

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MIKE SAM JAMES FERREIRA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO
ALTO DA BACIA DO RIO PERDIZES MG**

**MONTE CARMELO
2022**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MIKE SAM JAMES FERREIRA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO
ALTO DA BACIA DO RIO PERDIZES MG**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia
Florestal, Campus Monte Carmelo,
da Universidade Federal de
Uberlândia, como parte dos
requisitos necessários para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia
Florestal.

Orientador: João Vitor Meza Bravo

**MONTE CARMELO
2022**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

MIKE SAM JAMES FERREIRA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO
ALTO DA BACIA DO RIO PERDIZES MG**

João Vitor Meza Bravo
Orientador

Homologado pelo Colegiado do Curso
Supervisionado em: ____/____/20____

Coordenador do Curso

**MONTE CARMELO
2022**

MIKE SAM JAMES FERREIRA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO
ALTO DA BACIA DO RIO PERDIZES MG**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia
Florestal, Campus Monte Carmelo,
da Universidade Federal de
Uberlândia, como parte dos
requisitos necessários para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia
Florestal.

Monte Carmelo, 14 de abril de 2022.

Prof. Dr. João Vitor Meza Bravo (orientador - UFU)

Prof. Dr. Drausio Honório Moraes (UFU)

Prof. Dr. Milton Serpa de Meira Junior (UFU)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a minha avó Sebastiana, pelo amor, pelo apoio incondicional e pela motivação que me foi dada nessa jornada. Jamais terei palavras para expressar a minha gratidão e minha admiração. A qual dedico essa conquista.

Ao meu avô Washington, pelo suporte durante todos os anos da minha vida, sendo meu amigo e incentivador do meu potencial.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Vitor Meza Bravo, por todo o aprendizado compartilhado, tempo, dedicação, paciência para comigo e pela participação importante na minha vida profissional e pelo crescimento pessoal.

A minha irmã de coração Jennifer Freitas, pelo carinho, pelo apoio e por estar ao meu lado em todos os meus momentos marcantes, bons e ruins, da minha vida.

A minha mãe de coração Ana Cláudia, por todo acolhimento, pelo carinho, pelos conselhos e pelo incentivo.

Aos meus afilhados Kauan e Luiz Arthur, por tornarem os meus dias mais divertidos e alegres.

A minha querida amiga Jamille Alonso, pelos cuidados, pela atenção, pelo amor, pela incrível dedicação a nossa amizade e por todo tempo que passamos juntos.

Aos meus amigos Guilherme Tanaka e Jessica Barbosa, pela incrível amizade durante a faculdade, pelas longas noites de estudos e pelo suporte.

A Universidade Federal de Uberlândia por proporcionar tanto aprendizado, crescimento pessoal e profissional. A todos os docentes, discentes, técnicos e demais profissionais envolvidos no curso de Engenharia Florestal.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Pode se encontrar a felicidade mesmo nas horas mais
sombrias, se a pessoa se lembrar de acender a luz.”*

Alvo Percival Wulfrico Brian Dumbledore

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e está em constante estado de mudanças ambientais, devido ao alto nível de atividades antrópicas que ocorre em sua área, sendo uma destas mudanças a fragmentação florestal proveniente da supressão vegetal dos remanescentes de mata nativa. As atividades antrópicas mais comuns na região são os plantios de culturas agrícolas com foco maior nos plantios de monocultura de soja e café. O avanço das fronteiras agrícolas sobre a vegetação nativa ocasiona cada vez mais a mudança na dinâmica de paisagens que são afetadas diretamente pelos impactos ambientais negativos, ocasionando a formação de mosaicos formados pelos fragmentos florestais. Através do uso de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto é possível se trabalhar com áreas de grande extensão territorial com precisão e obtendo produtos de qualidade. As métricas da paisagem tornam possível estabelecer a quantificação de uma imagem através do uso do plugin Lacos, do software QGIS, sendo este usado em larga escala por profissionais da área ambiental. O trabalho conclui sobre o intenso avanço das atividades agrícolas sobre os remanescentes de fragmentos florestais, mais precisamente as atividades de pastagens e plantios das culturas de soja e café.

