

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL**

ADRIENY KEROLLEN ALVES LOPES

**DIAGNÓSTICO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO PARACATU - MG**

**UBERLÂNDIA – MG
2023**

ADRIENY KEROLLEN ALVES LOPES

**DIAGNÓSTICO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO PARACATU-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula Santil
(Orientador)

Prof. Dr. João Vitor Meza Bravo
(Coorientador)

UBERLÂNDIA – MG

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental
 BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6717 - www.ppgmq.iciag.ufu.br - ppgmq@iciag.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Qualidade Ambiental (PPGMQ)				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 03/2023, PPGMQ				
Data:	30 de março de 2023	Hora de início:	09:00	Hora de encerramento:	12:00
Matrícula da Discente:	12112MQA001				
Nome da Discente:	ADRIENY KEROLLEN ALVES LOPES				
Título do Trabalho:	DIAGNÓSTICO DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARACATU - MG				
Área de concentração:	Meio Ambiente e Qualidade Ambiental				
Linha de pesquisa:	Monitoramento e Gestão Ambiental				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Sem vinculação				

Reuniu-se por meio de web conferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ), assim composta: Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula Santil (Orientador); Prof. Dr. Milton Serpa de Meira Junior (UFU) e Profa. Dra. Tatiane Assis Vilela Meireles (UFU).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Prof. Dr. Fernando Luiz de Paula Santil apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata: **Aprovada**.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Tatiane Assis Vilela Meireles, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/04/2023, às 13:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Luiz de Paula Santil, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/04/2023, às 13:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Milton Serpa de Meira Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 12/04/2023, às 12:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4202350** e o código CRC **4F46013C**.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

L864d
2023 Lopes, Adrieny Kerollen Alves, 1997-
 Diagnóstico da fragmentação florestal na bacia hidrográfica do Rio
 Paracatu-MG [recurso eletrônico] / Adrieny Kerollen Alves Lopes. -
 2023.

Orientador: Fernando Luiz de Paula Santil.

Coorientador: João Vitor Meza Bravo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2023.7046>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Qualidade ambiental. I. Santil, Fernando Luiz de Paula, 1964-,
(Orient.). II. Bravo, João Vitor Meza, 1989-, (Coorient.). III.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Qualidade Ambiental. IV. Título.

CDU: 574

Glória Aparecida
Bibliotecária Documentalista - CRB-6/2047

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

A todos os professores e professoras do programa de pós-graduação em Qualidade Ambiental, os quais tive a honra de aprender e durante esse período de formação mostraram-se disponíveis para orientar no que fosse necessário;

Agradeço especialmente aos professores Santil e João Vitor, por todo o auxílio e suporte neste último ano;

Agradeço aos meus pais, minha irmã e ao meu noivo, por estarem sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis, me confortando e acalmando. Eu amo vocês!

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo fomento, apoio financeiro e consolidação do programa de pós-graduação stricto sensu em Qualidade Ambiental e demais programas no Brasil;

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), à Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP-UFU), ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) e ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental – UFU pelo incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento sustentável e ambiental.

RESUMO

LOPES, ADRIENY KEROLLEN ALVES. Diagnóstico da fragmentação florestal na Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu-MG. Julho 03, 2023. 73 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia – MG⁺.

A Bacia do Rio Paracatu, situada no Bioma Cerrado, vem sofrendo desde a década de 70 com os intensos processos de conversão de uso da terra, modificando a paisagem por meio do desmatamento. Nesse sentido, a fragmentação florestal pode ser estudada pela Ecologia da Paisagem, por intermédio de dados espaciais caracterizando as condições atuais, o desenvolvimento e a mudança temporal dos fragmentos. O objetivo dessa dissertação foi analisar as mudanças espaço-temporal do uso da terra, no horizonte de 30 anos, e seus impactos da fragmentação da vegetação de Cerrado na Bacia do Rio Paracatu, no estado de Minas Gerais. A Bacia do Rio Paracatu (BRP) é uma importante sub-bacia do rio São Francisco, situada quase em sua totalidade na região Noroeste do estado de Minas Gerais, com uma área de aproximadamente 45.000 km². Para análise dos dados, foram utilizados dados do MapBiomas dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. A partir desses dados, foi realizada a classificação das principais categorias de uso da terra para as classes: Formação Florestal, Formação Savânica, Campo Alagado e Área Pantanosa, Formação Campestre, Afloramento Rochoso, Pastagem, Agricultura, Mosaico de Usos (pastagem e agricultura), Silvicultura, Mineração, Área Urbana, Outras Áreas não Vegetadas e Rios e lagos. Valendo-se do QGIS, verificou-se os dados do arquivo vetorial com o intuito de averiguar a evolução da dinâmica da cobertura do solo ao longo dos anos. As classes Formação Florestal e Formação Savânica, foram isoladas e convertidas em uma única classe correspondente à Floresta. Com o propósito de se obter o número de fragmentos existentes, a relação de tamanho entre eles, o formato e o grau de conectividade, foram aplicadas as métricas de ecologia da paisagem. Devido à grande extensão da área da bacia, esta foi subdividida em microrregiões, para uma análise direcionada, visando identificar as particularidades de cada área. Dos resultados, observou-se que ocorreu uma redução da classe Formação Savânica ao longo dos anos, e o crescimento da classe Agricultura e Silvicultura. A classe de pastagem apresenta uma leve redução, perdendo espaço em algumas regiões para a classe silvicultura. A classe Mineração apresenta um crescimento elevado em se tratando impactando a região onde ocorre, sendo está mais pontual na cidade de Paracatu.

PALAVRAS-CHAVE: ecologia da paisagem, fragmentação florestal, bacia do Rio Paracatu.

ABSTRACT

LOPES, ADRIENY KEROLLEN ALVES. Diagnosis of drivers of forest fragmentation in the Paracatu River Basin-MG. July 03, 2023. 73 f. Dissertation (Master in Environment and Environmental Quality) - Federal University of Uberlândia - MG¹.

The Paracatu River Basin, located in the Cerrado Biome, has been suffering since the 1970s, with the intense processes of land use conversion, modifying the landscape through intense deforestation. In this sense, forest fragmentation can be studied by Landscape Ecology, through spatial data characterizing current conditions, development, and temporal change of fragments. Here, the main goal is to analyze the spatiotemporal changes in land use over a 30-year horizon and their impacts on the fragmentation of Cerrado vegetation in the Paracatu River Basin in Minas Gerais, Brazil. The Paracatu River Basin (BRP) is an important sub-basin of the São Francisco River, located almost entirely in the northwest region of Minas Gerais, with an area of approximately 45,000 km². For data analysis, data from MapBiomass from the years 1990, 2000, 2010, and 2020 were used. Based on these data, in QGIS version 3.16, the main categories of land use were reclassified into classes: Forest, Natural formation non-forestry, Agriculture, Non-vegetated areas (including mining and urban areas), and Water bodies. From this, through the data from the vector file, it was possible to verify the evolution of the soil cover dynamics over the years. The Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) was used to assess the intensity of landscape transitions in the different land cover classes for the studied decades, showing the dynamics of land cover in the BRP. The Forest and Non-Forest Natural Formation classes were isolated and converted into a single class corresponding to the forest fragments. In order to obtain the number of existing fragments, the size relationship between them, the format, and the degree of connectivity, landscape ecology metrics were applied. Through the results, it was observed that there was a reduction of the class Forest and Non-Forest Natural Vegetation, less 7.1% and 0.9%, respectively, in 30 years analyzed. On the other hand, the Agricultural class increased 8.7% (3,894.8 km²) from 1990 to 2020. This percentage is greater than the decrease of the Forest and Non-Forest Natural Vegetation classes. The SCP analysis showed that during the 30 years of study, only 2,641.77 km², equivalent to 5.87% of the total area of the BRP, were reforested. While 6,490.38 km² (14.42% of the total area) were deforested: that is, regions that were previously classified as Forest or Non-Forest Vegetal Formation were transformed into areas of anthropic use (Agriculture, Livestock, Non-vegetated Area). The other 79.71% of the basin area remained unchanged, that is, areas whose uses did not undergo significant changes over the years studied.

KEYWORDS: landscape ecology, forest fragmentation, Paracatu River basin.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGR	Agricultura
AR	Afloramento Rochoso
AU	Área Urbana
BRP	Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu
CAAP	Campo Alagado e Área Pantanosa
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
FC	Formação Campestre
FF	Formação Florestal
FS	Formação Savânica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAND	Área da Classe
LecoS	<i>Landscape ecology statistics</i>
M	Mineração
MPS	Área de Fragmento Média
MSI	Índice de Forma Médio
MU	Mosaico de Usos
NUMP	Número de Fragmentos
ONV	Outras áreas Não Vegetadas
PAST	Pastagem
PLADJ	Porcentagem de Manchas Conectadas
PLAND	Proporção da Classe
RL	Rios e Lagos
SCP	<i>Semi-Automatic Classification Plugin</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SILV	Silvicultura
TE	Comprimento Total de Bordas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Definição das diferentes fisionomias encontradas no Cerrado.....	17
Figura 2. Mapa de localização da Bacia do Rio Paracatu.	30
Figura 3. Microrregiões analisadas na BRP.	36
Figura 4. Uso e Ocupação do Solo dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.	38
Figura 5. Mapa de relevo da BRP.	41
Figura 6. Fragmentação Florestal da BRP nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.....	43
Figura 7. Mapa de uso da terra e fragmentos florestais da Microrregião DF/GO na BRP.	48
Figura 8. Mapa de uso da terra e fragmentos florestais da Microrregião de Unaí na BRP.....	52
Figura 9. Mapa de uso da terra e fragmentos florestais da Microrregião Pirapora na BRP....	56
Figura 10. Mapa de uso da terra e fragmentos florestais da Microrregião Paracatu na BRP.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Unidades de conservação na brp.	21
Tabela 2. Classes de uso e ocupação do solo utilizadas para cada ano de estudo.....	33
Tabela 3. Índices de ecologia da paisagem gerados para os fragmentos florestais.....	34
Tabela 4. Microrregiões analisadas na brp.....	36
Tabela 5. Classificação do relevo.....	35
Tabela 7. Valores de métricas das paisagens na brp para os anos de estudo.	44
Tabela 8. Área (km ²) ocupada pelas classes de solo em a1 e percentual de ganhos e perdas em relação à 1990.....	46
Tabela 9. Valores de métricas das paisagens da microrregião df/go para os anos estudados. .	49
Tabela 10. Área (km ²) ocupada pelas classes de solo em a2 e percentual de ganhos e perdas em relação à 1990.....	53
Tabela 11. Valores de métricas das paisagens da microrregião unai para os anos estudados.	54
Tabela 12. Área (km ²) ocupada pelas classes de solo em a3 e percentual de ganhos e perdas em relação à 1990.....	57
Tabela 13. Valores de métricas das paisagens da microrregião pirapora para os anos estudados.	58
Tabela 14. Área (km ²) ocupada pelas classes de solo em a4 e percentual de ganhos e perdas em relação à 1990.....	61
Tabela 15. Valores de métricas das paisagens da microrregião pirapora para os anos estudados.	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 <i>Geral</i>	14
1.1.2 <i>Específicos</i>	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 O BIOMA CERRADO	15
2.1.1 <i>Principais fitofisionomias do Bioma Cerrado</i>	16
2.1.1.1 <i>Formação Florestal</i>	17
2.1.1.2 <i>Formação Savânica</i>	17
2.1.1.3 <i>Formação Campestre</i>	18
2.1.2 <i>Degradação do Cerrado no Noroeste de Minas</i>	18
2.1.3 <i>Conservação do Cerrado no Noroeste de Minas</i>	20
2.2 ECOLOGIA DA PAISAGEM	22
2.3 FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL	23
2.4 MÉTRICAS DA PAISAGEM	25
2.4.1 <i>Área dos fragmentos</i>	25
2.4.2 <i>Densidade e tamanho dos fragmentos</i>	26
2.4.3 <i>Borda dos fragmentos</i>	26
2.4.4 <i>Forma dos fragmentos</i>	27
2.4.5 <i>Isolamento e conectividade dos fragmentos</i>	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
3.2 USO DA TERRA E MAPEAMENTO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS	31
3.3 CÁLCULO DAS MÉTRICAS DA PAISAGEM E ANÁLISE DOS DADOS	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 ANÁLISE DAS MICRORREGIÕES	45
4.1.1 <i>Microrregião DF/GO - A1</i>	45
4.1.2 <i>Microrregião Unai – A2</i>	51
4.1.3 <i>Microrregião Pirapora – A3</i>	55

<i>4.1.4 Microrregião Paracatu – A4</i>	59
5 CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A fragmentação florestal consiste em uma separação de áreas amplas em fragmentos segregados que, por consequência, promove a redução e divisão dos habitats em unidades menores e isoladas (ARAÚJO e CARVALHO, 2012). Esse processo é considerado preocupante, devido ao aumento do desmatamento que provoca a redução de áreas florestadas, e influencia diretamente no equilíbrio do ambiente, principalmente nas questões ecológicas, sociais, climáticas, entre outros aspectos que contribuem para a manutenção da biodiversidade.

No decorrer da história da ocupação e exploração do território brasileiro, o bioma Cerrado sofreu - e ainda sofre - com a ocupação humana, provocada, sobretudo, pela pressão frequente por desmatamento de novas áreas para expansão agrária, levando a exaustão dos seus recursos naturais (MEDEIROS, 2011). A Bacia do Rio Paracatu, situada no Bioma Cerrado, vem sofrendo desde a década de 70 com esses processos de desmatamento e com a mudança no uso da terra. Nessa época, houve uma expansão da agropecuária, devido aos programas de incentivo de ocupação do Noroeste de Minas Gerais, região onde se encontra a maior porção da Bacia.

Com a modernização da agricultura, as condições planas do relevo da região permitiram o uso de mecanização agrícola, modificando-se rapidamente a paisagem por meio da retirada expressiva da cobertura vegetal natural (SILVA, 2000). A partir da década de 90, ocorreu o avanço da agricultura irrigada sobre outras formas tradicionais de ocupação do solo, que se tornaram praticamente inviáveis em algumas regiões, e ainda, nas áreas que não eram aptas a agricultura irrigada, tornou-se crescente o uso da pecuária (ANDRADE, 2007).

Este cenário, ainda predomina na região da Bacia do Rio Paracatu, é um fator preocupante é a existência de poucas áreas protegidas, sendo que estas são de fundamental importância à manutenção, preservação e o equilíbrio do ecossistema (MELO e ASSUNÇÃO, 2011).

Diante da exploração na região, é importante que se faça pesquisas científicas, sobretudo nos locais que possuem fragmentos que traduzam essa proteção ao ambiente e as relações envolvidas com os seres estejam protegidas sob alguma forma (GAMARRA *et al.*, 2021). Identificar a existência do processo de fragmentação da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio É notável que, nos últimos tempos, a região de Paracatu tem se tornado um grande polo de exploração agropecuária, fato este que pode contribuir direta ou

indiretamente para o aumento do processo de fragmentação da paisagem e mudanças nas ações voltadas para o uso e ocupação do solo.

Os estudos voltados para a análise da fragmentação da paisagem têm se tornado de grande relevância, já que contribuem para a identificação do avanço desse processo tornando-se possível a elaboração de estratégias que contribuam para a melhoria da gestão dos impactos ambientais na região estudada. Assim, avaliar a estrutura da paisagem é um passo para o diagnóstico de problemas atuais e serve para prever cenários e apontar mudanças necessárias para manter o equilíbrio natural (CALEGARI *et al.* 2010).

A fragmentação florestal pode ser estudada pela Ecologia da Paisagem, por meio de dados espaciais que caracterizam as condições atuais, o desenvolvimento e a mudança temporal dos fragmentos. Para isso, as métricas da paisagem têm servido como suporte à essa ciência e consistem em equações que descrevem de forma quantitativa a composição estrutural e a configuração espacial da paisagem (YU *et al.*, 2019, apud: AMORIM *et al.*, 2021).

Neste contexto, questiona-se se a exploração agropecuária na região da Bacia do Rio Paracatu têm influenciado na fragmentação florestal da bacia. Este estudo se baseia na hipótese de que a crescente exploração de áreas para atividades antrópicas na Bacia do Rio Paracatu, principalmente, a partir da década de 90, vem proporcionando mudanças no uso e ocupação da terra e na cobertura vegetal do solo, gerando o aumento da fragmentação florestal do Cerrado nativo na Bacia do Rio Paracatu.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Analisar as mudanças espaço-temporal do uso da terra, no horizonte de 30 anos, e seus impactos da fragmentação da vegetação de Cerrado na Bacia do Rio Paracatu, no estado de Minas Gerais.

1.1.2 Específicos.

- ✓ Avaliar a dinâmica do uso da terra na Região da Bacia ao longo dos anos estudados;
- ✓ Mapear fragmentos de vegetação nativa na Bacia;
- ✓ Aplicar métricas de paisagem para análise das mudanças dos fragmentos florestais ao longo dos anos;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Bioma Cerrado

O Cerrado, localizado na porção central do Brasil, é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando cerca de 1,8 milhões de Km², equivalente a aproximadamente 23% do território nacional. É considerado um “*hotspot*” ecológico, ou seja, engloba uma porção de áreas com alta biodiversidade e vasta riqueza de espécies, porém muitas delas ameaçadas de extinção, sendo assim são áreas prioritárias para a preservação ambiental (MYERS *et al.*, 2000).

O Cerrado atua como um elo entre a Mata Atlântica, Caatinga, Amazônia e o Pantanal, compartilhando espécies com os demais biomas, fato este que contribui para sua alta diversidade (AMORIM, 2020). O território do Cerrado abriga cerca de 11.627 espécies de plantas nativas catalogadas, além de possuir mais de 4.800 espécies endêmicas de plantas e vertebrados (CALDEIRA E PARRÉ, 2020). De acordo com Strassburg *et al.* (2017), por possuir uma alta riqueza de espécies vegetais e ainda, alta heterogeneidade espacial, é classificado como a savana tropical mais rica em biodiversidade do mundo.

O bioma ocorre em altitudes que variam entre 300 m e 1.600 m, com predomínio de Latossolos tanto em áreas sedimentares quanto em terrenos cristalinos, ocorrendo também solos concrecionários em grandes extensões (SANO *et al.*, 2008). Possui clima úmido e seco, com períodos de chuva em abundância e algumas regiões com intensos períodos secos. Esse clima variável, associado aos solos e relevo plano, tornam o bioma palco da evolução de diversas espécies de fauna e flora brasileira ao longo dos anos (FERREIRA, 2010).

A vegetação do cerrado é constituída por gramíneas, arbustos e árvores dispersas com caules retorcidos e raízes longas, que possibilitam a absorção de água em grandes profundidades, mesmo em período de seca (AMORIM, 2020). Suas vegetações de campos úmidos e várzeas absorvem a água durante o período chuvoso regulando o fluxo dos rios, e as matas ciliares realizam a manutenção da qualidade da água (AGUIAR *et al.*, 2015).

Além da vasta biodiversidade, o bioma também se destaca como berço das águas, abrigando nascentes de importantes rios das principais bacias hidrográficas brasileiras, como Rio São Francisco (Bacia do São Francisco), Rio Araguaia (Bacia do Tocantins-Araguaia), Rio Tocantins (Bacia do Tocantins-Araguaia), Rio Parnaíba (Bacia do Parnaíba), dentre outros (SACRIOT *et al.*, 2005). Apresenta também, importância social e econômica, com um grande número de pessoas que dependem de seus recursos naturais para sobreviver, incluindo grupos indígenas, quilombolas e ribeirinhos (SAWYER, 2018).

Apesar da sua importância, o Cerrado é um dos biomas mais ameaçados do país, devido a conversão da paisagem natural em antropizada (PARRON *et al.*, 2008). Por exemplo, a expansão do agronegócio na região sudeste e centro-oeste do Brasil foi marcada - principalmente a partir da década de 1970 - pela modernização da agricultura que promoveu a intensificação da exploração do Cerrado, transformando terras consideradas de baixa produtividade em terras férteis (FILHO *et al.*, 2016). A partir daí, o bioma se tornou uma importante fronteira agrícola, contribuindo para o crescimento da produção e das exportações do agronegócio brasileiro (CALDEIRA E PARRÉ, 2020).

Por outro lado, o avanço na exploração das terras do Cerrado tem transformado drasticamente o perfil do bioma, resultando no desmatamento, compactação do solo, erosão, contaminação da água subterrânea e perda da biodiversidade, com reflexos sobre todo o ecossistema (CUNHA *et al.*, 2008). O desmatamento indiscriminado do Cerrado causa a fragmentação da vegetação com consequente perda de biodiversidade, que torna cada fragmento muito sensível às mudanças das condições abióticas e suscetível a pragas e desequilíbrios naturais (SHAFFER, 1981, *apud* GOULART *et al.*, 2015).

Segundo Klink e Machado (2005), um dos obstáculos para a conservação da diversidade biológica do Cerrado é a insuficiência de estudos direcionados para a resolução de problemas ambientais, daí a importância de conhecer a variabilidade ambiental e a dinâmica da fragmentação florestal, para fornecer dados para o manejo correto e a conservação deste bioma (GAMARRA, 2022).

