo o estoque de carbono.

5 CONCLUSÃO

Ao longo dos anos estudados, houve mudanças no uso e cobertura da terra, bem como na quantificação da densidade de estoque de carbono acima do solo nas UCs de Proteção Integral localizadas dentro do Distrito Federal, no período de 1990 a 2020. Tanto as áreas naturais quanto as áreas antrópicas sofreram modificações, com consequências na dinâmica da biomassa acima do solo, especialmente nos últimos anos do estudo. Os resultados desse estudo são fundamentais para embasar decisões relacionadas ao manejo das áreas protegidas estudadas do DF.

As Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral do Distrito Federal foram pouco afetadas pela dinâmica do uso e cobertura da terra, resultando em impactos na densidade de carbono acima do solo ao longo dos 30 anos (1990 a 2020). Embora as variações tenham sido relativamente baixas, essas mudanças no uso e cobertura do solo têm efeitos negativos significativos, considerando que são áreas que deveriam ser integralmente protegidas buscando a preservação da natureza.

A classe de uso da terra que inclui as áreas urbanizadas foi a que mais cresceu, com variação percentual de 141%, na área e período de estudo. Por outro lado, as classes de pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, e outras áreas não vegetadas foram reduzidas. No grupo de classes das coberturas naturais da terra, as os rios e lagos, campos alagados e áreas pantanosas foram mais impactadas, com uma redução de 3,1% e 9,7%, respectivamente, indicando uma perda significativa, com potenciais impactos nos recursos hídricos da área de estudo.

As formações savânica também apresentaram uma pequena variação, diminuição de 0,2%, porém relevante, já que essas áreas são protegidas integralmente e podem causar impactos irreversíveis aos meios físicos e bióticos. A maior parte das alterações no uso e cobertura do solo nas unidades de conservação ocorreu nas áreas de borda, que tem a função de amortecer os impactos negativos das atividades que ocorrem fora da UCs, situação que pode ter sido favorecida pelas delimitações acentuadas de suas poligonais.

Durante o intervalo de tempo compreendido entre 2005 e 2010 e entre 2015 e 2020, observou-se que ocorreram emissões de gases do efeito estufa associadas à redução da biomassa acima do solo como consequência do aumento do desmatamento na área de estudo. Entre 2005 e 2010, registrou-se a redução de 2.520,84 MgC e, entre 2015 e 2020, uma redução mais expressiva, totalizando

3.354,36 MgC. As classes de formação florestal e formação campestre se destacaram na manutenção do estoque de carbono.

O monitoramento do uso e ocupação da terra em áreas protegidas, assim como a quantificação da densidade de carbono nas UCs são fundamentais para conservar, restaurar, mitigar ações futuras e fomentar políticas públicas sobre o desmatamento e o zoneamento da área, como também para o delineamento de estratégias para a conservação da sua diversidade biológica. Por fim, é importante ressaltar a relevância do sensoriamento remoto como uma ferramenta poderosa e de baixo custo para levantamento de dados e pesquisas como esta, uma vez que é essencial para o monitoramento do desmatamento e questões ambientais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHAMED, T.; TIAN, L.; ZHANG, Y.; TING, K. C. **A review of remote sensing methods for biomass feedstock production.** *Biomass and Bioenergy*. Biomass and bioenergy, v. 35, p. 2455-2469, 2011.

AMANI, M.; GHORBANIAN, A.; AHMADI, S.; KAKOOEI, M.; MOGHIMI, A.; MIRMAZLOUMI, S. M. MOGHADDAM, S. H. A.; MAHDAVI, S.; GHOHREMANLOO, M.; PARSIAN, S.; WU, Q.; BRISCO, B. **Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review.** *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, v. 13, p. 5326–5350, 2020.

AQUINO, F. G. & OLIVEIRA, M. C. **Reserva legal no bioma Cerrado: uso e preservação.** Embrapa Cerrados - Planaltina- DF, p. 1-25, jun, 2006.

ARTAXO, P. **As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas.** *Estudos Avançados*, v. 34, n. 100, p. 53–66, jan., 2020.

BARBOSA, I. B.; LACERDA, M. P. C.; BILICH, M. R. **Relações pedomorfogeológicas nas chapadas elevadas do Distrito Federal.** *Ciência do Solo*, v. 33, p. 1373-1383, 2009.