PALAVRAS-CHAVE: cerrado, fragmentação florestal, métricas da paisagem, geoprocessamento

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes.....	19
Figura 2: Fluxograma de execução do trabalho.....	20
Figura 3: Progresso da delimitação da bacia hidrográfica do Rio Perdizes.....	22
Figura 4: Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Perdizes.....	23
Figura 5: Comparação do número de fragmentos florestais entre 1990 e 2020.....	28
Figura 6: Comparação entre as áreas de formação florestal, soja e café entre 1990 e 2020.....	29
Figura 7: Relação de soja e café sobre as lavouras temporárias entre 1990 e 2020.....	29
Figura 8: Mapa de Uso e Ocupação do Solo Bacia Hidrográfica Perdizes em 1990.....	31
Figura 9: Mapa de Uso e Ocupação do Solo Bacia Hidrográfica Perdizes em 2000.....	32
Figura 10: Mapa de Uso e Ocupação do Solo Bacia Hidrográfica Perdizes em 2010.....	33
Figura 11: Mapa de Uso e Ocupação do Solo Bacia Hidrográfica Perdizes em 2020.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de fragmentos em seus respectivos anos.....	25
Tabela 2: Área do maior fragmento de cada classe em km ²	25
Tabela 3: Área de cada classe em km ²	26
Tabela 4: Comparação do total de focos de incêndios em MG entre 2005 e 2009.....	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVO.....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 Bioma Cerrado.....	13
3.2 Desmatamento no bioma Cerrado.....	14
3.3 Fogo no bioma Cerrado.....	15
3.4 Fragmentação florestal.....	15
3.5 Efeito de borda.....	17
3.6 Geoprocessamento para o monitoramento ambiental.....	17
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1 Caracterização da área de estudo.....	18
4.2 Metodologia.....	20
4.2.1 Determinação dos anos de estudo.....	21
4.2.2 Delimitação da bacia hidrográfica.....	21
4.2.3 Mapeamento dos fragmentos florestais e de uso e cobertura do solo.....	23
4.2.4 Obtenção de métricas da paisagem.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
ANEXOS.....	40

1 INTRODUÇÃO

A área do estado de Minas Gerais possui o equivalente a 586 513 993 km² de extensão territorial (IBGE, 2020), e está situado dentro dos biomas Caatinga, Mata Atlântica e Cerrado, sendo este o segundo maior bioma do país, que ocupa aproximadamente uma área de 2 000 000 km² (EMBRAPA, 2020). O Cerrado possui uma dinâmica heterogênea, isso faz com que seu estudo seja influenciado diretamente por diferentes fitofisionomias vegetais que possuem alto grau de variação entre si (CLEMENTE; ESPÍRITO SANTO; LEITE, 2020). O bioma Cerrado é considerado como um dos biomas que mais sofreu com intervenções humanas no Brasil, devido à alta pressão agropecuária na região (PEREIRA; GUILHERME; MARIMON, 2021).

A expansão do agronegócio nas regiões centro-oeste e sudeste do Brasil avança de forma acelerada desde a década de 1970, com a abertura de novas áreas e introdução de novas tecnologias ao campo (VILELA et al, 2020). Do ponto de vista econômico novas áreas voltadas para a produção se dão como um investimento com alto nível de retorno, porém do ponto de vista ambiental, isso representa uma grande ação antropogênica ao meio ambiente (FEARNSIDE, 2001; FALEIRO; FARIAS NETO, 2009). Segundo Vilela et al. (2020), estudiosos e especialistas da área ambiental estão emitindo alertas sobre a expansão agrícola e a supressão da vegetação nativa, e como os desmatamentos estão influenciando na degradação e fragmentação das áreas naturais do Cerrado. As queimadas compõem outra forma de supressão sobre o bioma Cerrado, isso ocorre devido ao fato das queimadas serem utilizadas por grandes e pequenos produtores para a limpeza de áreas pós-plantio, como também para a abertura de novas áreas (ELOY et al, 2018).