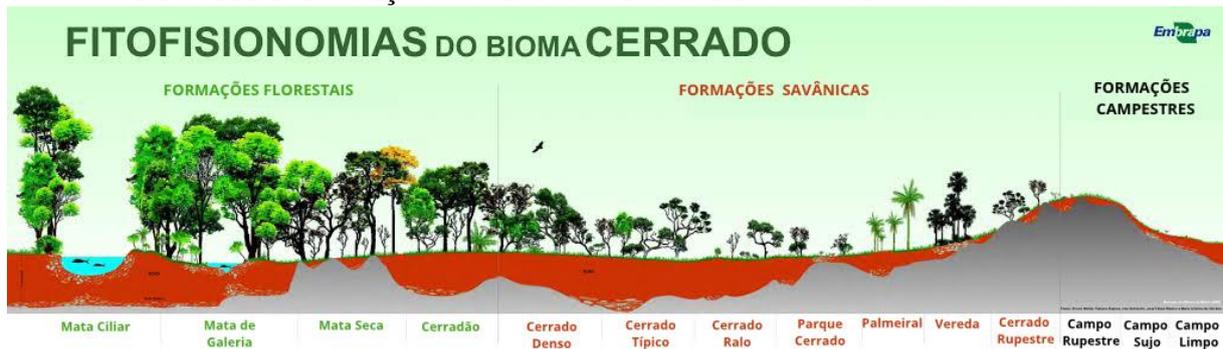
2.1.1 Principais fitofisionomias do Bioma Cerrado

O Cerrado possui uma vegetação distribuída em diferentes fisionomias lado a lado ao longo da paisagem, promovendo a alta diversificação do ecossistema. Essa variação se deve às características do meio físico, como geologia, relevo, tipos de solo, aspectos hidrológicos, as condições climáticas, entre outros (RIBEIRO e WALTER, 2008; BIGARELA *et al.*, 2009).

A classificação das formações vegetais do Cerrado se baseia na fisionomia (forma), definida pela estrutura da vegetação, formas de crescimento (árvores, arbustos, etc.) e por possíveis mudanças estacionais (SILVA *et al.*, 2022). Essas características permitem separar as áreas naturais do Cerrado em formações campestres, savânicas e florestais, e cada formação vegetal possui divisões mais refinadas, que são chamamos de fitofisionomias (FRANÇOSO, 2015).

Segundo Ribeiro e Walter (2008), no cerrado são identificadas onze fitofisionomias, enquadradas em três grandes grupos de vegetação: formação florestal (mata ciliar, mata de galeria, mata seca e cerradão), formações savânicas (cerrado sentido restrito, parque de cerrado, palmeiral e veredas) e as formações campestres (campo sujo, campo limpo e campo rupestre). A FIGURA 1 mostra as diferentes fitofisionomias encontradas no Cerrado.

FIGURA 1. Definição das diferentes fisionomias encontradas no Cerrado.



Fonte: Adaptado de Ribeiro e Walter, 2008.

2.1.1.1 Formação Florestal

As formações florestais de Cerrado são compostas predominantemente por espécies arbóreas, onde há formação de dossel contínuo e fechado, ou seja, as copas das árvores se encontram continuamente. Nessa formação as ervas e arbustos são praticamente inexistentes (FRANÇOSO, 2015).

A Mata Ciliar e Mata de Galeria, que estão presentes nesse tipo de formação, são fisionomias associadas a cursos d'água, que podem ocorrer em terrenos bem drenados ou mal drenados. Entre estas florestas, as diferenças se dão em grande parte pela deciduidade, ou seja, a perda das folhas durante a estação seca, característica das espécies que compõem essas fitofisionomias. Por outro lado, a Mata Seca e o Cerradão ocorrem em terrenos bem drenados, sem associação a cursos d'água (RIBEIRO e WALTER, 2008).

2.1.1.2 Formação Savânica

Essas formações são compostas por camadas constantes de gramíneas, com árvores e arbustos espaçados em maior e menor densidade (FRANÇOSO, 2015). Englobam quatro tipos fisionômicos principais: Cerrado sentido restrito (Cerrado típico, ralo, denso e rupestre), Parque cerrado, Palmeiral e Vereda.

O Cerrado sentido restrito, é característico pela presença de estrato arbóreo e arbustivo herbáceo definidos, com árvores distribuídas aleatoriamente pelo terreno em diferentes densidades. Já no Parque Cerrado a ocorrência de árvores é concentrada em locais específicos do terreno (RIBEIRO e WALTER, 2008).

Segundo Ribeiro e Walter (2008), o Palmeiral pode ocorrer tanto em áreas bem drenadas quanto em áreas mal drenadas, mas há a presença marcante de palmeira arbórea. Já a Vereda se caracteriza pela presença de uma única espécie de palmeira, o buriti, que ocorre, porém, em menor densidade que um Palmeiral, e é circundada por uma vegetação de estrato arbustivo-herbáceo característico.

2.1.1.3 Formação Campestre

As formações campestres de Cerrado são compostas predominantemente por espécies de gramíneas, com poucas árvores e arbustos espaçados. A presença ou a ausência de espécies lenhosas e a densidade delas caracterizam as diferentes fitofisionomias campestres. Os campos ocorrem em um gradiente de campo limpo a campo sujo, normalmente associados a solos rasos, onde o estabelecimento de árvores é dificultado. Os campos sobre afloramento de rochas, são chamados campos rupestres e quando há afloramento do lençol freático e encharcamento do solo, ocorrem os campos úmidos, mas que se associados a presença do buriti, formam as veredas (FRANÇOSO, 2015).

2.1.2 Degradação do Cerrado no Noroeste de Minas

A ocupação do Noroeste de Minas teve início no período colonial, com a descoberta de jazidas de ouro na região, formando alguns núcleos populacionais. Com a decadência do ouro, até a década de 70, as terras se destinavam basicamente à pecuária extensiva, dominando o quadro econômico da região, ocupando áreas de campo cerrado e evitando as formações florestais (FRANCO *et al.*, 2016). Entre as décadas de 1970 e 1980, houve um aumento significativo da retirada de vegetação nativa para a formação de pastagens, maciços florestais e, principalmente, de Eucalipto, além da modernização da agricultura, por intermédio de subsídios financeiros e incentivos governamentais (CALDEIRA e PARRÉ, 2020).

Em 1990, ocorre um avanço da agricultura irrigada sobre áreas aptas, ganhando espaço sobre outras formas tradicionais de ocupação do solo, sob as áreas não aptas ocorre o crescimento de atividade pecuária. A partir de 2001, os desmatamentos ganharam novo impulso na região, através do aumento da lucratividade da atividade agrícola, impulsionando

ainda mais a abertura de terras para plantio. Além disso, a elevação do preço do aço no mercado internacional estimulou o desmate do cerrado para produção de carvão e/ou para plantio de florestas de Eucalipto (ANDRADE, 2007 *apud* CARNEIRO *et al.*, 2011).

Com o avanço dos anos o cenário de exploração da região continuou crescente, e as principais atividades econômicas giram em torno principalmente da agricultura, mineração e da pecuária (VASCONCELOS, 2010). Os usos indevidos da terra na Bacia do Rio Paracatu levaram à modificação de habitats e de comunidades de fauna e flora nativas, que aos poucos vão perdendo espaço e cedendo lugar para a agricultura e pecuária (ANDRADE, 2007 *apud* CARNEIRO *et al.*, 2011).

A expansão da agricultura irrigada promovida na região levou a utilização excessiva dos recursos hídricos, em determinadas áreas, o consumo chegou a um nível crítico, especialmente nas sub-bacias Entre Ribeiros e Rio Preto, ambas na Bacia do Rio Paracatu. Levando a prejuízos ambientais drásticos causados pela redução da vazão dos rios, muito abaixo do que é necessário para manter a manutenção dos ecossistemas aquáticos e terrestres que estão associados (PRUSKI *et al.*, 2007).

Alguns autores como Andrade (2007) citado por Carneiro *et al.* (2011), e Vasconcelos (2009, 2010), afirmam que as principais causas de impactos ambientais ocasionados pelas atividades agropecuárias na Região Noroeste de Minas, são o uso intensivo da água para irrigação e o desmatamento extensivo do cerrado, que leva a sua conseqüente fragmentação. A diminuição da cobertura vegetal, causada pelo desmatamento e a conseqüente quebra da continuidade floral (fragmentação) da região, colocam a conservação dos solos e dos recursos hídricos numa situação de vulnerabilidade ambiental, sendo que, é justamente a vegetação nativa que protege o solo dos processos erosivos e favorece a infiltração (ALVARENGA, 2010).

Segundo McMahon (2018), os efeitos da fragmentação de ambientes podem ser variados e afetar não somente as diferentes espécies do ecossistema, como também afetar os processos ecológicos, dificultando a troca genética entre o conjunto das populações isoladas de uma determinada espécie, constituindo-se numa ameaça significativa à conservação da biodiversidade e dos recursos genéticos.

Segundo Lisita (2008), a vegetação dos cerrados do Noroeste Mineiro ainda é pouco estudada, o que dificulta o planejamento ambiental, e o grande desafio para a região está na definição da melhor forma de manejo dos fragmentos e ao mesmo tempo buscar o desenvolvimento rural sustentável.

2.1.3 Conservação do Cerrado no Noroeste de Minas

O conhecimento a respeito da biodiversidade do Cerrado revela a necessidade de políticas públicas voltadas para a conservação de seus recursos, bem como dos serviços ambientais ofertados (SANTOS *et al.*, 2020). Segundo Alencar *et al.* (2020), da área original ocupada pela vegetação nativa de Cerrado, cerca de 2 milhões de km², restam apenas 55% em áreas remanescentes.

Apesar da sua reconhecida importância ecológica, dentre os *hotspots* mundiais, o Cerrado é o que possui a menor porcentagem de áreas sob proteção integral (SILVEIRA, 2020). De acordo com o Painel de Unidades de Conservação brasileira disponibilizados pelo Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), apenas 8,38% do território do bioma se encontra legalmente protegido por unidades de conservação, desse total um percentual muito pequeno de áreas nativas, 2,72% estão inseridos na unidade de conservação de proteção integral e 5,66% está inserido como unidades de conservação de uso sustentável (CNUC, 2022).

A legislação ambiental brasileira prevê inúmeras estratégias de conservação, como a criação de unidades de conservação (UCs), a manutenção de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e a Reserva Legal (RL) nas propriedades privadas, o controle da supressão de vegetação nativa por monitoramento e a exigência de autorização para o desmatamento. Porém, historicamente, as ações públicas destinadas à conservação da biodiversidade no Brasil têm se concentrado na criação de UCs (GANEM *et al.*, 2009).

Franco *et al.* (2016) afirmam que a criação de UCs são de extrema importância, porém quando dissociadas de uma paisagem mais abrangente, não asseguram a conservação da biodiversidade a longo prazo. Para que essa política seja eficiente, depende da gestão sustentável do entorno das UCs, evitando que elas se tornem arquipélagos de parques e reservas isoladas. Ainda, segundo os autores, com o isolamento dos fragmentos a vegetação nativa se deteriora, e as UCs sozinhas não podem evitar o colapso dos ecossistemas naturais e da biodiversidade.

Segundo Silveira (2020), apesar da riqueza em biodiversidade, o Cerrado não conta com uma legislação que disponha de mecanismos para sua preservação e a falta de leis próprias leva o Cerrado à condição de vulnerabilidade em virtude do desmatamento, da bovinocultura e do crescimento demográfico.

Na Bacia do Rio Paracatu (Noroeste do Estado), um fator preocupante, diante do crescimento das atividades antrópicas, é a carência de UCs (MELO e ASSUNÇÃO, 2011). De

acordo com o IGAM em 2006, existiam onze áreas destinadas à preservação ambiental na BRP dentre elas, dois Parques Municipais (PAQM's), duas áreas de Proteção Ambiental (APA's), duas Áreas de Proteção Especial (APE's) e cinco Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN's). O município de Paracatu é o que detém o maior número das áreas protegidas. Atualmente de acordo com o mapeamento da CNUC (2022), encontram-se mapeadas na BRP sete UCs de proteção integral e usos sustentável (TABELA 1).

TABELA 1. Unidades de Conservação na BRP.

Denominação	Grupo	Legislação de criação	Município		Área total da UC (ha)
Monumento Natural Estadual Lapa Nova de Vazante	Proteção Integral	Dec. nº 46.960, de 29/02/16	Vazante	IEF -MG	79,05
Parque Estadual de Paracatu	Proteção Integral	Dec. nº 45567, de 22/03/11	Paracatu	IEF -MG	6397.81
Parque Natural Municipal Dujardes Caldeira	Proteção Integral	Lei ordinária nº 3.118, de 19/10/17	Unai	Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Unai - MG	5,81
Parque Natural Municipal Pedro Geraldo de Menezes	Proteção Integral	Lei ordinária nº 2.802, de 04/12/12	Unai	Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Unai - MG	1,51
Parque Natural Municipal Senhorinha Lemos do Prado	Proteção Integral	Lei ordinária nº 3.117, de 19/10/17	Unai	Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Unai - MG	3,76
Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São Bartolomeu	Uso Sustentável	Dec. nº 88.940, de 07/11/83	Distrito Federal	ICMBIO	82.679,26
Área de Proteção Ambiental do Planalto Central	Uso Sustentável	Dec. s/n, de 10/01/2002	Distrito Federal	ICMBIO	50.3414,83

Fonte: CNUC, 2022.

Segundo o IGAM (2006), uma das principais características da bacia é a presença de inúmeros ambientes de veredas e lagoas marginais. As veredas se encontram distribuídas por toda a extensão da bacia e as lagoas marginais concentram-se, preferencialmente, nas proximidades do rio Preto, em seu baixo curso, e no médio e baixo rio Paracatu. É importante salientar que as veredas são classificadas como Áreas de Preservação Permanente (APP's), através do amparo legal estabelecido pela Lei Estadual nº 9.375 de 1986 e com alterações adicionadas pela Lei nº 9.682 de 1988, que estabeleceu faixas de proteção marginal com larguras variáveis em função de sua tipologia.

Infelizmente, esses ambientes de grande importância à manutenção do equilíbrio ecológico, e extremamente suscetíveis a alterações ambientais, são prejudicados pela utilização exaustiva de suas águas para a irrigação e dessedentação de animais na bacia do rio Paracatu (IGAM, 2006).

2.2 Ecologia da Paisagem

A paisagem é considerada uma organização espacial, levando em consideração processos tanto naturais quanto antrópicos. O termo “Ecologia da Paisagem” foi utilizado por Carl Troll, um biogeógrafo alemão em 1950, sob uma perspectiva focada nas interações do ser humano com os ambientes que o circundavam, possibilitando assim avanços na compreensão sobre os processos que gerariam os padrões espaciais observados nas paisagens atuais (BOSCOLO *et al.*, 2016).

Forman e Godron (1986) definem a Ecologia da Paisagem, dentro da abordagem ecológica, como o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos. Para Boscolo *et al.* (2016), o termo “heterogeneidade” possui muitos usos na Ecologia, mas uma ideia fundamental no contexto da Ecologia de Paisagens é que a heterogeneidade se refere à descontinuidade da distribuição espacial dos ambientes em certa região sob a percepção de um agente que possa interagir nessa variação. Já Naveh e Liberman (1994), citados por Abdala (2015), definem a ecologia da paisagem do ponto de vista geográfico, como uma ciência interdisciplinar que lida com interações entre a sociedade humana e seu espaço de vida natural construído.

Essa ciência aborda três principais características da paisagem, sendo elas: a estrutura, representada por meio das relações entre os diferentes ecossistemas ou em relação ao tamanho, forma, número, tipo e configuração; o funcionamento, que diz respeito aos fluxos de energia, matéria e espécies; e alterações as quais apresentam as modificações observadas na estrutura e funcionamento da paisagem (FORMAN e GODRON, 1986).

De acordo com Boscolo *et al.* (2016), a estrutura da paisagem consiste na informação resultante da interação entre configuração (organização espacial das diferentes unidades da paisagem) e composição (tipos de unidades que constituem certa paisagem) da paisagem e que descreve sua organização geral em função de suas características tanto espaciais quanto funcionais ligadas às espécies e processos ecológicos dependentes do arranjo espacial do ambiente. Weiss *et al.* (2015) afirmam que Metzger (2001) trata a estrutura da paisagem de

maneira simplificada, e afirma que ela é composta pelos elementos: fragmento, corredor e matriz.

Os fragmentos, também descritos como manchas, são os menores elementos observáveis, que se encontram estruturalmente isolados, considerados superfícies não lineares que estão embutidas na matriz e possuem características diferentes de seu entorno, variando em tamanho, forma, tipo de irregularidades e limites (FORMAN e GODRON, 1986).

Os corredores são representados por uma estrutura linear, que desempenha um papel importante na circulação de espécies, aumentando assim a diversidade (ABDALA, 2015). Para Boscolo *et al.* (2016) consistem em manchas de formato alongado, que pode ou não conectar estruturalmente duas ou mais manchas do mesmo tipo de ambiente. Metzger (1999) considera a manutenção e construção de corredores com vegetação nativa como uma forma de mitigar as perdas ocasionadas pela fragmentação, promovendo o fluxo gênico entre as manchas florestais e proporcionando um refúgio seguro para os animais.

A matriz representa o elemento que tem maior conectividade e extensão na paisagem e que tem maior influência no funcionamento de outros ecossistemas (ABDALA, 2015). Forman e Godron (1986) definem matrizes como componentes estendidos da paisagem, que inclui manchas e corredores, e desempenha um papel relevante no fluxo do ciclo energético das substâncias e no regime das espécies na paisagem. Boscolo *et al.* (2016) afirmam que a matriz é a unidade ocupa a maior área dentro de uma paisagem, sendo comum em regiões antropizadas; a matriz não natural (de origem antrópica, é inóspita à maioria das espécies existentes em uma região) ocupe a maior parte de uma paisagem, mas essa relação depende do tipo de ambiente e organismos considerados e nem sempre é verdadeira.

O conhecimento dos elementos ou componentes de uma paisagem é essencial para caracterizar sua estrutura e identificar os seus padrões. Nesse sentido, uma das formas de quantificação é por meio do uso das chamadas métricas da paisagem (ABDALA, 2015).

2.3 Fragmentação Florestal

Diante dos problemas ocasionados pela expansão das áreas pelas culturas temporárias e pelo desenvolvimento urbano, e com a diminuição das áreas de vegetação nativa, tem-se materializada a fragmentação florestal (PILI *et al.*, 2019).

A fragmentação florestal está diretamente relacionada à redução de habitats, sendo este um processo de perda de vegetação nativa, representada por porções descontínuas e menores

em um espaço geográfico (LUTHER *et al.*, 2020). Hunter e Gibbs (2007) definem a fragmentação florestal como a quebra gradual de uma paisagem natural em blocos de habitat menores. Para os autores, na definição clássica de fragmentação, manchas de habitat são cercadas por uma matriz de terras que são dominadas por atividades humanas, como terras agrícolas e centros urbanos.

Embora o processo de fragmentação seja reconhecido como um modificador da estrutura da paisagem, as consequências tendem a surgir à medida que a dinâmica de fragmentação ocorre, tais como: paisagem disposta em mosaicos de manchas florestas reduzidas, cercados por outras classes diferentes que não se somam à vegetação nativa da formação; isolamento de fragmentos, o que dificulta a manutenção da biodiversidade e resiliência dos fragmentos; perda de biodiversidade e qualidade do habitat, estando a riqueza do ambiente diretamente ligada à complexidade desses fragmentos (LARREY-LASSALE *et al.*, 2018; BOURGOIN *et al.*, 2020; PÜTTKER *et al.*, 2020).

Não há dúvidas que a fragmentação das paisagens em manchas de pequenos habitats ao longo do tempo é uma das principais causas da degradação do ecossistema e da perda de biodiversidade (MCMAHON, 2018). Hunter e Gibbs (2007) explicam que manchas de habitat maiores em um mosaico de paisagem são capazes de suportar populações estáveis de uma quantidade maior de espécies do que as pequenas manchas, pois apresentam maior variedade de ambientes que, por sua vez, suportam uma maior variedade de espécies.

Essa característica pode ser definida, no contexto da fragmentação de habitat, pela Teoria da Biogeografia de Ilhas, desenvolvida por MacArthur e Wilson em 1967, que explica as influências no tamanho do fragmento de habitat e no isolamento da composição de espécies. Segundo a teoria, a riqueza de espécies e a abundância individual diminuirão com o tamanho reduzido da mancha (FAHRIG, 2003).

Por outro lado, o conceito da Teoria da Dinâmica da Metapopulação, desenvolvida por Levins em 1969, explica a conectividade e intercâmbio entre populações espacialmente distribuídas. Animais e plantas de outros fragmentos podem migrar mais facilmente para reabastecer espécies em dificuldades ou em declínio se fragmentos de habitats semelhantes estiverem próximos e se as áreas intermediárias (habitat matriz) estiverem conectadas e permitirem o movimento (MCMAHON, 2018).

2.4 Métricas da paisagem

Uma forma de quantificar a estrutura da paisagem e seus elementos é por meio das métricas da paisagem, com auxílio dos Sistemas de Informação Geográfica e fórmulas matemáticas pertinentes à área da estatística, tornando possível a interpretação dos processos funcionais da paisagem e das mudanças nos padrões espaciais, identificando características distintas formadoras da paisagem (YU *et al.*, 2019; TEIXIDO *et al.*, 2020).

De acordo com Formam (1995) e Metzger (2001), citados por Weiss *et al.* (2015), as métricas são constituídas por índices de estrutura da paisagem que tornam possível quantificar os padrões espaciais das áreas vegetadas. E ainda, para Weiss *et al.* (2015), o uso delas permite a identificação dos fragmentos que apresentam maior importância ecológica ou ainda que tenham localização estratégica à conservação de uma área.

São diversas as dimensões para a avaliação da situação da fragmentação florestal, discutindo atributos como: área, borda, conectividade, forma e tamanho da mancha. Dentro de tais dimensões, diferentes índices são abordados para avaliação de resultados e tomadas de decisões de conservação ambiental (FRANÇA *et al.*, 2020). Pela grande variedade de índices de métricas existentes, diferentes autores agrupam os índices em categorias, como índices de área; índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica dos fragmentos; índices de forma; índices de borda e índices de proximidade (ABDALA, 2015).

2.4.1 Área dos fragmentos

A fragmentação da paisagem gera mosaicos de vegetação nativa estruturados em unidades de diferentes áreas e formas (FERREIRA e AZEVEDO, 2003). As métricas de área, de maneira geral, são a base do conhecimento da paisagem, uma vez que elas são utilizadas para o cálculo de outras métricas e ainda quantificam a composição da paisagem, porém não sua configuração (PEREIRA *et al.*, 2001).