BERNASOL, W. P.; LIMA-RIBEIRO, M. S. **Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano.** *Hoehnea*, v. 37, n. 2, p. 181-198, 2010.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC. Planalto. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 5 de maio de 2022.

CAMPOS, J. E. G. **Hidrogeologia do distrito federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos.** *Revista Brasileira de Geociências*, v. 34, n. 1, p. 41–48, 1 mar., 2004. CARVALHO, E. C.; FELFILI, J. M. **Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria no Distrito Federal.** *Acta botânica brasileira*, Brasília, v. 19, n. 4, p. 801-811, 2005. CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal, H. **Brasília, uma cidade centenária**, n. 13, 2016. Disponível em: https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/TD_13_Bras%C3%ADlia_uma_cidade_centen%C3%A1ria.pdf. Acesso em: 6 de abril de 2023.

CODEPLAN - Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Sessenta anos de ocupação urbana da capital do Brasil: padrões, vetores e impactos na paisagem.** Disponível em: odeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/TD-73-Sessenta-anos-de-ocupacao-urbana-da-capital-do-Brasil-padroes-vetores-e-impactos-na-paisagem-2021.pdf. Acesso em: 2 de março de 2023.

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Atlas do Distrito Federal 2020.** Brasília: CODEPLAN, p.145, 2020. Disponível em:

<https://www.codeplan.df.gov.br/atlas-do-distrito-federal-2020/>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

CODEVASF. Caderno de caracterização do Distrito Federal. Companhia de **Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba**. 2022. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-do-rocha/publicacoes>. Acesso em 16 de abril de 2023.

Distributed Active Archive Center (**ORNL DAAC**) for *Biogeochemical Dynamics*. 2023. Disponível em: <https://daac.ornl.gov/about/>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2020.

DRUMMOND, J. A. ANDRADE FRANCO, J. L.; OLIVEIRA, D. **Uma análise sobre a história e a situação das unidades de conservação no Brasil**. Conservação da Biodiversidade Legislação e Políticas Públicas. Conservação da Biodiversidade Legislação e Políticas Públicas, p. 341-387, 2010.

DUARTE, T. E. P. N.; LEITE, L. B. **Cidades médias no cerrado brasileiro: desafios para a conservação da biodiversidade**. Terra Plural, Ponta Grossa, v. 14, p. 1–7, 2020.

EMBRAPA. **Bioma Cerrado**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>. Acesso em: 28 de abril de 2023.

ERTHAL, D. A.; BALBINOT, R.; BREUNIG, F. M.; ROSA, P. A. **Dinâmica espacial do estoque de biomassa e carbono em remanescentes florestais no Rio Grande do Sul – Brasil**. BIOFIX Scientific Journal, v. 8, n. 1. P. 1-9, 2023.

FALEIRO, F. G.; GAMA, L. C.; FARIAS NETO, A. L.; SOUZA, E. S. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. **Savana: Desafios e estratégia para equilíbrio entre sociedade, agronegócios e recursos naturais**. Embrapa Cerrados. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, p. 33-46, 2008.

FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M.; GARCIA, J. R.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; PINTO, A. S.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, A. J.; LIMA, A. H. S. **Assessment of land use and land cover changes and valuation of carbon stocks in the Sergipe semiarid region, Brazil:1992–2030**. Land Use Policy, v. 99, 2020.

FREITAS, R. S.; MELLO, M. C. S.; CRUZ, C. B. M. Relações entre maturidade estrutural da floresta e índices de vegetação na Mata Atlântica. *In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, INPE, p. 16-21, abr., 2005.

GOEDERT, W. J.; WAGNER, E. & BARCELLOS, A. O. **Savanas tropicais: dimensão, histórico e perspectivas**. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS-NETO, A. L. (Eds.). *Savana: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*. Planaltina - DF: Embrapa Cerrados. v. 1, p. 49–77. 2008.

GOOGLE EARTH ENGINE (GEE). **Catálogo de dados do Earth Engine**, 2023. Disponível em: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/>. Acesso em: 23 de abril de 2023.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. **Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone**. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18–27, dez. 2017.