A fragmentação florestal é uma consequência da pressão antrópica em áreas florestais de grande extensão, gerando fragmentos que tornam a configuração da paisagem em formato de mosaicos (GUARIZ; GUARIZ, 2020). A formação de um fragmento florestal está associada com as características da paisagem, como vegetação, presença ou ausência de centros urbanos, tipos de solos, presença de estradas e com o tipo e o porte da atividade antrópica presente na área. Esses fatores irão influenciar na área do perímetro, tamanho do fragmento e grau de isolamento entre os fragmentos florestais (CARVALHO; JUNIOR; PEREIRA, 2009). O avanço da fragmentação florestal no Cerrado do ponto de vista ambiental está relacionado com extensas áreas nativas que são substituídas por campos de pastagens e monoculturas, ocasionando o aumento do efeito de borda. Um efeito drástico que ocorre devido a esse processo é a perda da variabilidade

genética, consequentemente levando à perda da biodiversidade da região (GAMARRA et al, 2021).

O Código Florestal (Lei N° 12.651) é dado como um instrumento legal para a conservação e preservação da vegetação, solos, recursos hídricos e a biodiversidade, através de normas e diretrizes para as áreas de preservação permanente, áreas de reserva legal, exploração florestal e suprimento de matéria-prima florestal. Mesmo sendo considerado um dos códigos ambientais mais rígidos do mundo, sua taxa de efetividade é baixa. De acordo com o Artigo 1º, IV inciso da Lei N° 12 651, ressalta sobre a responsabilidade entre a União, Estados e Municípios, juntamente com a sociedade civil sobre a normatização de diretrizes para a preservação da vegetação nativa e o bem comum das relações ecológicas nas áreas urbanas e rurais, evidenciando sobre a necessidade de todos os cidadãos realizarem sua parte para o bem comum da sociedade. Considerando a importância para a biodiversidade do bioma Cerrado, se faz necessário um foco maior na execução da legislação prevista pelo Código Florestal, tendo em vista que o atual estado de conservação seria muito mais favorável ao meio ambiente se a sociedade como um todo simplesmente segue o que diz a legislação.

O Cerrado é considerado um dos mais importantes “hotspot” para a biodiversidade mundial e apresenta um alto índice de endemismo, evidenciando a necessidade de maior atenção para este bioma que se encontra em estado delicado em relação ao seu equilíbrio ecológico (KLINK; MACHADO, 2005). Este bioma conta com um grande número de espécies de fauna e flora registradas e novas espécies são descritas. O desenvolvimento econômico da sociedade sempre esteve entrelaçado aos recursos naturais e sua relação com a conservação de áreas naturais é bastante estreita, uma vez que há uma linha tênue entre produção e preservação (RANGEL, 2007). O desenvolvimento sustentável é um termo que explica sobre a necessidade de se traçar estratégias que tornem possível o crescimento econômico junto com a conservação dos recursos naturais, e tem sido bastante difundido atualmente em grandes debates sobre o tema (COLLI; VIEIRA; DIANESE, 2020). Com o atual cenário do Cerrado são necessários incentivos governamentais a pesquisa, visando desenvolver estratégias e técnicas que auxiliem os produtores a utilizarem métodos de desenvolvimento sustentável.

O fogo no bioma Cerrado ocorre tanto de forma natural, como de forma intencional, sendo um fator grave de degradação da vegetação e do solo. No Cerrado os produtores provocam queimadas intencionais para limpeza de área pós plantio e também abertura de novas áreas de pastagens, devido a isso ocorre a formação ou o aumento da

área entre os fragmentos florestais, relacionando a agricultura diretamente com o problema da fragmentação (MELO, 2020). Desse modo se fazem necessários programas de educação ambiental, direcionando os produtores a realizarem uso consciente dos recursos naturais, de modo a evitar a degradação dos recursos na região.

2 OBJETIVO

Mapear e analisar espaço-temporalmente a dinâmica de evolução e dispersão da fragmentação florestal em uma região predominantemente agrícola, a saber da bacia hidrográfica do rio Perdizes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Bioma Cerrado

O bioma Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ficando atrás somente do Bioma Amazônico. Possui aproximadamente uma área de 2.000.000 km² de extensão territorial, o que torna o Cerrado presente em 25% do território brasileiro. Há registros de aproximadamente 12.350 espécies de plantas, sendo 4.400 espécies endêmicas, sendo estas espécies com registros apenas no Cerrado (IBGE, 2007).