Viana (1990) citado por Abdala (2015), afirma que a área de um determinado fragmento apresenta correlação com a diversidade biológica e a dinâmica da vegetação. Considerando que em fragmentos menores há maior influência dos fatores externos, a dinâmica do ecossistema é afetada, ao passo que, quanto maior o fragmento, maior sua área interior e esta é menos afetada pelas mudanças ambientais que estão relacionadas à borda deste fragmento.

Por diminuir o tamanho das populações, a redução de área do fragmento pode diminuir a viabilidade genética de algumas populações, podendo levar até a extinção local das mesmas (COLLI *et al.*, 2005). A população diminui devido efeitos diretos da perda de habitat, ou ainda, por efeitos indiretos como interações que são modificadas devido ao isolamento do habitat (MULLU, 2016).

De acordo com Groom e Schumaker (1993) citados por Mullu (2016), o tamanho e a forma interagem para influenciar a quantidade de área interna remanescente em um fragmento de habitat específico. Considerando dois fragmentos de áreas iguais, aquele com forma mais próxima à circular apresenta menor relação perímetro/área e ~~logo~~, menor proporção de borda. Por outro lado, fragmentos de formas irregulares, como aqueles alongados e muito recortados, apresentam maior relação perímetro/área, tendo maior proporção de borda (SARCINELLI, 2016).

2.4.2 Densidade e tamanho dos fragmentos

A densidade e o tamanho dos fragmentos são de extrema importância por caracterizarem os fragmentos e permitirem que os ordene por grau de fragmentação, heterogeneidade de fragmentos ou outros aspectos relacionados aos fragmentos na paisagem (VOLOTÃO, 1998).

Frequentemente, são consideradas como métricas que representam a configuração da paisagem, mesmo que não sejam medidas espacialmente explícitas (MCGARIGAL e MARKS, 1995). Como exemplo desses índices têm-se: o número de fragmentos, o tamanho médio dos fragmentos em classes, o desvio padrão e o coeficiente de variação do tamanho.

2.4.3 Borda dos fragmentos

Assim como a degradação dos habitats e a diminuição da biodiversidade, na fragmentação florestal, ainda ocorre a exposição do fragmento impactado à um efeito de borda acentuado e que intensifica os efeitos negativos. Este efeito, está relacionado à complexidade da forma do fragmento e ocorre nos limites de transição entre a floresta e o mosaico matricial, se acentuando em manchas de áreas menores (SANTOS *et al.*, 2017).

O termo efeito de borda é, por definição, uma coleção de diferentes fenômenos, sendo as porções de um fragmento que são alteradas por condições externas, pois estas bordas são

locais onde ocorrem interações intensas com a matriz circundante que influenciam essas unidades bióticas delimitadas (WALLACE *et al.*, 1997; LIDICKER e PETERSON, 1999).

Assim, efeito de borda é um termo geral usado para descrever vários impactos que podem ser categorizados em vários tipos: físicos (por exemplo, mudanças microclimáticas), impactos biológicos diretos (mudanças na composição, abundância e distribuição de espécies) e impactos biológicos indiretos (mudanças nas interações das espécies, como predação, competição, polinização e dispersão de sementes). Além disso, muitos dos efeitos da fragmentação são sinérgicos; por exemplo, a fragmentação pode aumentar o risco de incêndio, aumentar a vulnerabilidade a espécies invasoras ou aumentar a pressão de caça (HOBBS, 2001).

As métricas de borda, assim como as de área, representam a configuração da paisagem, ainda que elas não sejam medidas espacialmente explícitas. A quantidade de bordas de uma paisagem é importante para muitos fenômenos ecológicos, assim como para determinar a perda líquida de espécies vegetais e animais nas áreas de borda (PEREIRA *et al.*, 2001).

Sendo assim, este é um fator essencial para a análise da vulnerabilidade dos fragmentos, e quanto maior a distância entre a borda e o centro do fragmento, maior será a proteção das espécies que habitam no interior do mesmo. Ainda, o aumento na proporção das bordas eleva a temperatura do ar e o déficit de pressão de vapor, adentrando por muitos metros o fragmento, processo esse que promove mudanças no equilíbrio do ambiente, alterando as relações ecológicas entre populações (MISSIO *et al.*, 2004; RIBEIRO E MARQUES, 2005).

2.4.4 Forma dos fragmentos

A interação entre a forma e o tamanho da mancha pode influenciar em processos ecológicos, sobretudo o efeito de borda que é acentuado em manchas com formas mais irregulares (PEREIRA *et al.*, 2001). A forma geométrica de um fragmento influencia ainda a extensão em que os efeitos de borda se espalham no interior do habitat. Essa forma é resultado da relação entre perímetro e área, e quanto menor for essa relação, menor será a borda e vice-versa (GROOM E SCHUMAKER, 1993 *apud* MULLU, 2016)

O valor do índice de forma apresenta relação inversamente proporcional ao efeito de borda, sendo que a forma serve como um parâmetro de seleção de áreas prioritárias para a conservação. Assim, considera-se que todos os fragmentos com fator de forma próximos de 1

são prioritários à conservação. Porém, este critério não deve ser utilizado de maneira isolada, pois informações sobre espécies e diversidade devem ser consideradas (ABDALA, 2015).

Para Abdala (2015), o índice de forma média expressa a forma média dos fragmentos da classe avaliada, em função da razão média perímetro/área de seus fragmentos, comparada a uma forma padrão. Quando se utiliza o formato vetorial ou de polígono para os mapas, a forma padrão é representada por um círculo, quando se utiliza o formato *raster* para os mapas, essa forma padrão se constitui em um quadrado. Dessa maneira, o índice de forma médio é igual a 1 quando todas as manchas ou fragmentos forem circulares (para polígonos) ou quadrados (para *raster*) e aumenta de acordo com o crescimento da irregularidade de forma.

2.4.5 Isolamento e conectividade dos fragmentos

O isolamento de populações ocorre quando há um bloqueio parcial ou total de troca de genes entre elas, esse bloqueio pode ocorrer de forma reprodutiva, quando aparecem indivíduos na população que, por mutação ou recombinação de genes, sofre uma alteração biológica ou bioquímica na reprodução; ou ainda, pode ser o isolamento geográfico, que ocorre por meio de barreiras geográficas impedindo progressivamente o fluxo gênico entre as populações, é o que ocorre com a fragmentação florestal (SALGADO-LABOURIAU, 1994).

De maneira geral, a similaridade de flora e fauna tende a ser maior entre os fragmentos mais próximos do que entre fragmentos isolados. Alguns autores, como Harris (1994) citado por Sarcinelli (2016), afirmam que além da distância, a permeabilidade da matriz e o grau de conexão ou troca genética entre os fragmentos também determinam o grau de isolamento.

Korman (2003) destaca as principais razões do isolamento de fragmentos provocar o declínio ou extinção local das populações, como a necessidade de mais de um local para desenvolver suas atividades; indisponibilidade de recursos em um só local dentro da paisagem; necessidade de diferentes locais para sobrevivência devido as variações climáticas; e dificuldade de movimentação entre os fragmentos. Assim, fragmentos isolados perdem a capacidade de manter em seu interior uma população apta a sobreviver, ameaçando a manutenção da biodiversidade (HARRIS, 1984 *apud*: SARCINELLI, 2016).

Contudo, as conexões da paisagem desempenham um papel fundamental na dinâmica ecológica dos habitats, sendo assim a existência destas podem facilitar a movimentação de indivíduos (MULLU, 2016). Colli *et al.* (2005) apontam a criação de corredores ecológicos e a diminuição da distância entre os fragmentos como medidas que podem proporcionar uma maior conectividade entre os fragmentos de mata isolados.

Segundo Mullu (2016), no contexto de estudos ecológicos de fragmentação de habitat, o termo corredor geralmente se refere a um elemento linear da paisagem composto por vegetação nativa que une manchas de vegetação similar. Sugere-se que corredores vegetados entre os remanescentes de vegetação isolados amenize os efeitos negativos da fragmentação dos habitats, mantendo a conectividade da paisagem, que podem facilitar o movimento de plantas e animais entre os habitats, permitindo que mais espécies existam e as populações persistam por mais tempo (LINDENMAYER e NIX, 1983 *apud*: MULLU, 2016).

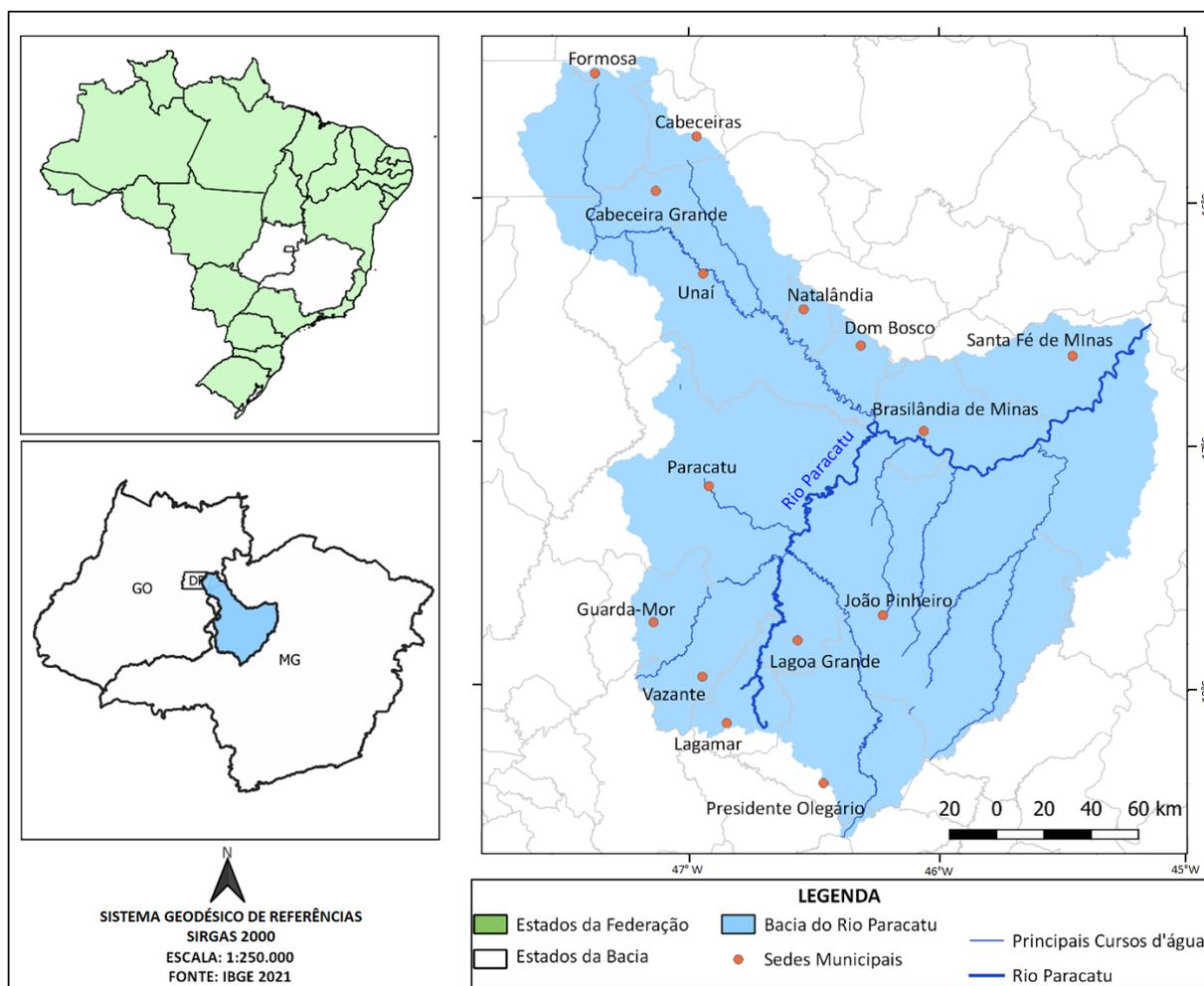
O cálculo dos índices de proximidade entre esses fragmentos é importante para a dinâmica ecológica, e tem implícito em seus valores o grau de isolamento dos fragmentos (VOLOTÃO, 1998). A dificuldade de movimentação dos organismos entre fragmentos é proporcional ao grau de isolamento e ao nível de resistência da matriz circundante e do nível da espécie em questão (MMA/SBF, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia do Rio Paracatu (BRP) é uma importante sub-bacia do rio São Francisco, situada quase em sua totalidade na região Noroeste do estado de Minas Gerais, na porção do Médio São Francisco, os paralelos 15° 30' e 19° 30' de latitude sul e os meridianos 45° 10' e 47° 30' de longitude oeste. Apresenta uma área de aproximadamente 45.000 km², abrangendo uma ampla região geográfica com pequenas áreas adentrando no Estado de Goiás e no Distrito Federal.

FIGURA 2. Mapa de localização da Bacia do Rio Paracatu.



Fonte: Autora, 2023.

Em sua extensão, a bacia abrange os municípios mineiros de Paracatu, Guarda-Mor, Lagamar, Presidente Olegário, Buritizeiro, Santa Fé de Minas, Dom Bosco, Unaí, Cabeceira Grande, Natalândia, Brasilândia de Minas, João Pinheiro, São Gonçalo do Abaeté; municípios

goianos de Cristalina, Formosa, Cabeceiras; e o Distrito Federal. Sendo que suas principais sub-bacias incluem a do Ribeirão entre Ribeiros, do rio Preto, do rio do Sono, do rio Escuro e do rio da Prata (MELO e ASSUNÇÃO, 2011).

De acordo com a classificação climática de Koeppen, o clima da região da bacia é do tipo Aw, tratando-se de um clima tropical chuvoso típico, com temperaturas elevadas (IGAM, 2006). Ainda, segundo o IGAM, 92% da área de drenagem da bacia pertence ao Estado de Minas Gerais; os outros 8% estão divididos entre o Estado de Goiás e o Distrito Federal, com 5% e 3%, respectivamente.

A bacia se encontra sobre o bioma Cerrado com diversos tipos de vegetação existentes, dentre eles se destacam: as veredas, cerradão, campo cerrado e parque de cerrado. Também estão presentes na sub-bacia, ecossistemas de mata ciliar e mata seca bem como sistemas hidromórficos como lagoas marginais e campos (CETEC-MG, 1989 e RURALMINAS, 1996 *apud* VASCONCELOS *et al.*, 2012).

Segundo o Plano Diretor da Bacia do Rio Paracatu (IGAM, 2006), a região apresenta três unidades geomorfológicas: Depressão Sanfranciscana, Planalto do São Francisco e Cristas de Unaí. Quanto à geologia, a bacia é constituída por rochas pré-cambrianas, depósitos sedimentares da idade cretácea, com sedimentos e coberturas detríticas do terciário e quaternário (IGAM, 2006).

Devido sua grande extensão, a bacia em estudo apresenta solos bastante diversificados como Latossolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos litólicos e Cambissolos, assim, os usos do solo e da cobertura vegetal são os mais variados (IGAM, 2006). Um exemplo disso, é a Região Noroeste de Minas, onde se encontra a maior porção da bacia, que apresenta um processo de ocupação bastante antigo, destacando-se as cidades de Unaí e Paracatu, que apresentam extensas áreas agrícolas, além de atividades industriais e de mineração (MELO e ASSUNÇÃO, 2011).

3.2 Uso da Terra e Mapeamento dos Fragmentos Florestais

Para a realização deste estudo foram utilizados dados das bases cartográficas de 2021 de Bacias Hidrográficas do Brasil (BHB250), fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, disponível no link <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais>>, que auxiliaram na delimitação da Bacia hidrográfica do Rio Paracatu.

Após a delimitação da bacia, foi realizado o mapeamento de uso e ocupação do solo e dos fragmentos florestais pela extensão da bacia hidrográfica, por meio das imagens disponíveis na plataforma de mapas e dados do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomias).

O MapBiomias é um projeto produzido por uma rede colaborativa formada por ONGs, universidades e empresas de tecnologia, que disponibilizam informações técnicas sobre a cobertura do solo da terra, tornando possível buscar a conservação e manejo correto dos recursos. A plataforma utiliza classificação pixel a pixel de imagens de satélites Landsat com resolução de 30 metros, para criar os mapas anuais de cobertura e uso da terra, com o auxílio da plataforma Google Earth Engine.

Para análise dos dados utilizou-se a Coleção 7 de dados do MapBiomias, que disponibiliza dados de 1985 a 2021. Foram avaliados os dados referentes aos anos 1990, 2000, 2010 e 2020. Considerou-se um período de intervalo de 10 anos entre os dados avaliados por se tratar de um intervalo de tempo em que podem ocorrer alterações significativas na paisagem. O processamento desses dados foi realizado em ambiente de Sistema de Informação Geográfica - SIG, utilizando recursos do *software* livre QGIS versão 3.22.

A partir dos dados de uso e ocupação do solo do MapBiomias, foram identificadas as classes de uso da terra presentes na área da bacia. Os dados foram reclassificados (fez-se a junção de dados pertencentes a uma mesma classe) para cada década estudada, seguindo as legendas de nível 2 da própria base de dados, sendo elas: Formação Florestal, Formação Savânica, Campo Alagado e Área Pantanosa, Formação Campestre, Afloramento Rochoso, Pastagem, Agricultura, Mosaico de Usos (pastagem e agricultura), Silvicultura, Mineração, Área Urbana, Outras Áreas não Vegetadas e Rios e lagos.

A TABELA 2 apresenta a descrição das 13 classes de nível 2 utilizadas e o grande grupo a que pertencem. Além disso, o arquivo *raster* de uso e ocupação do solo foi transformado em imagem vetorial tornando possível o cálculo dos dados de área em km² e a porcentagem que cada uma das classes existentes na área de estudo ocupa em relação a área total, e ainda foram elaborados os mapas de uso e ocupação do solo com melhor definição.

TABELA 2. Classes de uso e ocupação do solo utilizadas para cada ano de estudo.

Grande Grupo	Classes Utilizadas	Siglas	Descrição
FLORESTA	Formação Florestal	FF	Incluem tipos de vegetação que apresentam predominância de espécies arbóreas com formação de dossel contínuo, como Mata ciliar, Mata de Galeria, Mata seca e Cerradão.
	Formação Savânica	FS	Formações com estrato arbóreo e arbustivo-herbáceo bem definidos, como Cerrado sentido restrito, cerrado ralo, cerrado denso, cerrado típico e cerrado rupestre.
FORMAÇÃO NATURAL NÃO FLORESTAL	Formação campestre	FC	Formações campestres com predominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) e algumas áreas de formações savânicas como o Cerrado rupestre.
	Campo alagado e Área pantanosa	CAAP	Vegetação com predomínio de estrato herbáceo sujeito ao alagamento sazonal ou sobre influência fluvial, como Campo úmido, Brejo, Parque Cerrado, Veredas e Palmeiral.
	Afloramento Rochoso	AR	Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupestre e alta declividade.
AGROPECUÁRIA	Pastagem	PAST	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.
	Agricultura	AGR	Áreas com cultivos de lavouras temporárias e perenes, como soja, cana, algodão, café, citrus, entre outros.
	Silvicultura	SILV	Consiste em espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária).
	Mosaico de Usos	MU	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
ÁREA NÃO VEGETADA	Mineração	M	Áreas referentes a extração mineral de porte industrial ou artesanal (garimpos), havendo clara exposição do solo por ação antrópica.
	Área Urbana	AU	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
	Outras áreas Não Vegetadas	ONV	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes e regiões de solo exposto em área natural ou em áreas de cultura em entressafra.
CORPO D'ÁGUA	Rios e Lagos	RL	Rios, lagos, represas, lagos artificiais, reservatórios e outros corpos d'água.

Fonte: Adaptado de MapBiomias, 2022.

3.3 Cálculo das métricas da paisagem e análise dos dados

A partir dos dados *raster* de uso e ocupação do solo de cada ano estudado (1990, 2000, 2010 e 2020), as classes de vegetação: Formação Florestal e Formação Savânica foram isoladas e definidas como uma camada única, a classe Floresta. Com o intuito de se obter as estatísticas da paisagem, foram aplicadas as métricas de ecologia da paisagem sob a nova classe.

As métricas foram produzidas utilizando o plugin LECOS (*Landscape ecology statistics*) do *software* livre QGIS versão 3.22, que utiliza bibliotecas de código aberto para efetuar cálculos das funções de análises métricas, valendo-se das manchas identificadas na imagem. Para o cálculo das métricas da paisagem foram selecionados os índices que possibilitaram quantificar os elementos da paisagem, seguindo a classificação de MacGarigal e Marks (1995), porém adaptando-as para serem aplicadas no software QGIS.

Foram selecionados um conjunto de estatísticas observando a dinâmica da região estudada, com o intuito de realizar a análise de área: borda, densidade, forma e proximidade desses fragmentos, pois essas são características de grande importância para entender a dinâmica e o impacto da fragmentação ao longo dos anos. Assim as métricas selecionadas são: Área da Classe, Proporção da Classe, Comprimento Total de Bordas, Densidade de Bordas, Número de Fragmentos, Área de Fragmento Média, Índice de Forma Médio e Porcentagem de Manchas Conectadas (TABELA 3).

As métricas Área da Classe, Área de Fragmento Média, Comprimento Total de Bordas e Densidade de Bordas são dadas em metros (m), mas foram convertidas para quilômetros (km) com o propósito de expressão do resultado.

TABELA 3. Índices de ecologia da paisagem gerados para os fragmentos florestais.