IBRAM. **Guia de Unidades de Conservação do Distrito Federal**. Distrito Federal (Brasil), Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. p.33, 2014. Disponível em:

http://www.rekursoshidricos.df.gov.br/aguas_emendadas/documentos/Guia%20de%20Unidades%20de%20Conserva%C3%A7%C3%A3o%20-%20DF.pdf. Acesso em: 15 março de 2023.

IPCC. **Relatório Especial: Aquecimento Global de 1,5°C**. 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>. Acesso em: 25 de março de 2023.

KLINK, C.; MACHADO, R. B. **A conservação do Cerrado brasileiro**. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 149-155, julho, 2005.

KOHLER, M. R.; BASMPI, A. C.; SILVA, C. A. F.; ARANTE, A. GASPAR, Q. J. **O desmatamento da Amazônia brasileira sob o prisma da pecuária: a degradação dos recursos hídricos no contexto da região norte de Mato Grosso**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 11, p. 22, ago. 2021.

LIMA, E. C.; EMERICH, P. P.; MALDANER, V. I. Programa adote uma nascente no Distrito Federal. In: **Simpósio Nacional Cerrado - Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócios e recursos naturais**, 4., 2008, Brasília. Anais [...]. ParlaMundi, 2018. p. 1-7.

MACHADO, R. B.; NETO, M. B. R.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A. SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro Conservação**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2004.

MARTIN, A. R.; DORAISAMI, M.; THOMAS, S.C. **Global patterns in wood carbon concentration across the world's trees and forests**. *Nat. Geosci.* v. 11, n. 915, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0246-x>.

MEDEIROS, R. **Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil**. *Ambiente & Sociedade*, v. 4, n. 1, jan.-jun., 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Painel Unidades de Conservação Brasileiras**. 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMGNmMGY3NGMtNWZlOC00ZmRmLWExZWI0NTNiNDhkZDg0MmY4IiwidCI6IjM5NTdhMzY3LTZkMzgtNGMxZi1hNGJhLTMzZThmM2M1NTBINyJ9&pageName=ReportSection0a112a2a9e0cf52a827>. Acesso em: 20 de abril de 2023.

MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. **Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil**. Megadiversidade, v. 1, n. 1, jun., 2005.

MUTANGA, O.; KUMAR, L. **Google Earth Engine applications**. Remote Sensing. v. 11, n. 5, mar., 2019.

Planos de Ação para a Prevenção e o Controle do Desmatamento Documento base: Contexto e análises - Versão preliminar aprovada pelo GPTI em Dez/2016. Documento final em processo de diagramação.

Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS). **Códigos das classes da legenda e paleta de cores utilizadas na Coleção 6 do MapBiomias.** Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/downloads/Colecction%206/Cod_Class_legenda_Col6_MapBiomias_BR.pdf

Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS). **Mapas das coleções.** Disponível em: <https://mapbiomas.org/>

Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS). **MapBiomias General “Handbook” Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)**, version 1.0. August, 2022.

RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado - caracterização e recuperação de Mata de Galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

RIBEIRO, J. F.; SANO, S. M.; MACÊDO, J.; SILVA, J. A. **Os principais tipos fitofisionômicos da região dos Cerrados**. Embrapa Cerrados, Planaltina, jul., 1983.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **FITOFISIONOMIAS DO BIOMA CERRADO**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Eds.) Cerrado: ambiente e flora. Brasília: Embrapa, 1998. p.89-166.

RIBEIRO, J.F., WALTER, B. M. T. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, v.1, p. 1279, 2008.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L. & NARDELLI, A. M. B. **Quantificação de Biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais**. *Árvore*, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009.

ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. **Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado (1999/2018) e sua ocorrência conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo**. *Brasileira de Geografia*, v.14, n.13, p. 1220-1235, 2021.

RODRIGUES PINTO, J. LENZA, E.; SIQUEIRA PINTO, A. **Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um cerrado rupestre, Cocalzinho de Goiás, Goiás**. *Brasil Botânica*, v. 32, n. 1, p. 1-10, jan.-mar., 2009.

RODRIGUES VALENTE, C. Impacto do desmatamento do Cerrado nos recursos hídricos superficiais. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Curitiba, INPE, p. 2804, mai., 2011.

ROQUETTE, J. G. **Distribuição da biomassa no Cerrado e a sua importância na armazenagem de carbono**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1350–1363, 1 jul.-set., 2018.