Métrica	Sigla	Grupo (unidade)	Descrição
Área da classe (<i>Land Cover</i>)	LAND	Área (m ²)	Conta o número de células por classe e multiplica pelo tamanho da célula.
Proporção da Classe (<i>Landscape Proportion</i>)	PLAND	Área (%)	Mostra a porcentagem ocupada pela classe dentro da área determinada.
Comprimento Total de Bordas (<i>Total Edge Length</i>)	TE	Borda (m)	Extremidade total de todas as manchas, sendo a soma de perímetro de todas as manchas.
Número de Fragmentos (<i>Number of Patcher</i>)	NUMP	Densidade (adm.)	Corresponde ao número total de fragmentos de cada tipo de classe.
Área de Fragmento Média (<i>Mean Patch Area</i>)	MPS	Densidade (m ²)	Corresponde à área média dos fragmentos de cada classe.
Índice de Forma Médio (<i>Mean shape index</i>)	MSI	Forma (adm.)	A razão entre o perímetro e a área dos fragmentos de cada classe.
Porcentagem de Manchas Conectadas (<i>Percentage of like Adjacencies</i>)	PLADJ	Proximidade (%)	Porcentagem do grau de conectividade de células da mesma classe.

Fonte: Adaptado de McGarigal e Marks (1995).

Ainda, para complementar as análises métricas e de uso da terra, realizou-se uma análise do relevo da área da BRP. Com o intuito de se obter a relação dos fragmentos e da degradação existente com os níveis do terreno. O mapa de relevo da bacia foi gerado a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizado pelo projeto “Brasil em Relevo”.

Esse projeto é coordenado pela Embrapa Territorial, disponibiliza mosaicos de SRTM, do projeto da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), adaptados para análise de paisagens de todo o Brasil, cujo propósito é atuar na produção de um banco de dados digital.

A partir do MDE, foi extraída a declividade, correspondente ao ângulo de inclinação da superfície, que é expressa como a mudança de elevação sobre certa distância. Esta camada foi elaborada em porcentagem e as classes foram separadas em seis intervalos, de acordo com a classificação da EMBRAPA, descritas na TABELA 4.

TABELA 4. Classificação do relevo.

Declividade %	Classificação do Relevo
0 a 3	Plano
3 a 8	Suave Ondulado
8 a 20	Ondulado
20 a 45	Forte Ondulado
45 a 75	Montanhoso
>75	Escarpado

Fonte: CALDERANO FILHO, 2003.

Devido à grande extensão territorial da BRP, esta foi dividida em 4 regiões com o intuito de identificar as particularidades e causas da degradação nas diferentes regiões da bacia. Essa análise consistiu na divisão da área da Bacia em microrregiões, seguindo a base de dados das microrregiões de Minas Gerais disponibilizadas pelo IBGE, que dividem a área em: Microrregião Unaí, Microrregião Pirapora e Microrregião Paracatu. A Região da bacia que se situa no estado de Goiás e Distrito Federal foi considerada como uma microrregião. Estas estão descritas na TABELA 5 e ilustradas na FIGURA 3.

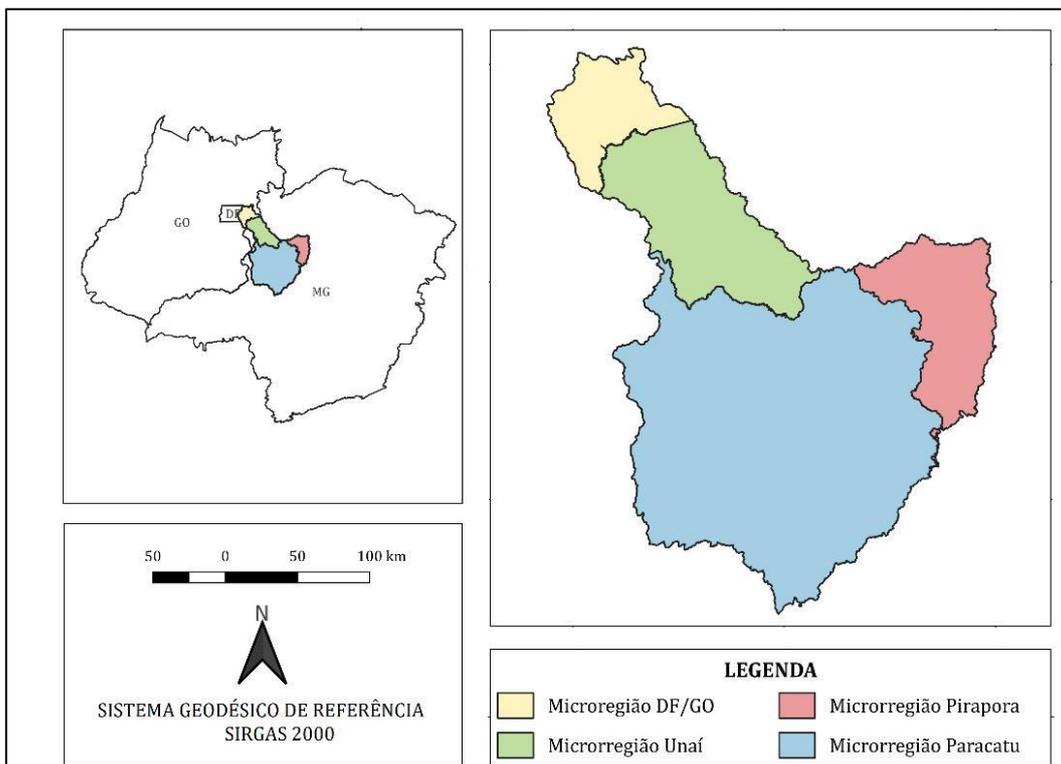
TABELA 5. Microrregiões analisadas na BRP.

	Microrregião
A1	DF/GO
A2	Unai
A3	Pirapora
A4	Paracatu

Fonte: Autora, 2023.

As 4 microrregiões delimitadas dentro da BRP foram separadas e analisadas individualmente, e para cada uma delas foram gerados os mesmos dados analisados anteriormente, sendo eles as classes de uso e ocupação existentes em cada microrregião, dados de área dessas classes de uso da terra, além do cálculo das métricas da paisagem para todos os anos de estudo.

FIGURA 3. Microrregiões analisadas na BRP.



Fonte: Autora, 2023.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

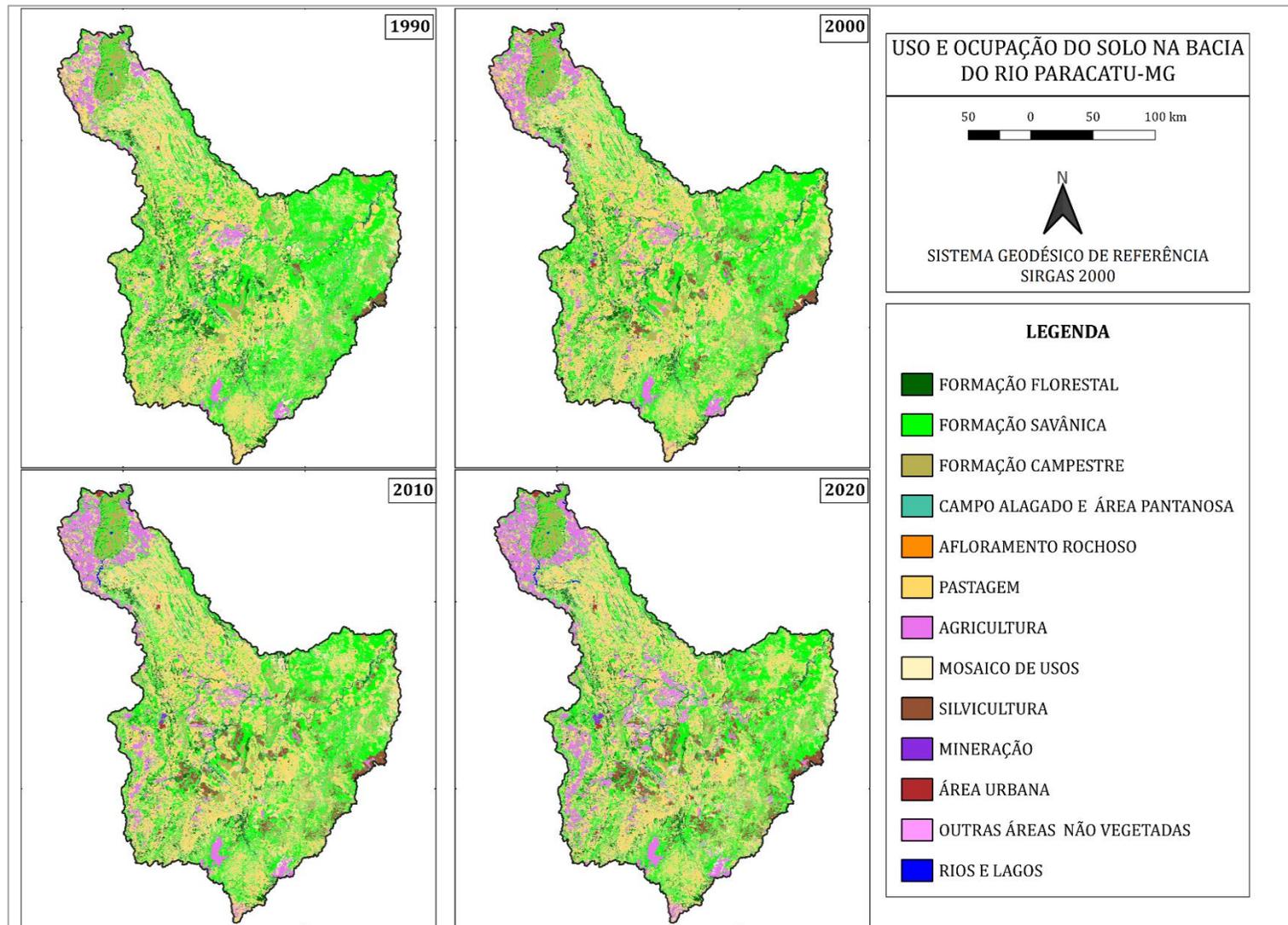
Verificou-se visualmente que no ano 1990 a classe Formação Savânica era predominante (FIGURA 4). Nota-se ainda, que as classes de uso antrópico, como Agricultura, Silvicultura, Mineração e Área Urbana não se destacam visivelmente neste ano, porém o mesmo não ocorre com a classe Pastagem, que se destaca por toda a região da BRP. Do ano 2000 até 2020 é possível observar uma diminuição nas classes de floresta (Formação Florestal e Formação Savânica) e um crescimento acentuado nas demais classes, principalmente de Pastagem, Agricultura e Silvicultura.

Esses resultados podem ser comprovados através dos dados da TABELA 6, que apresentam os valores de área em km² e a porcentagem que cada classe ocupa na BRP para os anos estudados. Como pode ser observado, no ano de 1990 a classe Formação Savânica (FS) representa o elemento matriz da paisagem, ocupando 35,79% o que equivale a 16.120,613 km² da área total da BRP, seguida da classe Pastagem (PAST) que ocupa 30,38% da área total. Este cenário muda ao longo dos anos subsequentes onde a classe FS diminui gradativamente passando a ocupar 29,35% do território total da BRP no ano de 2020, sendo quase o equivalente ao ocupado pela classe PAST (29,18%). Ao longo dos 30 anos de estudo a FS apresentou uma perda de vegetação de 6,44%, sendo que o intervalo do ano 2010 para 2020 foi o que apresentou menor perda.

Observa-se que as classes FF e FC (Formação Florestal e Formação Campestre) ocupam um pequeno percentual da área da bacia, com 9,64% e 8,86% respectivamente no ano de 1990. Para o mesmo ano, esse percentual é ainda menor se tratando das classes CAAP e AR (Campo Alagado e Área Pantanosa, e Afloramento Rochoso). Esses índices diminuem ao longo dos anos e as classes FF e FC chegam a representar 8,49% (FF) e 7,69% (FC), no ano de 2020. O mesmo não ocorre com a classe CAAP que aumenta ao longo dos nos estudados. Por outro lado, a classe AR não sofre alteração ao longo dos anos.

A classe PAST (Pastagem) que ocupa 30,38% do território no ano de 1990, cresce consideravelmente no ano 2000 (33,25%), porém a partir de 2010 a classe passa a diminuir. Segundo CETEC-MG (1981), citado por Vasconcelos (2012), até 1975 já predominava na BRP uma região conhecida como Sertões, ou seja, uma porção com vastas áreas utilizadas para pecuária extensiva de baixa tecnologia em pastagens naturais, o que explica a grande proporção ocupada pela classe PAST já em 1990.

FIGURA 4. Uso e Ocupação do Solo dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.



Fonte: Autora, 2023.

TABELA 6. Dados de Uso e Ocupação do Solo dos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.

ANO	ÁREA	CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO												
		FF	FS	FC	CAAP	AR	PAST	AGR	MU	SILV	M	AU	ONV	RL
1990	km2	4.341,1	16.120,6	3.990,2	439,7	8,2	13.683,9	1.741,6	3.727,3	406,2	9,3	48,2	262,8	265,1
	%	9,64	35,79	8,86	0,98	0,02	30,38	3,87	8,27	0,90	0,02	0,11	0,58	0,59
2000	km2	3.940,6	14.349,6	3.892,3	474,2	8,2	14.976,1	2.589,0	3.150,6	406,2	17,5	83,8	236,2	185,8
	%	8,75	31,86	8,64	1,05	0,02	33,25	5,75	7,0	2,52	0,04	0,19	0,52	0,41
2010	km2	3.809,5	13.439,1	3.817,2	510,3	8,2	14.418,1	3.564,9	3.402,9	1.537,3	26,2	100,4	191,5	215,4
	%	8,46	29,84	8,47	1,13	0,02	32,01	7,91	7,56	3,41	0,06	0,22	0,43	0,48
2020	km2	3.824,3	13.220,5	3.461,5	528,9	8,2	13.143,1	4.855,9	3.357,1	2.101,7	46,3	118,7	182,5	191,6
	%	8,49	29,35	7,69	1,17	0,02	29,18	10,78	7,45	4,67	0,10	0,26	0,41	0,43

Fonte: Autora, 2023. Legenda: FF: Formação Florestal; FS: Formação Savânica; CAAP: Campo Alagado e Área Pantanosa; FC: Formação Campestre; AR: Afloramento Rochoso; PAST: Pastagem; AGR: Agricultura; MU: Mosaico de Usos; SILV: Silvicultura; M: Mineração; AU: Área Urbana; ONV: Outras áreas Não Vegetadas; RL: Rios e Lagos.

Por outro lado, a classe AGR (Agricultura) que em 1990 apresenta uma pequena proporção de cobertura da bacia 3,87% aumentam ao longo dos anos e passa a ocupar 10,78% da BRP em 2020. As áreas em que não foi possível reconhecer entre agricultura e pastagem, correspondente a classe Mosaico de Usos passa por poucas alterações durante os anos estudados.

A partir de 2001, com as mudanças do cenário econômico e os incentivos governamentais, a expansão agrícola se tornou mais favorável na região. Segundo Vasconcelos (2012), a área plantada de agricultura na região Noroeste de Minas apresentou um crescimento de 250.000 ha (70%) de 1996 até 2005. Com o avanço das tecnologias de irrigação e mecanização agrícola, a pecuária foi perdendo cada vez mais espaço para o crescimento da agricultura, partindo do extremo leste da Bacia, até ocupar praticamente toda a metade leste. Destaca-se que desde 2011 a Região Noroeste de Minas, ressalta-se como a principal produtora de grãos do estado de Minas.

Analisando-se toda a área da BRP, nota-se que os usos do solo em 1990 voltados para atividades de Silvicultura (Floresta Plantada) e Mineração apresentam baixos índices. A classe de uso SILV cresce durante os anos e passa a ocupar 4,67% (2.101,7 km²) em 2020. Ainda, a classe M apresenta-se crescente ao longo dos anos, passando a representar 0,1% (46,3 km²) da área total da BRP, o que representa um crescimento de 37 km² durante 30 anos.

Apesar do crescimento da classe SILV ter apresentado baixos índices diante do vasto território da BRP, é importante destacar que nas últimas décadas houve um aumento da atividade florestal em larga escala em todo país, principalmente no estado de Minas Gerais. Observa-se na FIGURA 4 que a classe SILV apresenta crescimento sob áreas que antes eram identificadas como PAST, porém na porção central da bacia é possível observar crescimento sob área de FS e FF, indicando que houve degradação nessas regiões.

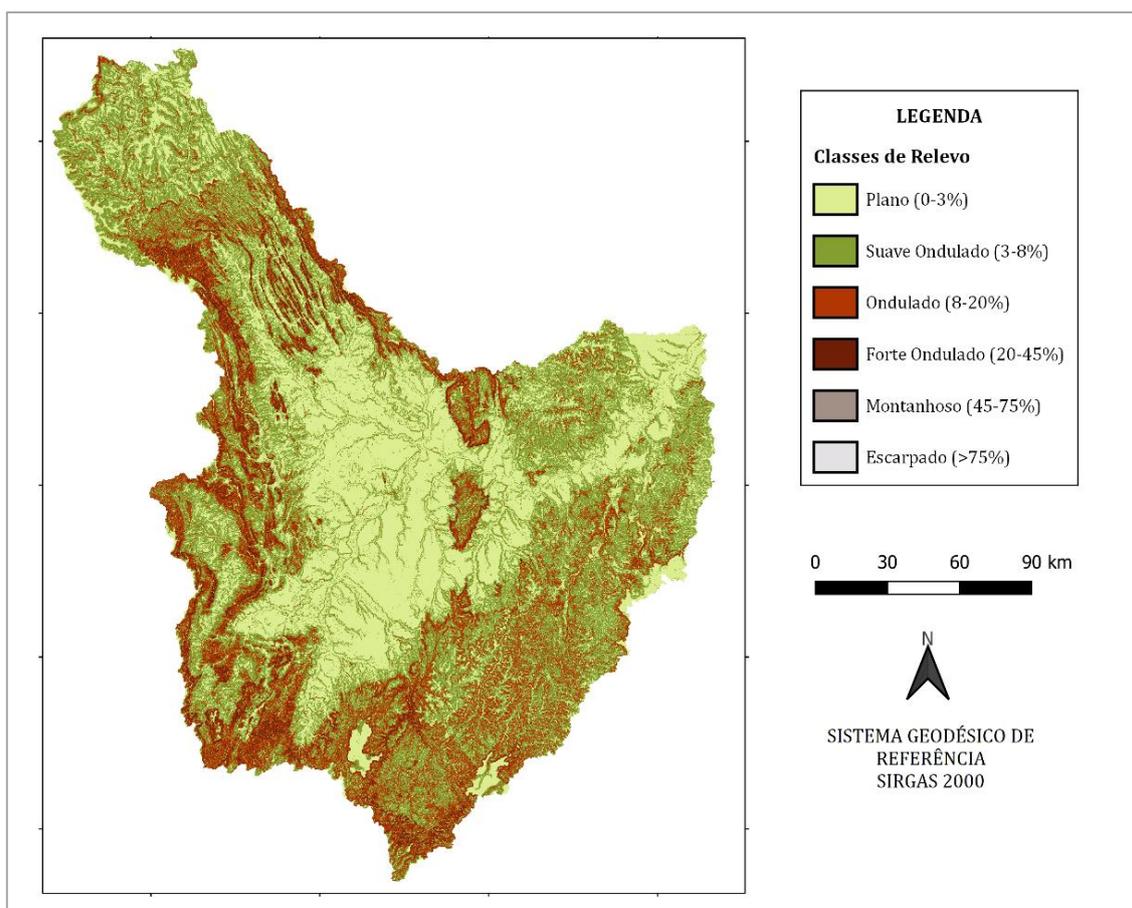
Uma classe que também apresenta crescimento é a classe AU (Área Urbana), a classe ONV apresenta perda ao longo dos anos. Já a classe referente aos Rios e Lagos (RL) diminui de 0,59% em 1990 para 0,41%, em 2000; posteriormente volta a apresentar acréscimo em 2010 com 0,48% e regressa para 0,43%, em 2020. Os anos de 1996 e 1998 foram de conflito pelo uso da água na BRP, esses conflitos tendem a ocorrer quando há grandes estiagens porque ocorre a baixa na vazão dos rios (CARVALHO *et al.*, 2004; LATUF, 2007).

Além disso, períodos de grandes estiagens também foram registrados na bacia nos anos de 2013 e 2017 em que diversas nascentes se esgotaram, alguns córregos se tornaram intermitentes e até mesmo grandes rios, como o Rio Paracatu, sofreram com a escassez,

atingindo diversas cidades do Noroeste de Minas. Períodos como esses de escassez associados a demanda de uso intenso da água para irrigação implica diversos impactos negativos ao ambiente do entorno. Vasconcelos (2010) enfatiza a ocorrência de alguns processos na BRP de 1975 a 2008, e destaca dentre eles a diminuição das áreas alagadas, pela drenagem para agricultura tradicional e irrigada, especialmente nas áreas de baixada da bacia.

É interessante observar ainda que na BRP foram identificadas regiões que apresentam relevo ondulado (declividade de 8 a 20%) e fortemente ondulado (declividade de 20 a 45%), concentradas principalmente nas regiões mais externas, como pode ser observado na FIGURA 5. Numa região mais central, a bacia apresenta uma grande região de relevo plano (0 a 3% de declividade). Nas regiões mais ao norte da bacia, onde se situam a Microrregião DF/GO e a Microrregião Pirapora predominam a presença de relevo suave ondulado (3 a 8% de declividade) e plano.

FIGURA 5. Mapa de relevo da BRP.



Fonte: Autora, 2023.

Nota-se ainda, em uma comparação entre as classes de relevo e o uso e ocupação do solo na bacia, que nessas regiões onde o relevo é plano e suave ondulado ocorre maior desenvolvimento de classes de uso antrópico, como Pastagem, Agricultura e Silvicultura, enquanto nas regiões onde ocorre relevo forte ondulado, há maior predominância de classes florestais, como Formação Savânica e Formação Florestal. Isso comprova que os níveis do terreno exercem influência no comportamento da ocupação do solo na região.

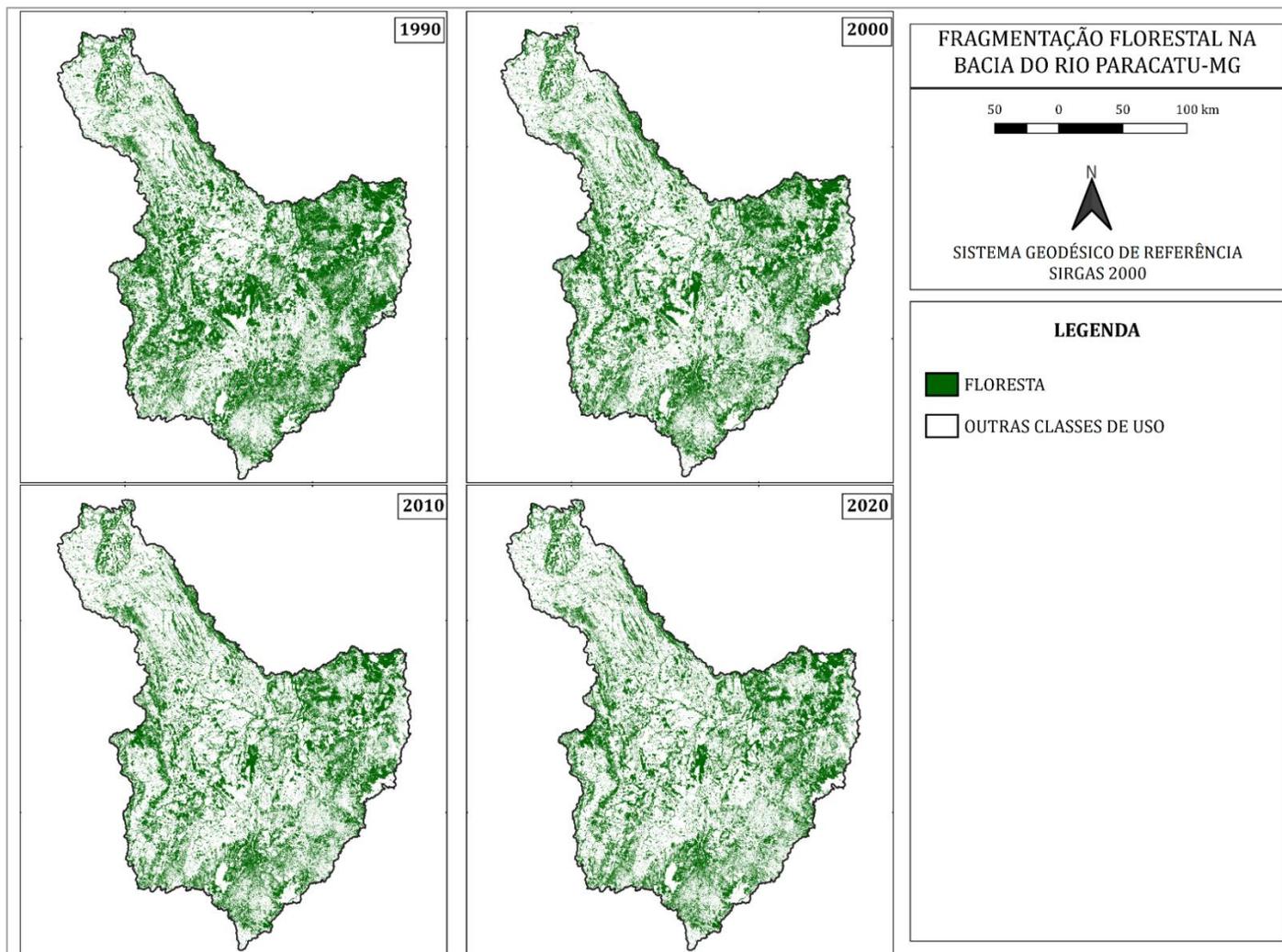
Destacam-se estudos a respeito da degradação nas bacias hidrográficas que mostram o aumento de usos antrópicos do solo, como Silvicultura, Mineração e Pastagem. Da Silva Mendes e Da Costa (2022), em um estudo sobre a evolução temporal espacial do uso e ocupação da terra na Bacia do Alto Rio das Velhas, entre os anos de 1985 e 2019, notaram um aumento de 299,30% na classe Floresta Plantada (Silvicultura). Lemos (2018), analisando bacias do entorno da BRP, observou crescimento na infraestrutura urbana ao longo dos anos e o aumento das atividades minerárias.

Mata *et al.* (2007) em estudo na bacia do Rio Urucuia, constataram que, entre os anos de 1987 e 2007, houve uma perceptível mudança no padrão de uso da terra, com o aumento de áreas destinadas a uso agrícola provocando a diminuição de áreas de vegetação preservada. Da Silva e De Oliveira Ferreira (2019), identificaram uma perda de vegetação natural na bacia do Rio Paranaíba de aproximadamente 21% entre 1985 e 2003. Todavia, no período de 2003 a 2013 teve um acréscimo de 9%, justificado pela criação de unidades de conservação e implantação de políticas conservacionistas.

A análise da fragmentação florestal na BRP, pode ser visualizada na FIGURA 6, e se percebe que a classe de Floresta, se mostrou intensamente fragmentada ao longo dos anos. Ainda, por meio da análise quantitativa das métricas da paisagem (TABELA 7), é possível identificar como o processo de fragmentação das florestas se acentuou nos períodos analisados. Foram encontrados 48.712 (NUMP) fragmentos florestais na área da bacia em 1990, e nas décadas subsequentes o número de fragmentos foi cada vez maior, apresentando 48.178 fragmentos em 2000, 49.034 em 2010 e 52.427 fragmentos florestais, em 2020.

Em 1990, a classe Floresta ocupava 45,4% da área total da bacia (PLAND), o que equivale a 20.448,74 km² (TABELA 7). E durante os anos seguintes a área ocupada pela classe diminuiu, ocupando 37,9% em 2020.

FIGURA 6. Fragmentação Florestal da BRP nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.



Fonte: Autora, 2022.

Comparando a diminuição da proporção ocupada pela classe Floresta (PLAND) e o aumento do número de fragmentos (NUMP) aos dados de uso da terra descritos anteriormente, em que é possível confirmar a expansão da agricultura e silvicultura no período estudado, supõe-se que a expansão dessas classes, provavelmente, é o principal fator que levou o processo de fragmentação a se agravar.

Totalizando para os anos 1990 a 2000 houve uma redução significativa do quantitativo de Floresta, com perda de 3.412,08 km² que equivalem a 7,5%. Essa redução justifica o aumento de fragmentos florestais entre este mesmo período. Para Guariz (2020), os efeitos danosos da fragmentação das paisagens em qualquer região afetam o ecossistema e os processos ecológicos, com redução da fauna e flora, sendo mais agressivos nos fragmentos menores.

TABELA 7. Valores de métricas das paisagens na BRP para os anos de estudo.

ANO	CLASSE	MÉTRICAS				
		LAND (km ²)	PLAND (%)	TE (km)	NUMP (adm.)	MPS (km ²)
1990		20.448,74	45,4	231.935,88	48.712	0,42
2000		18.290,30	40,6	221.586,66	48.178	0,38
2010	Floresta	17.248,37	38,3	218.523,18	49.034	0,35
2020		17.036,66	37,9	222.009,60	52.427	0,37

Fonte: Autora, 2022. Legenda: LAND: Área da Classe; PLAND: Proporção da Classe; TE: Comprimento Total de Bordas; NUMP: Número de Fragmentos; MPS: Área de Fragmento Média; MSI: Índice de Forma Médio; PLADJ: Porcentagem de Manchas Conectadas.

O comprimento total de bordas (TE) também é um índice que diminui ao longo dos anos analisados, em 1990 são encontrados 231.935,88 km de borda e, em 2020, este valor diminui para 222.009,36 km, contudo o ano de 2010 foi o que apresentou menores valores de TE. Segundo Echeverria *et al.* (2006) os períodos nos quais os fragmentos são mais numerosos e menores são os casos em que as bordas apresentam maiores comprimentos. Porém, isso não ocorre com a BRP durante os anos estudados, pois em 2020 quando o NUMP se apresenta maior, o TE é menor que a inicial em 1990.

Nota-se que as bordas diminuem conforme a paisagem se torna fragmentada, o que significa que o aumento das subdivisões dos fragmentos não implica em alterações no tamanho das bordas, ou seja, menor está sendo o espaço da mancha que fica exposto à fatores

externos. Esta diminuição de TE pode estar inteiramente relacionada ao formato menos irregular destes fragmentos ou ainda, à maior conectividade entre eles.

Quanto a métrica de área de fragmento média (MPS), o período de 2010 obteve menor MPS em relação aos outros, chegando a $0,35 \text{ km}^2$, enquanto o valor mais alto deste índice foi em 1990, com $0,42 \text{ km}^2$.

Para Mullu (2016), o tamanho de um fragmento influencia os processos ecológicos que nele ocorrem, em parte devido às mudanças induzidas pela criação das bordas nesses habitats. Com os efeitos de borda de um habitat há uma distância entre a borda e o centro do fragmento, quando os fragmentos são menores apresentam uma proporção maior de habitat de borda do que os fragmentos que são maiores.

Observa-se que o MPS é proporcional ao TE e ambos são inversamente proporcionais ao NUMP, porque em períodos em que o NUMP é maior MPS e TE são menores. Em períodos com menores índices de fragmentação (NUMP menor) tendem a ocorrer fragmentos maiores (MPS maior), o que aumenta o valor médio das manchas. Assim, diminuem a quantidade de arestas ou bordas que os fragmentos possuem, consequentemente reduzindo também o TE.

Oliveira *et al.* (2015), observaram uma significativa mudança na paisagem entre o período de 1985 e 2015, com uma redução de 19,7% da classe floresta durante o período avaliado, verificando o aumento da fragmentação e desconexão da paisagem nesse mesmo período.

4.1 Análise das Microrregiões

4.1.1 Microrregião DF/GO - A1

A Microrregião DF/GO, delimitada na porção norte da BRP, apresenta uma área de aproximadamente 3.875 km^2 , e foi denominada como área A1. A TABELA 8 mostra as áreas de uso da terra encontradas na Microrregião DF/GO (A1) e o percentual de ganhos e perdas de cada classe ao longo dos anos, em relação ao primeiro ano de estudo. Na FIGURA 7, é possível observar que pela extensão de A1 não foram encontradas a existência de classes de Afloramento Rochoso (AR) e de Mineração (M).

TABELA 8. Área (km²) ocupada pelas classes de solo em A1 e percentual de ganhos e perdas em relação à 1990.

ANO	ÁREA	CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO A1												
		FF	FS	FC	CAAP	AR	PAST	AGR	MU	SILV	M	AU	ONV	RL
1990	km ²	231,15	919,15	844,93	22,71	-	703,47	711,76	347,72	0,09	-	12,36	57,37	23,74
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	km ²	243,54	700,03	782,04	26,56	-	675,06	989,83	208,33	0,01	-	26,28	38,30	16,28
	%	+5,36	-23,84	-7,44	+16,96	-	-4,04	+39,07	-40,09	-83,72	-	+112,60	-33,24	-31,42
2010	km ²	255,12	680,93	736,29	25,88	-	390,70	1349,89	196,84	0,91	-	32,68	27,54	46,90
	%	+10,37	-25,92	-12,86	+13,98	-	-44,46	+89,66	-43,39	+956,98	-	+164,37	-52,00	+97,55
2020	km ²	267,57	661,44	697,77	28,50	-	340,07	1.474,58	164,96	9,87	-	37,80	21,43	43,99
	%	+15,76	-28,04	-17,42	+25,52	-	-51,66	+107,18	-52,56	+11379,07	-	+205,74	-62,65	+85,32

Fonte: Autora, 2022. Legenda: FF: Formação Florestal; FS: Formação Savânica; CAAP: Campo Alagado e Área Pantanosa; FC: Formação Campestre; AR: Afloramento Rochoso; PAST: Pastagem; AGR: Agricultura; MU: Mosaico de Usos; SILV: Silvicultura; M: Mineração; AU: Área Urbana; ONV: Outras áreas Não Vegetadas; RL: Rios e Lagos.

Em 1990, as classes FS e FC se destacam como as classes predominantes nesta área, respectivamente, 919,15 e 844,93 km². Ao longo dos anos de estudo ambas as classes apresentaram perda no último ano equivalente a 28,04% e 17,42%, respectivamente, em relação à área que ocupava no ano de 1990. Por outro lado, a classe FF que em 1990 apresentava 231,15 km², até o ano de 2020 apresentou um ganho de 15,76% de área.

As atividades antrópicas de uso da terra PAST e AGR também ocupavam no primeiro ano de estudo uma grande porção da área estudada. No decorrer dos anos a área de PAST diminuiu e, em contrapartida, a AGR deu um salto a partir de 2010, se tornando a maior classe de uso da terra neste ano, o que pode ser observado na FIGURA 7.

De acordo com o estudo de Tolentino e Sobrinho (2019), a região de Cristalina (GO), pertencente à Microrregião DF/GO, apresenta grandes parcelas de desmatamento em dois períodos: de 1970 a 2000 e até o ano de 2013. A instalação de pivôs, a região passou a ser gradativamente ocupada pela expansão agrícola, ocasionando uma transformação da paisagem da flora e da fauna. Assim, a região começa a ter mais parcelas de grandes plantações em seu território do que o Cerrado característico.

Teixeira *et al.* (2019), afirmam que o aumento das atividades agropecuárias na região de formosa contribuíram para uma grande redução das áreas de Cerrado (21,64%), em

contrapartida, as áreas que sofreram desmatamento, e as que são destinadas a agropecuária aumentaram em mais de 86%, essa transformação foi mais intensa entre os anos de 1985 e 2015.

Ainda, é possível observar na FIGURA 7 que nessa Microrregião se encontra uma área delimitada por FF e FS, que se mantém preservada, sem sofrer alterações durante todos os anos de estudo, em contraste ao crescimento intenso de AGR observado. Consiste no Campo de Instrução de Formosa (CIF), uma área que possui 1.140 km² e pertence ao Exército Brasileiro, destinada ao treinamento das Forças Armadas e da Marinha.

Na região A1 as áreas de CAAP, que são vegetações com predomínio de extrato herbáceo sujeitas a alagamento sazonal, como Veredas e Palmeirais, passaram de 22,71 km² (1990) para 28,50 km² (2020), esse crescimento pode indicar que durante o período analisado as áreas de CAAP nessa Microrregião foram preservadas ou manejadas de maneira sustentável.

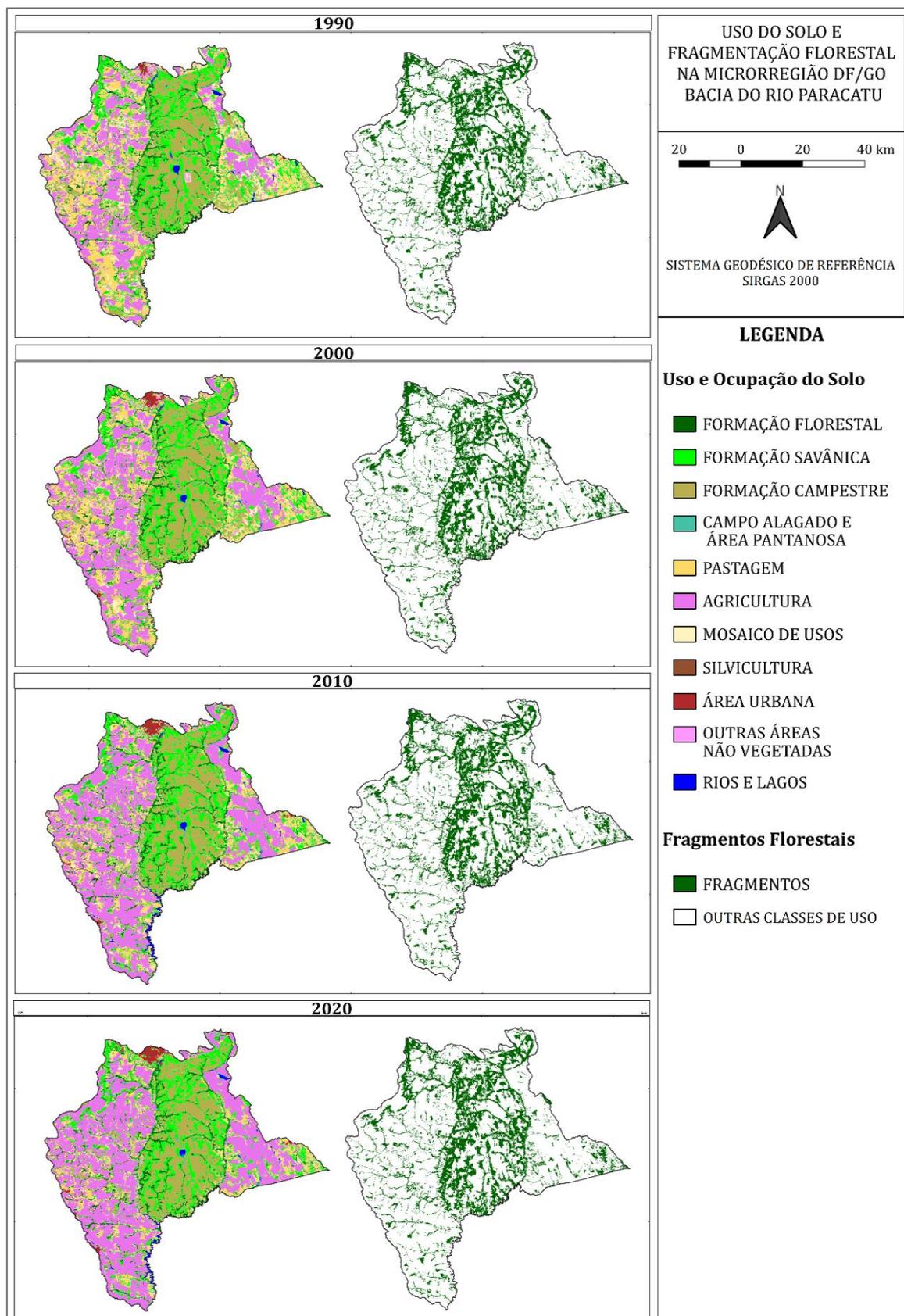
Outra classe que merece destaque é a classe SILV, que em 1990 e 2000 (0,09 km² e 0,01 km²) representava uma parcela mínima de A1 e a partir de 2010 apresentou um salto elevado chegando a ocupar 9,87 km², o que corresponde a 110 vezes a área inicial da classe em 1990.

A análise quantitativa da paisagem em A1 está representada na TABELA 9. Observa-se que em 1990 a porção que a classe Floresta ocupa (LAND) equivale a 1.150,3 km² (PLAND = 29,6%) passou a ocupar 908,61 km² (PLAND = 23,4%) de A1.

Um fato que pode ser observado é a diminuição do número de fragmentos (NUMP) encontrados na área. Em 1990, foram contabilizados 3.219 fragmentos na Microrregião, no ano 2000 esse número regrediu para 2.847, e nos últimos dois anos diminuiu ainda mais, passando para 2.644 fragmentos em 2010 e 2.633 fragmentos em 2020. Essa diminuição do número de fragmentos associada ao mapa e aos dados de uso da terra, nos quais foi possível identificar o grande crescimento da agricultura nessa região, indica a conversão dos fragmentos de floresta antes existentes para classe agricultura (retirada total dos fragmentos).

Nota-se ainda que o comprimento total de bordas (TE) diminuiu de maneira proporcional ao NUMP. Em 1990, o TE é igual a 12.191,58 km, reduzindo ano a ano até chegar a 10.665,06 km em 2020.

FIGURA 7. Mapa de uso da terra e fragmentos florestais da Microrregião DF/GO na BRP.



Fonte: Autora, 2023.

TABELA 9. Valores de métricas das paisagens da Microrregião DF/GO para os anos estudados.

ANO	CLASSE	MÉTRICAS						
		LAND (km ²)	PLAND (%)	TE (km)	NUMP (adm.)	MPS (km ²)	MSI (adm.)	PLADJ (%)
1990		1.150,30	29,6	12.191,58	3.219	0,30	1,64	83
2000		940,40	24,2	11.165,34	2.847	0,33	1,57	83
2010	Floresta	936,06	24,1	10.714,02	2.644	0,35	1,56	84
2020		908,61	23,4	10.665,06	2.633	0,35	1,56	84

Fonte: Autora, 2023. Legenda: LAND: Área da Classe; PLAND: Proporção da Classe; TE: Comprimento Total de Bordas; NUMP: Número de Fragmentos; MPS: Área de Fragmento Média; MSI: Índice de Forma Médio; PLADJ: Porcentagem de Manchas Conectadas.

Quanto à métrica de área de fragmento média (MPS), que indica o tamanho médio dos fragmentos, os períodos de 2010 e 2020 apresentaram maior MPS em relação aos outros anos, chegando a 0,35 km² em ambos os anos. Enquanto nos anos de 1990 e 2000 atingiram menores valores (0,30 km² e 0,33 km², respectivamente). De certa forma, observa-se que o MPS é inversamente proporcional ao TE e ao NUMP, isso se deve ao fato de que períodos menor número de fragmentos (NUMP menor), tendem a conter fragmentos maiores (MPS maior), assim, diminuem a quantidade de arestas ou bordas que os fragmentos possuem, consequentemente, proporciona a redução do comprimento de borda (TE menor).

McGarigal *et al.* (2002) afirmam que o tamanho médio dos fragmentos é considerado um bom indicativo do grau de fragmentação, por ser função do número de fragmentos e da área total ocupada pela classe. Dessa forma, paisagens que apresentam menores valores para tamanho médio de fragmento devem ser consideradas como mais fragmentadas.

Isso é o que está ocorrendo nos anos de 1990 e 2000, indicando que esses são os períodos mais fragmentados de A1, ou seja, houve uma diminuição da fragmentação nos anos seguintes. O que pode estar relacionado ao fato da redução de fragmentos florestais em 2010 e 2020.

Segundo Calegari *et al.* (2010), as manchas florestais maiores contribuem para o aumento da biodiversidade e a viabilidade de espécies que necessitam de determinadas condições para sobreviver, onde essas condições só são encontradas em fragmentos de maior

área. Os grandes fragmentos estão sujeitos a menor efeito de borda, pois possui área maior, condição ideal para a conservação de um fragmento (OLIVEIRA, 2011).