SANO, E. E.; ROSA, R.; SILVA BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. **Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil**. Environ Monit Assess, v. 166, p. 113-124, 2010.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; PELISSARI, A. L.; TOMÉ, M.; MASS, G. C. B.; INOUE SANQUETTA, M. N. **Dinâmica em superfície, volume, biomassa e carbono nas florestas nativas brasileiras: 1990-2015**. BIOFIX Scientific Journal, v. 3, n. 1, p. 193, 2018.

SILVA, B. E.; FERREIRA, G. L.; ROCHA, G. F.; SILVA COUTO, M. S. D. Taxa de desmatamento em áreas do bioma Cerrado para os períodos de 2003 a 2004 & 2004 a 2005. In: **Anais IX Simpósio Nacional do Cerrado**. ParlaMundi, Brasília-DF, 2008.

SPAWN, S.A.; SULLIVAN, C.C.; LARK, T.J. et al. **Harmonized global maps of above and belowground biomass carbon density in the year 2010**. Sci Data 7, 112. 2020.

TAMIMINIA, H.; SALEHI, B.; MAHDIANPARI, M.; QUACKENBUSH, L.; ADELI, S. **Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, V. 164, p. 152-170, 2020.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana**. Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 5-27, mar., 2002

UNESCO. **Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço**. 2.ed. Brasília, p. 80, 2002.

Zoneamento ecológico-econômico do Distrito Federal - ZEE DF. **Caderno Técnico - Matriz Ecológica**. Brasília, p.164, 2017.

7 SCRIPTS UTILIZADO NA PLATAFORMA GEE

7.1.1 Acesso a Coleção do Mapbiomas 6.0 (1990 a 2020)

```
// Scrip preparado para obter areas desmatadas em Áreas de Interesse entre 1990 a 2020
```

```
var region = uc;
```

```
// Defining searching parameters (t1- time 1, t2- time 2, and year of analysis)
```

```
var params = {
```

```
  'ano': 'classification_1990', // ano da classificacao de interesse
```

```
  'layer': 'Classificação 1990', //nome da camada do mapa (layer)
```

```
  'year': '1990', //ano de interesse
```

```
  'campo': 'nome' //Campo de interesse do shape file
```

```
};
```

```
/// Acesso a Coleção do Mapbiomas 6.0 (1985 a 2020)
```

```
var mapbiomas = ee.Image('projects/mapbiomas-workspace/public/collection6/mapbiomas_collection60_integration_v1').clip(region);
```

```
print (region);
```

```
// importando o módulo de palhetas do projeto mapbiomas e acessando o esquema de cores da 'classification5'
```

```
var palette = require('users/mapbiomas/modules:Palettes.js').get('classification6');
```

```
//print(palette); // Se desejar, poderá imprimir a palheta de cores.
```

```
// Configuração dos parâmetros de visualização da palheta de cores do Mapbiomas
```

```
var visClassification = {
```

```
  'min': 0,
```

```
  'max': 50,
```

```
  'palette': palette,
```

```
  'format': 'png'
```

```
};
```

```
var uso1985 = mapbiomas.select(["classification_2000"]);
```

```
var uso2020 = mapbiomas.select(["classification_"+params.year]);
```

```
Map.addLayer (uso1985, visClassification, 'Classificação 2000'); // Display da classificação de 1985 com o esquema de cores do mapbiomas
```

```
Map.addLayer (uso2020, visClassification, 'Classificação '+params.year);
```

```
// Reclassificacao Natural e Antropico
```

```

// Remap values
var reclassified = uso2020
.remap([3,4,5,33,9, 11, 12, 15, 21, 23, 24, 25, 30, 32, 39, 41, 48],
      [1,1,1,1,2,2,1,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2]);
// Definindo a pallette para classificacao
var palette1 = [
  '228B22', // forest (1)-- forest green
  'FFA500', //impacted_veg (2)-- orange
];
// Display the result.
Map.addLayer(reclassified, {min: 1, max: 2, palette: palette1}, 'Uso
Natural/Antropico'+params.year);
Map.centerObject(region,7);
// Visualizando os limites da area de interesse
Map.addLayer(region, {color: 'purple'}, 'Limites de area de estudo', false);
// Cálculo das áreas por feições de interesse
var stateArea = region.geometry().area();
// Calculando a área total de estudo em km2
var stateAreaSqKm = ee.Number(stateArea).divide(1e4); /divide por 10.000 para ter
área em hectares Km2
print (stateAreaSqKm, 'Area total (hectares)')/Área total de estudo
// Calculo de área para uma camada (layer) ou ano de interesse
// Esta camada (layer) ou ano da classificação será usada para o cálculo do uso e
cobertura da área de interesse
var year = uso2020; //.select(remapped); ///Selecionar o ano de interesse do
Mapbiomas
var arealImage = ee.Image.pixelArea().addBands(year) /Contagem dos pixels e
estimativa da área dos usos e coberturas
/// Somando os pixels por TI e por tipos de uso ou cobertura da terra
var areas = arealImage.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum().group({
    groupField: 1,
    groupName:'classification_'+params.year, //Selecionar o ano de interesse do
Mapbiomas

```

```

    }),
    geometry: region.geometry(),
    scale: 30,
    maxPixels: 1e10
  });
print(areas)
// Extraíndo a ocorrência das classes e agrupando-as em uma única classe
var classAreas = ee.List(areas.get('groups'))
// A chave do dicionário (lista das classes) deve ser do tipo 'string' (texto)
// Neste caso, as chaves são número de classes, então chama-se .format() para
converter o número para texto (string)
var classAreaLists = classAreas.map(function(item) {
  var areaDict = ee.Dictionary(item)
  var classNumber = ee.Number(areaDict.get(params.ano)).format()/R
  var area = ee.Number(areaDict.get('sum')).divide(1e4) ///ha
  return ee.List([classNumber, area])
})
print(classAreaLists)
//Antes de criar tais objetos com conjunto de objetos, precisamos converte-los em
estruturas planas
var nestedList = ee.List([[ 'a', 'b'], [ 'c', 'd'], [ 'e', 'f']])
print(nestedList)
print (nestedList.flatten())
// O dicionário pode ser criado usando ee.Dictionary que aceita a lista de pares de
chaves/valores
var result = ee.Dictionary(classAreaLists.flatten())
print(result)
// Calculo da área por classe e por unidade administrativa
var calculateClassArea = function(feature) {
  var areas = ee.Image.pixelArea().addBands(year).reduceRegion({
    reducer: ee.Reducer.sum().group({
      groupField: 1,
      groupName: params.ano,/R
    }),

```

```

geometry: feature.geometry(),
scale: 30,
maxPixels: 1e13
})
var classAreas = ee.List(areas.get('groups'))
var classAreaLists = classAreas.map(function(item) {
  var areaDict = ee.Dictionary(item)
  var classNumber = ee.Number(areaDict.get(params.ano)).format()/R
  var area = ee.Number(areaDict.get('sum')).divide(1e4) ///em hectares
  return ee.List([classNumber, area])
})
var result = ee.Dictionary(classAreaLists.flatten())
// O resultado do dicionário será a area para todas as classes
// Adiciona o nome da unidade administrativa (município) e cria a feição
var district = feature.get(params.campo)//Nome das bacias hidrograficas - campo
da tabela do shapefile bacias de SC
return ee.Feature(feature.geometry(), result.set('district', district))
}
var districtAreas = region.map(calculateClassArea);
// Observe que cada terra indígena pode ter municípios diferentes
var classes = ee.List.sequence(1, 50)// Sequencia das classes do Mapbiomas Colecao
5.0
// Considerando que precisaremos usar a lista de campos de saída na Export function
// precisaremos chamar o .getInfo() para pegar a lista de valores do client-side
var outputFields = ee.List(['district']).cat(classes).getInfo()
// Por fim, exporta o arquivo em formato *.CSV
Export.table.toDrive({
  collection: districtAreas,
  description: 'class_area_'+params.year,// definir o ano da classificação
  folder: 'earthengine',
  fileNamePrefix: 'uso_cobertura_UC'+params.year,// definir o ano da classificação
  selectors: outputFields
})
/// Expor a imagem classificada para a área de interesse

```



```
Export.image.toDrive({  
  image: uso2020,  
  description: 'UsoCobertura'+params.year,  
  folder: 'GEE-EXPORT',  
  maxPixels:1e13,  
  scale: 30,  
  region: region,  
  crs: "EPSG:4326"// GCS - Datum WGS84  
});
```