O índice de forma médio (MSI) demonstra valores que se tornam importantes para a avaliação do formato dos fragmentos. Dessa forma, os resultados para esse índice variam entre $MSI \geq 1$, sem limite. O resultado desse índice é 1 caso os fragmentos tenham formato perfeitamente circular. Conforme esse formato se torna irregular, o resultado se distancia de 1, uma vez que o índice está diretamente ligado a relação entre o perímetro e a área dos fragmentos (MCGARIGAL E MARKS, 1995).

Os resultados da análise desse índice para a classe Floresta em A1 demonstram que a forma dos fragmentos em nos anos de estudo não apresentam irregularidade muito acentuada, mas os períodos mais fragmentados (1990 e 2000) apresentam valores maiores de MSI. Em 1990 o MSI resultou em 1,64, registrando o maior valor do índice. Entretanto, os anos de 2010 e 2020 registraram o mesmo valor para MSI de 1,56, que também foram os valores mais próximos de 1, indicando que nestes anos os fragmentos se mostram mais regulares.

Essa mudança no MSI pode estar associada aos processos de desmatamento, com a modificação da paisagem florestal alterando o tamanho dos fragmentos e o aumento de seus respectivos perímetros, ocasionando o aumento no índice (SAITO *et al.* 2016).

O grau de conectividade dos fragmentos foi definido pela métrica que calcula a porcentagem de pixels semelhantes que se encontram agregados (PLADJ). O PLADJ é igual a 0% quando a classe analisada está desagregada ao máximo. O PLADJ aumenta à medida em que os pixels na paisagem se tornam mais agregados, chegando a 100% quando a classe de cobertura da terra é concentrada em um único ponto, e não há pixels de outras classes de cobertura da terra entre os pixels desse mesmo ponto (MCGARIGAL E MARKS, 1995).

Nos anos de 2010 e 2020, são os anos em que os fragmentos da classe Floresta estão mais conectados, apresentando o mesmo PLADJ, de 84%. Já os anos de 1990 e 2000 apresentam o menor PLADJ, de 83%, mostrando que os remanescentes estavam mais desagregados nestes anos em relação aos anos seguintes. Apesar disso, os percentuais de PLADJ não foram abaixo do comum para nenhum dos anos estudados, indicando que os fragmentos não se encontram desagregados em nenhum dos anos.

Os autores Soares *et al.* (2008) utilizaram a métrica PLADJ para avaliar plantações de espécies exóticas na região sudeste do Brasil, os autores encontraram valores de PLADJ entre 60% e 95% associando isso com a forma como os cultivos são plantados, manejados de

maneira contínua em talhões, sem grandes separações e impedimentos físicos entre eles fazendo com que os resultados obtidos fossem menores.

4.1.2 Microrregião Unai – A2

A Microrregião Unai, delimitada pela BRP, apresenta uma área de aproximadamente 9.612 km², e foi denominada como área A2. Diferente de A1, esta Microrregião apresenta todas as classes de uso ocupação do solo em sua extensão (FIGURA 8).

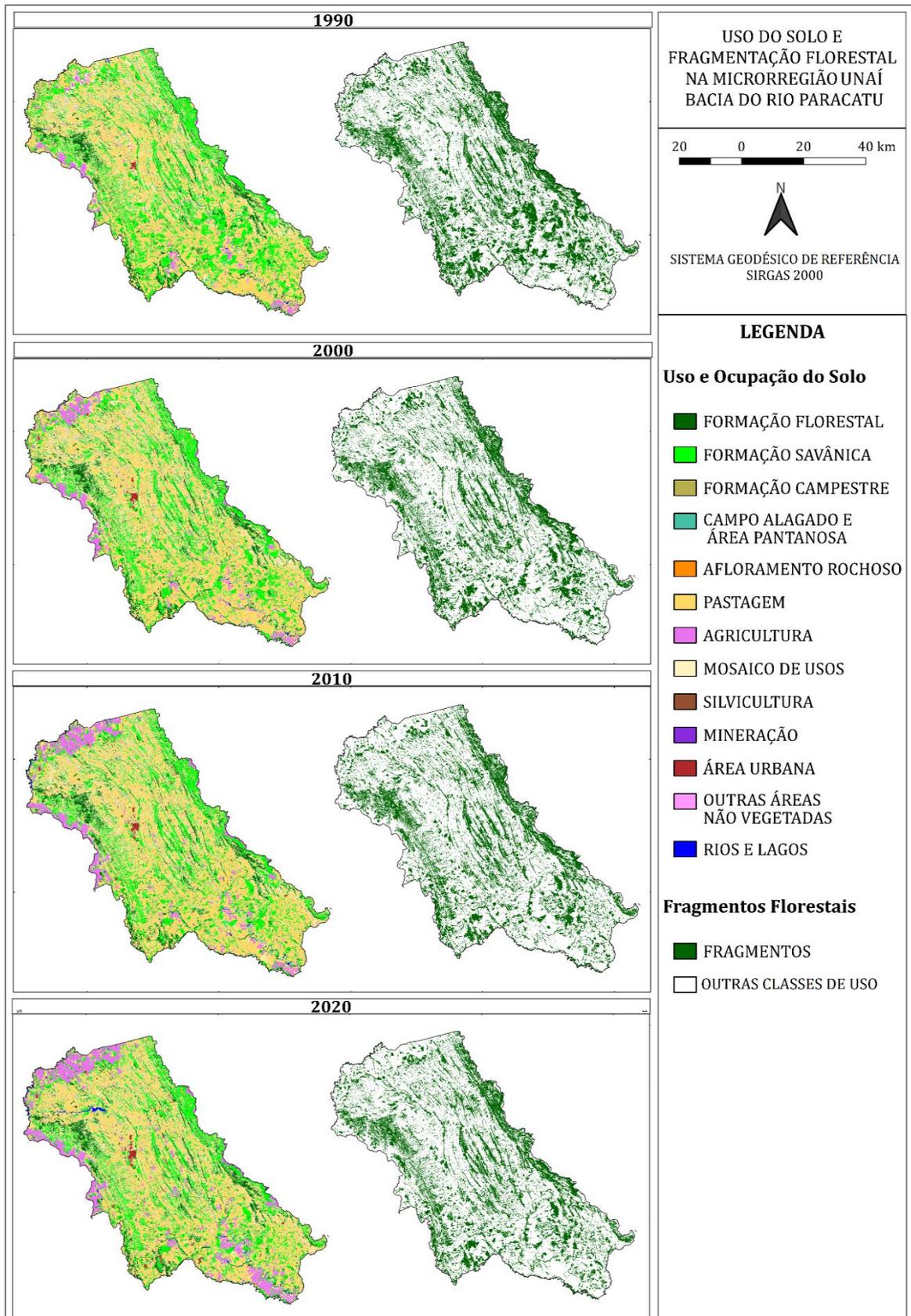
Nota-se, na FIGURA 8, que em A2 não ocorre ao longo dos anos a presença marcante de AGR, como é o caso de A1. As áreas destinadas à agricultura se encontram nas fronteiras dessa Microrregião, que são áreas de relevo relativamente plano. Em contrapartida, nas áreas centrais de A2 predominam áreas de PAST, FF e FS.

A não existência de áreas agricultáveis na porção central pode estar diretamente relacionada ao relevo forte ondulado presente nessa região, como as chamadas Cristas de Unai. Essa unidade de relevo ocupa a porção ocidental da bacia, estendendo-se do município de Vazante ao município de Unai, consistindo em formas erosivas desenvolvidas sobre rochas do Grupo Bambuí, intercaladas por zonas rebaixadas e aplainadas, ocorrem ainda sumidouros, grutas, cavernas e dolinas, nas áreas cársticas (IGAM, 2006).

A TABELA 10 mostra as áreas de uso da terra encontradas na Microrregião Unai (A2) e o percentual de ganhos e perdas de cada classe ao longo dos anos, em relação ao primeiro ano de estudo. Aqui é possível assinalar a predominância das classes PAST, FF e FS, observadas na Figura 7. Essas ocupavam no primeiro ano de estudo 3.563,73 km²; 777,63 km² e 3.641,42 km², respectivamente.

A classes PAST com o passar dos anos, apresentou pequenas perdas de área ocupada, e em 2020 apresentou-se presente em uma porção 5,48% menor em relação ao que ocupava em 1990. Por outro lado, a classe AGR teve um crescimento acentuado na área estudada, passando de 193,90 km² em 1990 até ocupar 955,56 km² em 2020 (crescimento de 392,8% em relação a 1990). Ainda, é importante destacar que a classe UM, que diz respeito das áreas de uso agropecuário, não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura, e representa uma porção elevada de área ao longo dos anos.

FIGURA 8. Mapa de uso da terra e fragmentos florestais da Microrregião de Unaí na BRP.



Fonte: Autora, 2023.

De acordo com a nota oficial divulgada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2022) que toma por base a produção agrícola de 2020, o município de Unaí lidera o quadro mineiro da produção de grãos. Segundo Souza (2007), o perfil tecnológico da produção agrícola da região de Unaí/MG é comparável aos melhores do mundo, dispondo inclusive de alto índice de áreas irrigadas, perfazendo cerca de 35 mil hectares sob pivô central.

TABELA 10. Área (km²) ocupada pelas classes de solo em A2 e percentual de ganhos e perdas em relação à 1990.

		CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO A2												
ANO	ÁREA	FF	FS	FC	CAAP	AR	PAST	AGR	MU	SILV	M	AU	ONV	RL
1990	km ²	777,63	3.641,42	48,83	42,25	8,20	3.563,73	193,90	1.146,32	0,05	0,01	8,83	71,61	109,40
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	km ²	794,87	1.980,66	464,36	50,84	8,20	3.578,00	511,47	1.112,73	0,07	0,09	19,19	78,54	83,30
	%	+2,22	-45,61	+851,06	+20,34	0	+0,40	+163,79	-2,93	+24,53	+855,56	+117,46	+9,67	-23,86
2010	km ²	802,63	1.898,49	431,59	57,36	8,20	3.478,63	700,68	1.058,05	9,64	0,11	21,84	58,76	106,59
	%	+3,21	-47,86	+783,94	+35,78	0	-2,39	+261,37	-7,70	+18.094,34	+1.088,89	+147,50	-17,95	-2,57
2020	km ²	837,00	1.863,87	400,10	63,65	8,20	3.368,53	955,56	1.026,37	30,16	0,13	26,14	50,88	99,72
	%	+7,64	-48,81	+719,45	+50,66	0	-5,48	+392,82	-10,46	+56.803,77	+1.322,22	+196,19	-28,95	-8,85

Fonte: Autora, 2023. Legenda: FF: Formação Florestal; FS: Formação Savânica; CAAP: Campo Alagado e Área Pantanosa; FC: Formação Campestre; AR: Afloramento Rochoso; PAST: Pastagem; AGR: Agricultura; MU: Mosaico de Usos; SILV: Silvicultura; M: Mineração; AU: Área Urbana; ONV: Outras áreas Não Vegetadas; RL: Rios e Lagos.

A classe FS reduziu ao longo dos anos estudados 48,81% em relação à área que ocupava em 1990. Por outro lado, a classe FF aumentou ao longo dos anos de estudo, passando de 777,63 km² em 1990 para 837,00 km², em 2020. Nota-se ainda que a FC também apresentou aumento ao longo dos anos, passando de 48,53 km² no primeiro ano para 400,10 km² em 2020 (acréscimo de 719,45%).

Outra classe que chama atenção é a classe SILV, que nos anos de 1990 e 2000 representava uma pequena porção da área estudada (A2), 0,05 km² e 0,07 km², respectivamente. A partir de 2010 essa classe passou a representar uma porção maior da área (9,64 km²) até ocupar 30,16 km² em 2020. Aparente, por essas características, observar que A2 apresenta menor degradação em relação a A1.

A TABELA 11 traz a análise quantitativa da paisagem de A2. Em 1990, a área ocupada pela classe Floresta (LAND) era igual a 4.400,06 km², porém ao longo dos anos essa área diminuiu até ocupar 2.700,12 km² no ano de 2020 e o PLAND teve uma redução de 17,9% durante esses anos.

TABELA 11. Valores de métricas das paisagens da Microrregião Unaí para os anos estudados.

ANO	CLASSE	MÉTRICAS						
		LAND (km ²)	PLAND (%)	TE (km)	NUMP (adm.)	MPS (km ²)	MSI (adm.)	PLADJ (%)
1990		4.400,06	45,9	41.717,46	11.851	0,24	1,71	80
2000		2.770,46	28,8	38.845,44	11.238	0,23	1,58	80
2010	Floresta	2.701,99	28,1	38.723,64	11.144	0,23	1,58	79
2020		2.700,12	28,0	39.670,68	11.646	0,22	1,62	79

Fonte: Autora, 2023. Legenda: LAND: Área da Classe; PLAND: Proporção da Classe; TE: Comprimento Total de Bordas; NUMP: Número de Fragmentos; MPS: Área de Fragmento Média; MSI: Índice de Forma Médio; PLADJ: Porcentagem de Manchas Conectadas.

Em A2 o TE (comprimento total de bordas) encontrado foi elevado e diminuiu ao longo dos anos, proporcionalmente ao NUMP (número de fragmentos). Em 1990, o valor encontrado para TE foi de 41.717,46 km enquanto o NUMP foi de 11.851, ambos os maiores para o período estudado. Em 2000, o NUMP decresceu para 11.238 e TE apresentou redução passando a medir 38.845,44 km. O mesmo ocorreu em 2010, onde o número de fragmentos encontrados diminuiu para 11.144 (NUMP), e o valor de TE reduziu para 38.723,64 km. Já no ano de 2020, o número de fragmentos encontrados aumentou para 11.646 fragmentos e o TE se elevou para 39.670,68 km. Esses números podem estar relacionados com o aumento da FF no período estudado, observado na TABELA 11.

Para a métrica MPS (área de fragmento média), o ano de 1990 foi o que apresentou maior valor, equivalente a 0,24 km², enquanto os anos de 2000 e 2010 apresentaram ambos 0,23 km², já o ano de 2020 foi o que apresentou maior valor, igual a 0,22 km². Assim, diferente do que ocorreu na área analisada anteriormente (A1), o MPS apresentou uma relação proporcional ao TE e NUMP, ou seja, o número de fragmentos diminuiu ao longo dos anos, em consequência o comprimento total de bordas reduziu, e o tamanho médio dos fragmentos também diminuiu.

Seguindo o raciocínio de McGarigal *et al.* (2002), para o tamanho médio dos fragmentos, em que diz que paisagens que apresentam menores valores para tamanho médio de fragmento devem ser consideradas como mais fragmentadas, vê-se que o ano de 2020, apesar de apresentar aumento de NUMP e de TE, pode ser considerado mais fragmentado em relação aos demais anos.

Dentre os anos estudados, o ano de 1990 apresentou o maior índice de forma médio (MSI), com valor de 1,71, sendo o ano em que os fragmentos se apresentaram mais irregulares (MSI mais distante de 1). Os anos de 2000 e 2010 os menores valores de MSI, se tornando os anos em que os fragmentos se encontravam mais regulares (MSI mais próximos de 1, equivalentes a 1,58 para ambos os anos). Já o ano de 2020, apresentou MSI de 1,62, sendo assim os fragmentos deste ano são mais regulares do que no ano de 1990 e menos regulares que nos anos de 2000 e 2010.

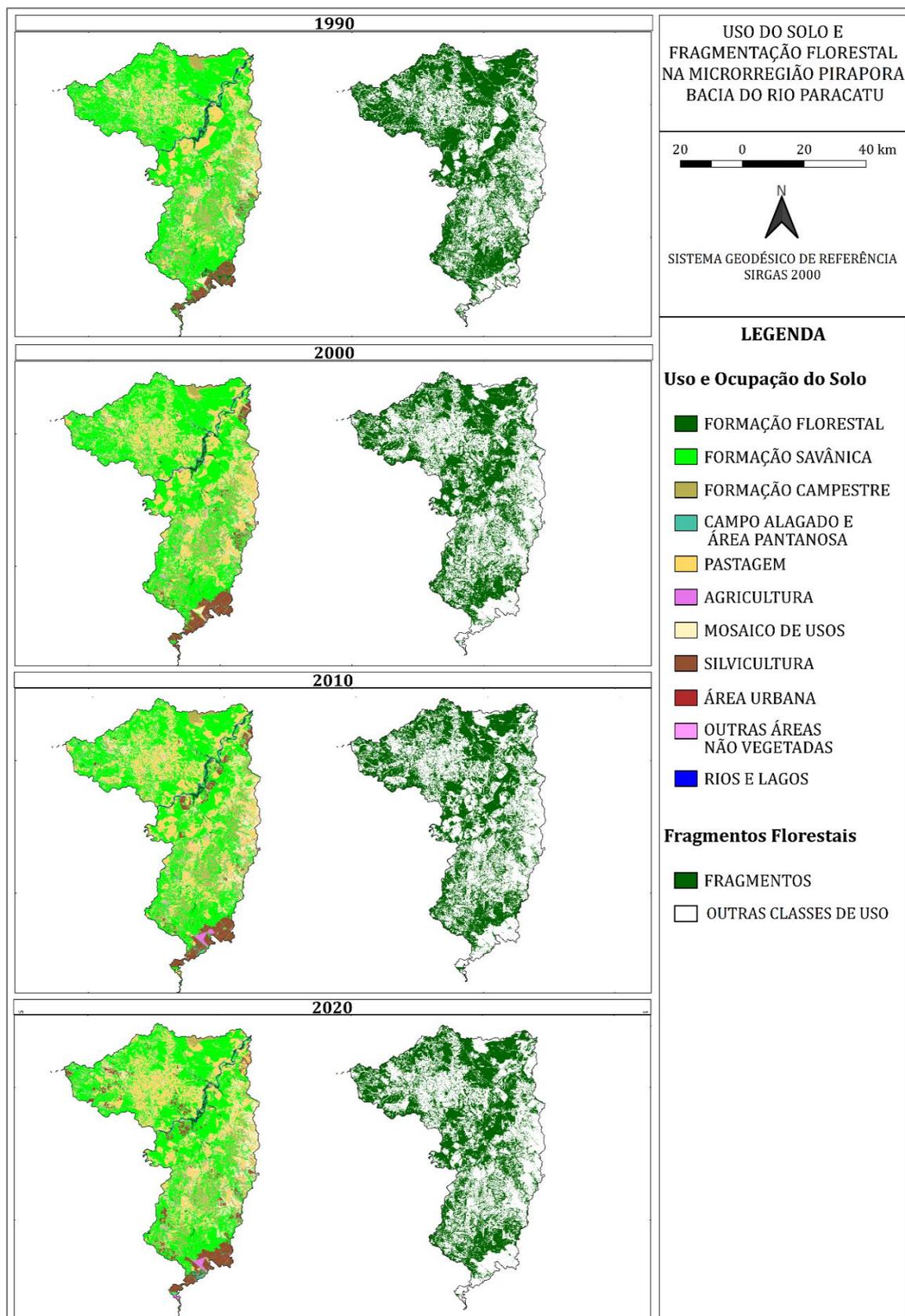
O grau de conectividade dos fragmentos da Microrregião de Unaí (PLADJ), apresentou maior nos dois primeiros anos de estudo (1990 e 2000), com percentual de 80%, e nos dois últimos anos (2010 e 2020) esse percentual foi de 79%. Sendo assim, o PLADJ indica que nos dois primeiros anos de estudo se encontravam mais agregados em relação aos dois últimos anos.

4.1.3 Microrregião Pirapora – A3

Essa Microrregião, apesar de receber o nome de uma cidade que não está presente na BRP, encontra-se em uma porção da Bacia que totaliza 7.647 km² e foi denominada como A3. A FIGURA 9 mostra a delimitação de A3 na BRP.

Assim como a Região A1 essa Microrregião não apresenta em sua extensão as classes AR e M. Ainda, é possível observar na FIGURA 9 que a classe Formação Savânica (FS) é a classe predominante ao longo dos anos. As classes de Pastagem (PAST) e Silvicultura (SILV) também se destacam durante os anos de estudo, mas numa proporção menor.

FIGURA 9. Mapa de uso da terra e fragmentos florestais da Microrregião Pirapora na BRP.



Fonte: Autora, 2023.

A TABELA 12 mostra as áreas de uso da terra encontradas na Microrregião Pirapora (A3) e o percentual de ganhos e perdas de cada classe ao longo dos anos, em relação ao primeiro ano de estudo. Dessa tabela, é possível apontar que a classe de maior predominância no território estudado é FS, com 5.053,65 km² no ano de 1990. Porém, ao longo dos anos essa classe apresentou diminuição na sua área e passou a ocupar 4.426,87 km² no ano 2000, 3.947,97 km² em 2010, até chegar a 4.027,24 km², no ano de 2020. A perda total dessa classe ao longo dos 30 anos estudados foi de 20,31%, apesar dessa perda, a classe continuou predominante na área no ano de 2020.

TABELA 12. Área (km²) ocupada pelas classes de solo em A3 e percentual de ganhos e perdas em relação à 1990.

ANO	ÁREA	CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO A3												
		FF	FS	FC	CAAP	AR	PAST	AGR	MU	SILV	M	AU	ONV	RL
1990	km ²	165,54	5.053,65	594,61	69,64	-	1.030,14	2,65	469,68	172,61	-	0,28	0,28	88,30
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	km ²	128,10	4.426,87	535,52	75,03	-	1.329,94	5,90	342,99	289,08	-	0,58	30,88	64,52
	%	-22,62	-12,40	-9,94	+7,74	-	+29,10	+122,73	-26,97	+67,48	-	+109,82	+11.128,73	-26,93
2010	km ²	137,13	3.947,97	561,59	79,10	-	1.388,81	29,87	439,57	288,36	-	0,75	29,79	61,16
	%	-17,17	-21,88	-5,55	+13,60	-	+34,82	+1.028,10	-6,41	+67,06	-	+173,82	+10.730,91	-30,74
2020	km ²	137,79	4.027,24	483,83	85,33	-	1.355,05	43,67	421,23	384,39	-	0,84	30,15	46,64
	%	-16,76	-20,31	-18,63	+22,54	-	+31,54	+1.549,13	-10,32	+122,69	-	+203,64	+10.862,18	-47,19

Fonte: Autora, 2023. Legenda: FF: Formação Florestal; FS: Formação Savânica; CAAP: Campo Alagado e Área Pantanosa; FC: Formação Campestre; AR: Afloramento Rochoso; PAST: Pastagem; AGR: Agricultura; MU: Mosaico de Usos; SILV: Silvicultura; M: Mineração; AU: Área Urbana; ONV: Outras áreas Não Vegetadas; RL: Rios e Lagos.

As classes de FF e FC também apresentaram perda ao longo dos anos, passando de 165,54 km² e 594,61 km² em 1990, para 137,79 km² e 483,83 km², respectivamente, no ano de 2020. Observa-se que a segunda classe em predominância nessa região é a classe PAST, em 1990 essa classe correspondia a 1.030,14 km², e o contrário do que ocorreu com a FS a classe PAST aumentou ao longo dos anos, até chegar a 1.355,05 km² no ano de 2020, o que equivale a um ganho de 31,54% em relação a área que ocupava em 1990.

Outra classe que apresentou ganho ao longo dos anos foi a AGR, em 1990 representava uma parcela mínima da área de A3 equivale a 2,65 km². Ao longo dos anos a

AGR foi apresentando um singelo crescimento até chegar a representar 43,67 km² do território de A3. Contudo, mesmo com o aumento que ambas as classes apresentaram ao longo dos anos, elas não ultrapassaram a área ocupada pela Formação Savânica: o que significa que nessa região da BRP as atividades agropecuárias não apresentam a mesma força e potência que as outras Microrregiões da bacia.

Em 1990 um total de 172,61 km² da área de A3 era ocupado pela Silvicultura (SILV), com o passar dos anos essa atividade apresentou-se cada vez mais presente nesse território, passando a ocupar 289,08 km² no ano 2000 e 288,36 km² em 2010, mantendo-se semelhante nesse intervalo de dez anos. A partir de 2010, a Silvicultura toma novo impulso na região e passa a crescer, representando 384,39 km² em 2020.

Nota-se que ao longo dos anos em A3 não houve mudanças bruscas na ocupação do solo, e não se percebe uma fragmentação. A TABELA 13 mostra que a Classe Floresta existente nessa Microrregião representava 68,2% (PLAND) da área em 1990, e decresceu para 58,1% (PLAND) no ano 2000. Entre 2010 e 2020 a classe se manteve por volta dos 53% e 54%, respectivamente.

TABELA 13. Valores de métricas das paisagens da Microrregião Pirapora para os anos estudados.

ANO	CLASSE	MÉTRICAS						
		LAND (km ²)	PLAND (%)	TE (km)	NUMP (adm.)	MPS (km ²)	MSI (adm.)	PLADJ (%)
1990		5.219,44	68,2	29.448,30	5.988	0,52	1,92	87
2000		4.450,45	58,1	27.527,22	6.079	0,47	1,77	87
2010	Floresta	4.085,07	53,4	27.487,44	6.789	0,40	1,76	86
2020		4.160,03	54,4	28.290,18	7.127	0,38	1,75	86

Fonte: Autora, 2023. Legenda: LAND: Área da Classe; PLAND: Proporção da Classe; TE: Comprimento Total de Bordas; NUMP: Número de Fragmentos; MPS: Área de Fragmento Média; MSI: Índice de Forma Médio; PLADJ: Porcentagem de Manchas Conectadas.

O comprimento total de borda (TE) encontrado para essa Microrregião em 1990 foi igual a 29.448,30 km diminuindo ao longo dos anos, passando a ser 27.527,22 km em 2000; 27.487,44 km, em 2010 e 28.290,18 km, em 2020. De maneira inversamente proporcional ao decréscimo ocorrido nessa métrica, o NUMP se apresentou crescente. Em 1990 o número de

fragmentos encontrados foi de 5.988, em 2000 foi de 6.079, em 2010 foi igual a 6.789 e em 2020 subiu para 7.127 fragmentos.

Essa relação inversamente proporcional está relacionada ao aumento de número de fragmentos associados ao tamanho menor dos mesmos, pois, neste caso, as bordas apresentam maiores comprimentos. Associado a essas métricas, o MPS (área de fragmentos média) foi maior nos períodos de maior comprimento de borda (0,52 km² e 0,47 km² em 1990 e 2000, em ordem) e menor nos períodos em que o comprimento de borda também foi menor (0,40 km² e 0,38 km² em 2010 e 2020, em ordem).

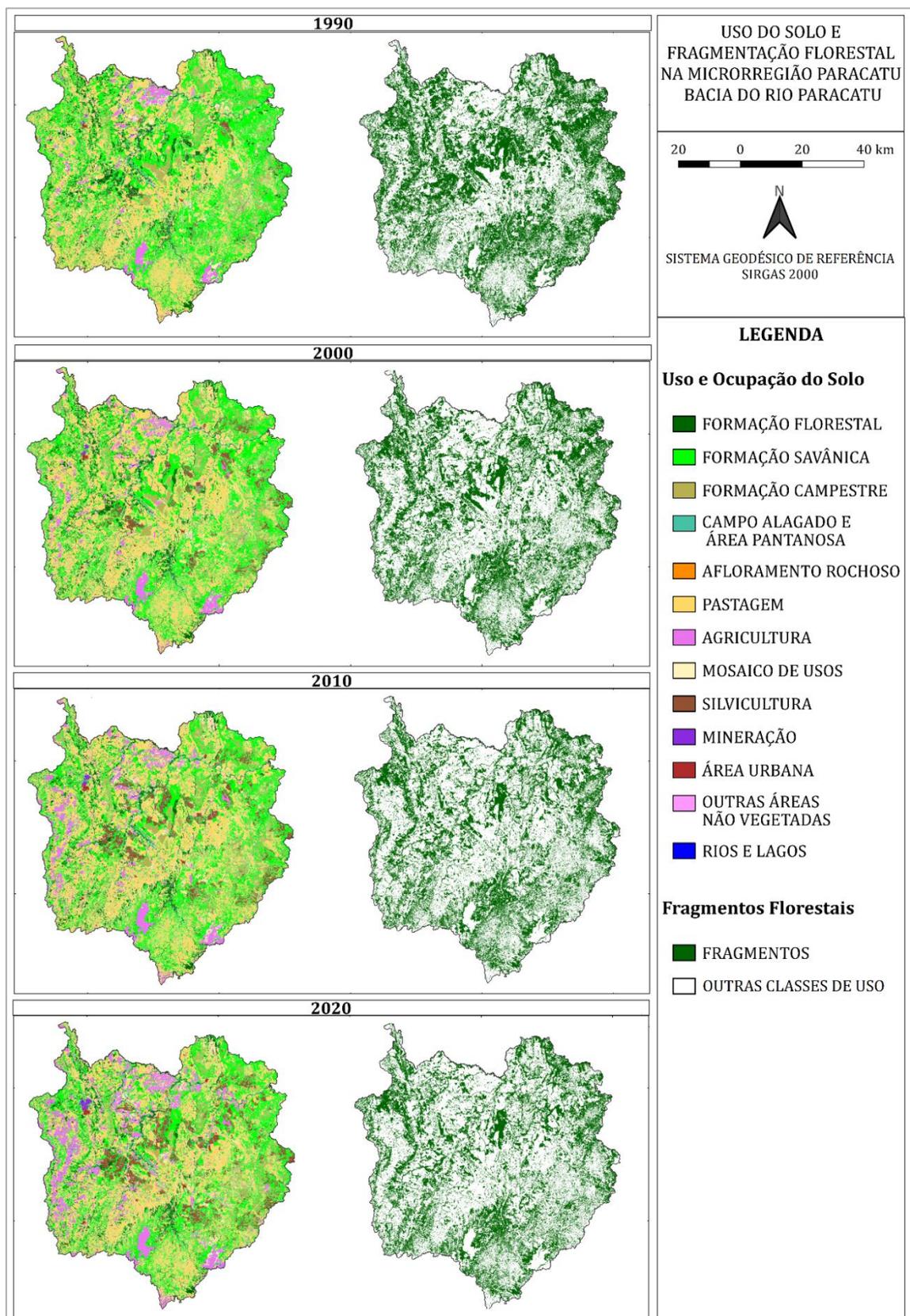
O MSI (índice de forma médio) encontrado para a classe Floresta em A3 foi maior em 1990, sendo igual a 1,92 cujo valor foi o mais distante de 1, ou seja, os fragmentos são mais irregulares neste ano. Em 2000 e 2010 o índice registrado foi semelhante, igual a 1,77 e 1,76 em ordem. O menor índice registrado em A3 foi o do ano de 2020 de 1,75 sendo o valor mais próximo de 1, indicando que neste ano os fragmentos se mostram com forma mais regular em relação aos outros anos avaliados.

O PLADJ calculado para os anos estudados (1990, 2000, 2010 e 2020) foi elevado sendo igual, respectivamente, a 87 %, 87%, 86% e 86%, o que indica que a classe Floresta se encontra mais agregada, ou seja, mais unida ou concentrada em um mesma área (ou região). Essa métrica entra em acordo com a pouca modificação que foi observada na análise das classes de cobertura da terra.

4.1.4 Microrregião Paracatu – A4

A microrregião Paracatu, que leva o nome da bacia hidrográfica em estudo, é a maior e ocupa aproximadamente 30.300 km². É possível observar na FIGURA 10 que, em 1990, A3 se encontrava mais preservada, com poucas áreas agrícolas e muitas áreas com predominância de vegetação nativa principalmente na porção leste. Este cenário, porém, mudou ao longo dos anos avaliados, passando a se destacar classes como AGR, M e SILV. Além disso, nessa microrregião não ocorre a classe de Afloramento Rochoso (AR).

FIGURA 10. Mapa de uso da terra e fragmentos florestais da Microrregião Paracatu na BRP.



Fonte: Autora, 2023.

A TABELA 14 mostra que a maior classe em 1990 era FS, que representava 11.836,88 km², e em 2020 passou a representar 9.618,22 km² da área de A4 (perda de 18,74% em relação a 1990). As classes de FF e FC também reduziram ao longo dos anos estudados, antes essas classes ocupavam 3.259,07 km² e 2.221,5 km², em ordem, e passaram a ocupar 2.690,29 km² e 2.016,54 km², respectivamente.

TABELA 14. Área (km²) ocupada pelas classes de solo em A4 e percentual de ganhos e perdas em relação à 1990.

ANO	ÁREA	CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO A3												
		FF	FS	FC	CAAP	AR	PAST	AGR	MU	SILV	M	AU	ONV	RL
1990	km ²	3.259,07	11.836,88	2.221,50	307,88	-	9.519,78	832,10	1.783,55	245,08	9,30	26,74	104,00	190,16
	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	km ²	2.875,72	10.321,11	2.267,91	328,34	-	10.850,11	1.231,70	1.494,40	908,72	17,38	37,73	88,77	136,56
	%	-11,76	-12,81	+2,09	+6,65	-	+13,97	+48,02	-16,21	+270,79	+86,84	+41,09	-14,64	-28,19
2010	km ²	2.715,27	9.689,48	2.231,09	353,14	-	9.978,85	1.746,09	1.719,19	1.293,81	26,12	45,17	75,85	135,27
	%	-16,69	-18,14	+0,43	+14,70	-	+4,82	+109,84	-3,61	+427,92	+180,86	+68,91	-27,07	-28,87
2020	km ²	2.690,29	9.618,22	2.016,54	358,99	-	9.030,07	2.710,56	1.754,67	1.747,98	46,23	53,85	80,68	110,34
	%	-17,45	-18,74	-9,23	+16,60	-	-5,14	+225,75	-1,62	+613,24	+397,05	+101,38	-22,42	-41,98

Fonte: Autora, 2023. Legenda: FF: Formação Florestal; FS: Formação Savânica; CAAP: Campo Alagado e Área Pantanosa; FC: Formação Campestre; AR: Afloramento Rochoso; PAST: Pastagem; AGR: Agricultura; MU: Mosaico de Usos; SILV: Silvicultura; M: Mineração; AU: Área Urbana; ONV: Outras áreas Não Vegetadas; RL: Rios e Lagos.

A segunda maior classe encontrada em A4 é PAST que representava neste mesmo ano 9.519,78 km². Na primeira década (1990 a 2000) a classe PAST teve um aumento de 13,97% (10.850,11 km²) em relação ao primeiro ano estudado, já na segunda década (2000 a 2010) a área representada pela classe diminuiu e passou a ser de 9.978,85 km² até chegar a 9.030,07 km² em 2020, totalizando uma perda de 5,14%.

A classe AGR cresce ao longo dos anos na bacia, passando de 832,10 km² em 1990 para 2.710,56 km² em 2020. Mesmo com o visível crescimento a classe ainda representa menor área que a classe PAST em todos os anos. De acordo com os dados, Carvalho e Scolforo (2008) afirmam que o Município de Paracatu, no período de 2005 a 2007 se encontrava entre os quatro municípios mineiros que mais apresentaram incremento de área

utilizada para agricultura e, ainda, entre os sete municípios que mais converteram seu uso da terra para a pecuária.

As classes que mais chamam atenção na extensão dessa bacia é a classe SILV e M. A Silvicultura cresceu acentuadamente ao longo dos anos, em 1990 essa classe ocupava 245,08 km² e, em 2020, passou a ocupar 1.747,98 km². É possível notar na FIGURA 10 que o crescimento dessa classe ocorreu tanto sobre áreas de pastagem como sob áreas de vegetação nativa.

A classe de Mineração se destaca nessa Microrregião. Em 1990, a classe ocupava 9,30 km² dessa microrregião, e em 2000 passou a ocupar 17,38 km². Em 2010, o crescimento da área ocupada foi pra 26,12 km². Já em 2020, a Mineração passou a ocupar 46,29 km² da área de A4. Esse crescimento ocorre principalmente no entorno da cidade de Paracatu, onde há a mineração intensa de ouro.

De acordo com a TABELA 15, a classe Floresta representava em 1990 49,8% (PLAND) da área e reduziu para 40,5%, no ano de 2020. Essa redução da área de Floresta pode estar associada ao aumento da Agricultura (AGR) e Silvicultura (SILV) observadas quando se analisa o uso da terra.

TABELA 15. Valores de métricas das paisagens da Microrregião Pirapora para os anos estudados.

ANO	CLASSE	MÉTRICAS				
		LAND (km ²)	PLAND (%)	TE (km)	NUMP (adm.)	MPS (km ²)
1990		15.090,15	49,8	153.061,92	28.572	0,47
2000		13.196,26	43,5	144.624,84	28.626	0,41
2010	Floresta	12.404,77	40,9	142.123,50	29.029	0,38
2020		12.300,90	40,5	143.895,18	31.585	0,34

Fonte: Autora, 2023. Legenda: LAND: Área da Classe; PLAND: Proporção da Classe; TE: Comprimento Total de Bordas; NUMP: Número de Fragmentos; MPS: Área de Fragmento Média; MSI: Índice de Forma Médio; PLADJ: Porcentagem de Manchas Conectadas.

Em relação à diminuição da classe floresta o NUMP, que indica o número de fragmentos encontrados em A4, aumentou em 1990 era igual a 28.572 fragmentos, passando para 28.626, em 2000 e 29.029, em 2010. No ano de 2020, o número de fragmentos

encontrados na área foi igual a 31.585, indicando o aumento da fragmentação florestal ao longo dos anos na área analisada.

O TE calculado para 1990 foi igual a 153.061,92 km, valor este que reduziu ao longo dos anos, passando para 144.624,84 km em 2000, 142.123,50 km em 2010 e 143.895,18 km em 2020. Já a área de fragmento média nesta área foi de 0,47 km² em 1990, decrescendo para 0,41 km² em 2000, posteriormente para 0,38 km² em 2010 e 0,34 km² em 2020.

Esses dados indicam que, com o aumento do número de fragmentos, houve a diminuição do tamanho médio destes fragmentos e, assim, os anos finais de estudo indicam maior fragmentação florestal. Isso ocorre em consequência do maior número de fragmentos existentes nos últimos anos, o que acarreta ainda a redução do comprimento de borda destes fragmentos.

5 CONCLUSÃO

As alterações espaço-temporais do uso e ocupação da terra observadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu (BRP) apontam que no intervalo de 30 anos, ocorreram modificações na cobertura da terra e na paisagem da área. As áreas de vegetação natural compostas por Formações Florestais, Savânicas e Campestres apresentam redução ao longo dos anos, com a ocorrência da expansão das áreas para fins agropecuários (Agricultura, Silvicultura e Pastagem) sob áreas de vegetação nativa (Formação Florestal e Formação Savânica), apontando para um processo de desmatamento e fragmentação da região.

Com isso, o processo de fragmentação aumentou no período entre 1990 e 2020 em toda a área, e os resultados das métricas apontam o aumento da fragmentação florestal ao longo dos anos devido à expansão de atividades agrícolas e de silvicultura, conforme as Microrregiões analisadas A1, A2, A3 e A4. Mesmo assim, ainda há uma necessidade de proteção e preservação nessa bacia, evitando degradações para os próximos anos e mantendo uma maior preservação nessas terras.

A metodologia adotada mostrou-se eficiente de maneira geral tornando possível alcançar os objetivos que foram traçados. Por outro lado, vê-se uma dificuldade na análise métrica de grandes áreas, sendo necessária a análise de áreas menores. Nota-se ainda que a utilização de bases de dados digitais de diferentes plataformas de livre acesso se mostram eficientes em relação ao objetivo proposto.

Iniciativas como a desenvolvida pelo Mapbiomas que tem como objetivo melhorar a base de dados de informações são de suma importância para refinamento de trabalhos, monitoramentos ambientais e análises de uso e cobertura da terra.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, L.S.; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 67, n. 1, p. 169-184, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv67n1-44732>
- AGUIAR, Ludmila. *et al.* Cerrado Terra incógnita do século 21. **Revista Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 330, out 2015.
- ALENCAR, A. *et al.* Mapping Three Decades of Changes in the Brazilian Savanna Native Vegetation Using Landsat Data Processed in the Google Earth Engine Platform. **Remote Sensing**, Basel, v. 12, p.924-947, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12060924>
- AMORIM, L.R. O cerrado - meu, seu, nosso: cuidemos! *In*: VI CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL VIII ENCONTRO NORDESTINO DE BIOGEOGRAFIA, 2020, JOÃO PESSOA. Educação Ambiental - cenários atuais da saúde ambiental e humana. Ituiutaba: Barlavento, 2020. p. 513-52.
- ANDRADE, L.M.G. **Uso Optimal do Território de Bacia Hidrográfica com fundamentos no conceito de Geociências Agrárias e Ambientais - Bacia do Ribeirão de Entre-Ribeiros no vale do Rio Paracatu**. 2007. Dissertação (Mestrado) - UFOP - Escola de Minas - Dep. de Geologia - Ouro Preto. 2007 *In*: CARNEIRO, J.A. *et al.* Análise do Impacto sobre o Bioma Cerrado na Área do Interflúvio entre as Bacias dos Rios Paracatu e Paranaíba. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 21, n. 35, p. 12-30. 2011.
- ARAÚJO, B. D.; CARVALHO, A. C. Avaliação de áreas para Corredores Ecológicos na Região da Serra do Curral – RMBH, com o apoio de Geotecnologias. **Revista APPURBANA**. Belo Horizonte, n.2, 2012.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: UFSC, 2009.
- BORGES, L. F. R.; SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D. de; MELLO, J. M. de; ACERBI JUNIOR, F. W.; FREITAS, G. D. de. Inventário de Fragmentos Florestais Nativos e Propostas para seu Manejo e da Paisagem. **Revista Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 22-38, jan./jun. 2004.
- BOSCOLO, D.; FERREIRA, P.A.; LOPES, L. E. Da matriz à matiz: em busca de uma abordagem funcional na Ecologia de Paisagens. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 157-187, 2016.
- BOURGOIN, C.; OSZWALD, J.; BOURGOIN, J.; GOND, V.; BLANC, L.; DESSARD, H.; PHAN, T. V.; SIST, P.; LÄDERACH, P.; REYMONDIN, L. Assessing the ecological vulnerability of forest landscape to agricultural frontier expansion in the Central Highlands of Vietnam. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 84, p. 101958, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101958>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243419307202?via%3Dihub>. Acesso em: 17 ago. 2022.

CALDEIRA, C.; PARRÉ, J.L. Diversificação agropecuária e desenvolvimento rural no bioma cerrado. **Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 344-359, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33871/26747170.2020.2.1.3356>

CALDERANO FILHO, B. *et al.* Levantamento de solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da microbacia Janela das Andorinhas no Município de Nova Friburgo, RJ. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, 1ª ed. 2003.

CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANE, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 35, p. 871-880, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500012>

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação**. São Paulo: Cultrix, 1995. 435p. *In*: LISITA, V. C. V. Estudo de fragmentos de cerrado *strictu sensu* em nove empreendimentos agropecuários do noroeste de Minas Gerais. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

CARVALHO, F.E.C.; FIRMIANO, R.G.; MARTINS JUNIOR, P.P. 2004. Análise Fluviométrica de Estações em Operação na Bacia do Paracatu. *In*: Martins Junior (coord.) **Projeto CRHA, Nota Técnica: NT- 22 / 224 p.**, 2004.

CETEC-MG - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Mapeamento, Inventário e Monitoramento da Cobertura Vegetal Nativa e de Florestas Plantadas em Parte do Estado de Minas Gerais. **CETEC/IEF**. Belo Horizonte: 1989. *In*: VASCONCELOS, V.V.; JUNIOR, P.P.M.; HADAD, R.M. Caracterização Ambiental da Bacia do Rio Paracatu. Universidade Federal de Ouro Preto e Fundação CETEC. 2012.

CNUC – CADASTRO NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO. **Plataforma oficial de dados do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Painel de unidades de conservação, Brasília, 2022. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em: 11 de jan. 2023.

COLLI, G. R. *et al.* A Fragmentação dos Ecossistemas e a Biodiversidade Brasileira: Uma Síntese. *In*: **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, Efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de Políticas Públicas**. Ministério do Meio Ambiente, p. 317-324, Brasília, 2022.

CUNHA, N. R. DA S. *et al.* A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 2, p. 291–323, Brasília, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032008000200002>

CRUZ, R.; SILVA, A. A. S.; LIMA, L. P. Geoprocessamento aplicado ao planejamento urbano - Um olhar sobre as transformações na paisagem urbana ocorridas no bairro Jabotiana, Aracaju/SE. *In*: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO-GEONORDESTE, 2014, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju, 2014. P.18-21.

DA SILVA MENDES, I.A.; DA COSTA, A.M. Mudança temporal no uso e cobertura da terra na bacia do alto Rio das velhas. **RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 55, p. 154-175, Curitiba, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v55i0.82190>

DA SILVA, G. C.; DE OLIVEIRA FERREIRA, V. Uso e Ocupação do Solo e Cenário Tendencial de Vazões na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba-Brasil (Use and occupation of soil and trends scenarios of flows in the Paranaíba River basin-Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 1, p. 139-159, Recife, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.1.p139-159>

DOS SANTOS, J. T. S.; PENA, H. W.A. Geoprocessamento aplicado a ecologia de paisagem: uma análise da dinâmica espacial da Ilha do Papagaio-PA, Amazônia-Brasil. **Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social**, n. 11, Málaga, 2011.

ECHEVERRIA, C. *et al.* Desmatamento e fragmentação rápidos de florestas temperadas chilenas. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 130, n. 4, p.481-494, jul. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.017>

ELOY, L.; SCHIMIDT, I. B.; BORGES, S. L.; FERREIRA, M. C.; SANTOS, T. A. Seasonal fire management by traditional cattle ranchers prevents the spread of wildfire in the Brazilian Cerrado. **Ambio**, Estocolmo, 48(8), 890– 899, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1118-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-018-1118-8>. Acesso em: 17 ago. 2022.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Ana Rev. Echo. System* 34: 487-515. Fahrig, L., Lefkovitch, LP and Merriam, G. (1983). Population stability in an irregular environment. Inside: *Ecological Systems Analysis: State of the Art in Ecological Modeling*, pp. 61-67 (Lauenroth, WK, Skogerboe, GV and Flug, M. eds.). Elsevier, New York. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42179-1.50010-9>

FARINA, A. Principles and methods in landscape ecology. Londres: Chapman e Hall.1998. 235 p. *In: ABDALLA, LdS; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ. Revista Brasileira de Cartografia*, v. 67, n. 1, p. 169-184, Uberlândia, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv67n1-44732>

FERREIRA, M. C., AZEVEDO, T.S. Influência da Resolução Espacial na Estimativa da Dimensão Fractal de Fragmentos de Matas Ciliares. *In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 2003, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2003. p. 2721 – 2727.

FERREIRA, N.C. A sustentabilidade do Cerrado Brasileiro no Século XXI. **Revista UFG, Dossiê Cerrado**. Goiânia, ano XII, n. 9, dez. 2010.

FILHO, A.C; COSTA, K. A expansão da soja no cerrado. Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. **Agroicone**, São Paulo, 2016.

FORMAN, R.T.T. Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University Press. 1995. *In*: WEISS, Raquel *et al.* Métricas espaciais e SIG como instrumentos de caracterização e quantificação de áreas verdes urbanas. Abril de 2015.

FORMAN, R.T.T; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York, John Wilwy e Sons, 619p. 1986.

FRANCO, J. L. A.; GANEM, R. S.; BARRETO, C. Devastação e conservação no bioma cerrado: duas dinâmicas de fronteira. **Expedições. Teoria da história e historiografia**, v. 7, n. 2, p. 56-83, Morrinhos, 2016.

FRANÇA, L. C. J. *et al.* ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPACIAL DE MÉTRICAS DA PAISAGEM UTILIZANDO O PATCH ANALYST. **A produção do conhecimento na engenharia florestal**. Ponta Grossa – PR: Editora Atena, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.0062026101>

FRANÇOSO, R. D. Cerrado: Fitofisionomias. **Museu virtual do Cerrado**. UnB, Brasília – DF, 2015. Disponível em: <http://www.mvc.unb.br/pesquisa/2015-03-25-13-49-37/fisionomias>. Acesso em: 05 dez. 2022.

FREITAS, R. N.; COSTA, S. M. F. Aplicação de técnicas de geoprocessamento na avaliação dos vazios urbanos existentes na cidade de São José dos Campos, SP, em 2000. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia, 2005, v. 7, p. 3763-3770.

GAMARRA, R.M. *et al.* Fragmentação da vegetação em região de área protegida no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, Vargem Grande Paulista, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16230>

GANEM, R.S.; DRUMMOND, J.A.; FRANCO, J.L.A. Conservação da biodiversidade no bioma Cerrado: ameaças e oportunidades. **Novas Fronteiras**, p. 335-355, Porto Alegre, 2009.

GROOM, MJ; SCHUMAKER, N. (1993). Assessing landscape change: worldwide deforestation patterns and local fragmentation. *In*: Biotic Interactions and Global Change, pp. 24-44 (Kareiva, PM, Kingsolver, JG and Huey, RB, eds.). Sinauer Associates, Sunderland, MA. *In*: MULLU, Dagnachew. A Review on the Effect of Habitat Fragmentation on Ecosystem. **The International Institute for Science, Technology and Education (IISTE)**. Arba Minch University, Ethiopia, 2016.

GUARIZ, H.R.; GUARIZ, F.R. Avaliação do tamanho e forma de fragmentos florestais por meio de métricas de paisagem para o Município de São Roque do Canaã, Noroeste do Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 5, p. 2139-2153, Recife, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2139-2153>

HARRIS, L. D. The fragmented forest – The island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. Chicago: University of Chicago Press, 211p. 1984. *In*: SARCINELLI, T.S. Environmental representativeness and forest fragmentation in areas dominated by eucalyptus plantations: a proposal for the spatial arrangement of forest fragments. 2016.

HUNTER JR, M. L.; GIBBS, J.P. Fundamentals of conservation biology. John Wiley & Sons, 2006. (3rd edition). Blackwell Publisher. 482 p. iMapInvasives database. NatureServe. Ireland, LC 2005. US Forest Ownership: Historical and Global Perspective. Maine Policy Review, 14(1): 16–22. 2007.

HOBBS, R. J. Synergisms among habitat fragmentation, livestock grazing, and biotic invasions in southwestern Australia. **Conservation Biology**, v. 15, n. 6, p. 1522-1528, Austrália, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.01092.x>

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Plano Diretor de Recursos Hídricos do Rio Paracatu: Resumo Executivo. Governo de Minas Gerais.** Comitê da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Paracatu. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2006. 384p.

JESUS, E. N.; FERREIRA, R. A.; ARAGÃO, A. G.; SANTOS, T. I. S.; ROCHA, S. L. Estrutura dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio Poxim-SE, como subsídio à restauração ecológica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 39, n. 3, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000300007>

JOHHANSEN, C. J. *et al.* Sensoriamento Remoto: Mudando o Gerenciamento de Recursos Naturais. **Journal Of Soil & Water Conservation**. [s.l.], p. 42-45. abr. 2003.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, Boston, v. 19, p. 707-713. Austrália, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>

KORMAN, V. **Proposta de integração das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP).** Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2003.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG.** Tradução: Hermann Kux, São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LARREY-LASSALLE, P.; ESNOUF, A.; ROUX, P.; LOPEZ-FERBER, M.; ROSENBAUM, R. K.; LOISEAU, E. A methodology to assess habitat fragmentation effects through regional indexes: Illustration with forest biodiversity hotspots. **Ecological Indicators**, v. 89, p. 543-551, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.068>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X1830075X?via%3Dihub> Acesso em: 17 ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.068>

LATUF, M.O. **Mudanças de Uso do Solo e Comportamento Hidrológico nas Bacias do Rio Preto e de Entre- Ribeiros.** 2007. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

LEMOS, R. S. **A integração da gestão territorial a partir da política das águas.** 2018. Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

LIDICKER, WZ; PETERSON, JA. **Small mammal responses to habitat edges**. *In: Landscape Ecology of Small Mammals*, pp. 211-227 (Barrett, GW and Peles, JD eds.). Springer-Verlag, New York. 1999. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-21622-5_10

LINDENMAYER, D. B.; NIX, H. A. Ecological Principles for the Design of Wildlife Corridors. Conservation Biology. *In: MULLU, D. A Review on the Effect of Habitat Fragmentation on Ecosystem. The International Institute for Science, Technology and Education (IISTE)*. Department of Biology, Faculty of Natural Sciences, Arba Minch University, Ethiopia. 2016.

LISITA, V.C.V. **Estudo de fragmentos de cerrado strictu sensu em nove empreendimentos agropecuários do noroeste de Minas Gerais**. 2008 Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

LUTHER, D. A.; COOPER, W. J.; WOLFE, J. D.; BIERREGAARD, R. O.; GONZALEZ, A.; LOVEJOY, T. E. Tropical Forest fragmentation and isolation: Is community decay a random process? *Global Ecology and Conservation*, v. 23, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01168>. Acesso em: 16 ago. 2022.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Os municípios mais ricos do agronegócio. **Nota nº 01-2022/CGPLAC/DAEP/SPA/MAPA**. Brasília - DF, 03 jan. 2022.

MATA, C.L. *et al.* Avaliação Multitemporal da Susceptibilidade Erosiva na Bacia do Rio Urucuia (MG) Por Meio da Equação Universal de Perda de Solos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 2, São Paulo, 2007. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v8i2.94>

MCGARIGAL, K. E MARKS, B. J. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. **Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. US Department of Agriculture, Forest Service**, Pacific Northwest Research Station, p. 1-122, 1995. DOI: <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-351>

MCGARIGAL, K.; S.A. CUSHMAN; NEEL M.C.; ENE E. FRAGSTATS v3: Spatial pattern analysis program for categorical maps. 2002.

MCMAHON, J. The Environmental Consequences of forest fragmentation in the Western Maine Mountains. **Maine Mountain COLLABORATIVE**. P.O. Box A, Phillips, ME 04966. 2018.

MISSIO, E.; TONIAL, T. M.; SANTOS, J. E.; HENKE-OLIVEIRA, C.; ZANG, N.; PIRES, J. S. R. Análise ambiental e dinâmica do uso da terra de unidades da paisagem para o manejo de bacias hidrográficas. 2004.

MEDEIROS, J.D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. Catalogação na Fonte: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2011. 532 p. (Série Biodiversidade, 43). Brasília: MMA/SBF, 2011.

MELO, M.C.A.; ASSUNÇÃO, W.L. Bacia do Rio Paracatu: Regime Pluviométrico X Consumo de Água por Pivô Central. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 5, n. 2, 2011.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado) e Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): fase 2016-2020**. Brasília, 2018.

MMA/SBF – Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Floresta. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília, 2003.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropical*, v.1, n. 1/2, Campinas, SP, 2001. *In*: WEISS, R. *et al.* **Métricas espaciais e SIG como instrumentos de caracterização e quantificação de áreas verdes urbanas**. Abril de 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>

METZGER, J.P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, n. 3-I, p. 445-463, Rio de Janeiro, 1999. Tradução. Acesso em: 10 nov. 2022.

MULLU, D. A Review on the Effect of Habitat Fragmentation on Ecosystem. **The International Institute for Science, Technology and Education (IISTE)**. Department of Biology, Faculty of Natural Sciences, Arba Minch University, Ethiopia, 2016. Disponível em: https://core.ac.uk/display/234656524?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1. Acesso: 05 set. 2022.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p.853–858d, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A.S. **Landscape ecology: Theory and application**. New York, Spring Verlag, 1989. 356 p. Série Environment Management. *In*: ABDALLA, LdS; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 67, n. 1, p. 169-184, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv67n1-44732>

OLIVEIRA, L.T. **Caracterização da fragmentação florestal para produção de sementes no entorno capixaba do Parque Nacional do Caparaó**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2011.

PATTON, D. R. A diversity index for quantifying habitat “edge”. **Wildlife Society Bulletin**, v. 3, n. 4, p. 171-173, Bethesda, 1975. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3781151>. Acesso em: 25 jun. 2022.

PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALÊS, M.C.; ROBERTS, D.A.; VENTURIERI, A.V. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, v. 26, n. 1, p. 59-90, abr. Rio Claro, 2001.

PARRON, M.L. *et al.* **Cerrado: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Embrapa Cerrados, Planaltina, 2008.

PILI, S.; SERRA, P.; SALVATI, L. Landscape and the city: Agro-forest systems, land fragmentation and the ecological network in Rome, Italy. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 41, p. 230-237, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.04.016>. Acesso em: 17 ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.04.016>

PEREIRA, J.L.G. *et al.* Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. Geografia, p. 59-90, Rio Claro, 2001.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUEZ, R. DEL G.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M.; TEIXEIRA. Impacto das vazões demandadas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano, na Bacia do Paracatu. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.2, p.199-210, Campina Grande , 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000200011>

PÜTTKER, T.; CRUZEILLES, R.; ALMEIA-GOMES, M.; SCHMOELLER, M.; EMERSON, M. V.; PREVEDELLO, J. A. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. **Biological Conservation**, [s.l.] v. 241, p. 108368, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108368>. Acesso em: 17 ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108368>

RIBEIRO, S.; MARQUES, J.C.B. Características da paisagem e sua relação com ocorrência de bugios-ruivos (*Alouatta guariba clamitans* Cabrera, 1940; *Primates*, *Atelidae*) em fragmentos florestais no vale do Taquari, RS. **Natureza e Conservação**. [s.l.] v.3, n.2, p.65-78, 2005.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F.. **Cerrado: Ecologia e Flora**. v. 1. Brasília: EMBRAPA, 2008.

RURALMINAS. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu – Planpar. Consórcio MAGNA / DAM / EYSER - Governo de Federal, Governo do Estado de Minas Gerais, Governo do Distrito Federal, Brasil, fevereiro. 1996. *In*: VASCONCELOS, V. V.; JUNIOR, P.P.M.; HADAD, R.M. Caracterização Ambiental da Bacia do Rio Paracatu. Universidade Federal de Ouro Preto e Fundação CETEC. 2012.

SAITO, N. S. *et al.* Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. *Floresta e Ambiente*, [s.l.], v. 23, n. 2, p.201-210, 23 fev. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.119814>

SACRIOT, A. *et al.* **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 439 p:il.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História Ecológica da Terra**. São Paulo: Esgard Blucher Ltda, 1994. 320p.

SANO, S.M.; DE ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

SANTOS, L. A.C.; COUTO DE MIRANDA, S.; SILVA NETO, C.M. Fitofisionomias do Cerrado: definições e tendências. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 9, n. 2, p. e922022, 9 set. Porangatu, 2020.

SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; ARAÚJO, E. J. G.; ANDRADE, C. F. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 3, p. 151-158, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3758>. Acesso em: 23 ago. 2022.

SARCINELLI, T.S. **Environmental representativeness and forest fragmentation in areas dominated by eucalyptus plantations: a proposal for the spatial arrangement of forest fragments**. 2016. Dissertação (Mestrado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia, Química,) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

SAWYER, D. *et al.* **Perfil do Ecossistema: Hotspot de Biodiversidade do Cerrado**. Editora Super Nova, [s.l.] p.280, 2018.

SEOANE, C.E.S. Conservação da diversidade florestal. *In: SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS*, 8, Irati, 2006. **Anais** [...] Irati: Unicentro, 2006 p. 110-117.

SHAFFER, M.L. Minimum population sizes for species conservation. **BioScience** 31, 131-134. 1981. *In: GOULART, A. A.; PASSOS, E.; NUCCI, J.C.* Fragmentação da vegetação de Cerrado, entre os Anos de 1984 e 2011 no Parque Estadual do Cerrado (Jaguariaíva-PR) e em sua Zona de Amortecimento. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 3, p. 857-866, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150038>

SILVEIRA, D.S. Manejo sustentável de frutos do Cerrado na Região Noroeste de Minas Gerais como alternativa para preservação do bioma. [s.l.]. 2020.

SILVA *et al.* Análise integrada da paisagem em diferentes fitofisionomias de cerrado brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, nº 107, jan.-jun. 2022.

SILVA, F. B. **Modelagem hidrológica da bacia do rio Paracatu: avaliação do modelo WEAP como ferramenta de planejamento e gestão de recursos hídricos**. 2019. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.

SILVA, L.L. O Papel do Estado no Processo de Ocupação das Áreas de Cerrado entre as Décadas de 60 e 80. **Revista Caminhos da Geografia**, [s.l.], p 24-36. Dez. 2000.

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

SOUZA, F. F. **Utilização do Geoprocessamento no Estudo da Aptidão do Solo: Estudo de caso do município de Unaí, região noroeste do Estado de Minas Gerais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geoprocessamento), Instituto de Geociências,

Departamento de Cartografia. Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, Belo Horizonte, 2007.

STRASSBURG, B. B. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, [s.l.] v. 1, n. 4, 1-3, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>

TEIXEIRA, T. M. A. *et al.* Unidades geoambientais e modificações no uso do solo do município de formosa-go. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 13, n. 2, p. 48-66, 2019.

TEIXIDO, A. L.; GONÇALVES, S. R. A.; FERNÁNDEZ-ARELLANO, G. J.; DÁTILLO, W.; IZZO, T. J.; LAYME, V. M. G.; MOREIRA, L. F. B.; QUINTANILLA, L. G. Major biases and knowledge gaps on fragmentation research in Brazil: Implications for conservation. **Biological Conservation**, [s.l.], v. 251, p. 108749, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108749>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320720308077?via%3Dihub> Acesso em: 25 set. 2022.

TOLENTINO, G.; SOBRINHO, F. L. A. Cidade e campo: a reorganização territorial do município de cristalina-go e o impacto do agronegócio no cerrado. **Revista Eletrônica: Tempo, Técnica e Território**, [s.l.], v.10, n.1, p. 52:65. 2019. DOI: <https://doi.org/10.26512/ciga.v10i1.23853>. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/ciga/>. Acesso em: 27 nov. de 2022. DOI: <https://doi.org/10.26512/ciga.v10i1.23853>

TURNER, M. CARPENTER, S. At last: a journal devoted to ecosystems. 1998. *In*: ABDALLA, L. S.; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 67, n. 1, p. 169-184, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s100219900001>

VASCONCELOS, V. V. **Impactos e custos econômico-ambientais da agricultura moderna: estudo de caso da frente agrícola do noroeste de Minas Gerais.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Solos e Meio Ambiente) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

VASCONCELOS, V. V. **Frentes agrícolas de irrigação e zoneamento ecológico-econômico: estudo de caso da bacia de Entre-Ribeiros – Noroeste de Minas Gerais.** 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia – Tratamento da Informação Espacial). PUC-Minas. Belo Horizonte. 2010.

VASCONCELOS, V. V.; JUNIOR, P. P. M.; HADAD, R. M. Caracterização Ambiental da Bacia do Rio Paracatu. **ResearchGate**. Universidade Federal de Ouro Preto e Fundação – CETEC, Ouro Preto. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279976524_Caracterizacao_Ambiental_da_Bacia_d_o_Rio_Paracatu_SF7. Acesso em: 18 de ago. 2022.

VETTORAZZI, C. A. **Técnicas de geoprocessamento no monitoramento de áreas florestadas.** **Série técnica IPEF**. Universidade de São Paulo – Piracicaba, v. 10, n. 29, p. 45-51, 1996. *In*: ROCHA, N. C. V. Avaliação do uso e cobertura do solo e fragmentação florestal utilizando dados do projeto terraclass no município de Prima Vera-PA em 2004 e 2014.

Mestrado (Gestão Ambiental e Manejo de Paisagem), Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

VIANA, V. M. Biologia de manejo de fragmentos de florestas naturais. In: ABDALLA, L. S.; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 1, p. 169-184, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv67n1-44732>

VILELA, G. F.; FARIAS, A. R.; PAIM, F. A. de P.; CASTRO, G. S. A.; OSHIRO, O. T.; CARVALHO, C. A. de. Cerrado: Agricultural Production and Areas Designated for Environmental Preservation Registered in the Brazilian Rural Environmental Registry (Cadastro Ambiental Rural). **Journal of Environmental Science and Engineering**, Embrapa Territorial, Campinas, v. 9, n. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17265/2162-5263/2020.03.001>

VOLOTÃO, C.F.S. **Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats**. São José dos Campos: INPE, 45 p.1998.

WALLACE, J.B.; EGGERT, S.L.; MEYER, J.L.; WEBSTER, J.R. Several trophic levels of a forest stream linked to terrestrial waste inputs. **Science Magazine** v. 277: p. 102-104. 1997. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.277.5322.102>

WEISS, Raquel *et al.* Métricas espaciais e SIG como instrumentos de caracterização e quantificação de áreas verdes urbanas. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, João Pessoa-PB, 2015. **Anais [...]**. João Pessoa: Abril de 2015.

WWF-BRASIL. **Geoprocessamento aplicado à conservação da natureza**. [s.l.]. 2011. Portal: WWF-Brasil. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/educacaoambiental/bibliotecavirtual/>. Acesso em: 11 jan. 2023.

YU, M.; HUANG, Y.; CHENG, X.; TIAN, J. An ArcMap plug-in for calculating landscape metrics of vector data. *Ecological Informatics*, v. 50, p. 207-219, 2019. In: AMORIM, A. T.; SOUSA, J. A. P.; PIROLI, E. L. O uso das métricas de ecologia da paisagem para análise dos padrões da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Boa Vista. **Formação (Online)**, v. 28, n. 53, p. 625-642, Presidente Prudente – SP, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.02.004>