O Cerrado é considerado um dos biomas quem apresenta importância mundial, sendo um dos principais ‘hotspots’ da biodiversidade (KLINK; MACHADO, 2005). Por possuir um grande número de recursos naturais, o Cerrado tem sido explorado economicamente por décadas e consequentemente tendo sua estrutura alterada por atividades antrópicas. Um fato interessante e ao mesmo tempo preocupante é o bioma Cerrado ser considerado o segundo bioma que mais sofreu alterações no Brasil, ficando atrás somente do bioma Mata Atlântica (BEUCHLE et al, 2015).

3.2 Desmatamento no bioma Cerrado

O desmatamento ocorre de forma descontrolada e tem sido um problema ambiental de grande porte presente no Brasil a muitas décadas. A supressão da vegetação nativa ocorre de maneira desenfreada buscando aumentar cada vez mais a produção agrícola, visando o aumento do acúmulo de dinheiro e riquezas (SANTOS; FERREIRA; FERREIRA, 2017).

De acordo com Pendrill et al (2019), o desmatamento tem sido utilizado pelo agronegócio como uma ferramenta de abertura de novas áreas para a silvicultura e agricultura, além de atividade pecuária, como novas áreas de pastagens. Essa necessidade

de novas áreas de produção tem sido movida por interesses econômicos nacionais e internacionais.

Quando ocorre em larga escala o desmatamento é capaz de desencadear uma série de impactos ambientais negativos a vegetação natural de uma área, bem como os recursos hídricos locais e os solos da região. Dessa forma, movido por interesses econômicos, o desmatamento tem sido o agente causador da perda de vegetação no bioma Cerrado através da supressão da vegetação nativa acarretando na redução da área total de grandes extensões florestais, ocasionando assim a fragmentação florestal (ASSIS; ESCADA; AMARAL, 2021).

3.3 Fogo no bioma Cerrado

A ocorrência de fogo no bioma Cerrado é uma perturbação ambiental que pode ocorrer tanto de forma natural quanto causada de maneira intencional em intervenções antrópicas. De forma natural o fogo pode ter início por raios que por ventura incidem material orgânico, sendo este o combustível para o avanço do fogo na área. De forma antrópica o fogo é iniciado de maneira intencional para processo de abertura de novas áreas bem como a limpeza de restos culturais de plantios anteriores, tornando maior a ocorrência e a intensidade de fogo no Cerrado (TANSEY, 2004).

As espécies arbóreas presente no Cerrado apresentam adaptações morfológicas para sobreviverem com a incidência do fogo. Outra característica é que algumas sementes permanecem em estado dormente e só passam para a fase de germinação após a passagem do fogo sobre a mesma. Mesmo com essas características de sobrevivência o dano na maioria das vezes não é minimizado, causando a morte dessas plantas, consequentemente reduzindo a biodiversidade (SILVA et al, 2013).

3.4 Fragmentação florestal

As florestas correspondem a um elemento de extrema importância para a vida terrestre através do fornecimento dos serviços ecossistêmicos, abrigo para a biodiversidade mundial e a manutenção de carbono (FISCHER, 2021). Sendo a combinação de inúmeros organismos biológicos, uma floresta estar suscetível a ações, seja de forma natural ou de ações antrópicas, e independentes da ação a qual a floresta fora exposta, haverá consequências.

Em um sentido amplo a fragmentação ocorre quando por alguma intervenção sobre a extensão total da floresta, resulta na diminuição da área total e na formação de

fragmentos isolados entre si (SLATTERY; FENNER, 2021). As características dos fragmentos são variáveis para cada fragmento, como o formato, área do perímetro, área total e distância entre fragmentos, sendo cada uma dessas características influenciada pela ação a qual ocasionou a fragmentação da área.

Na atualidade mundial a fragmentação florestal tem ganhado espaço nas discussões relacionadas a proteção da biodiversidade, devido aos seus impactos ambientais significativos que afetam grandes regiões (RAMEZANI; RAMEZANI, 2021). Por se tratar de grandes áreas em extensão territorial, o estudo do processo da fragmentação bem como os fatores que influenciam é realizado através da utilização de geotecnologias, tornando viável o aprofundamento da coleta de informações pertinentes ao estudo.

Através de métodos do uso de imagens de alta resolução fornecidas por ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, é possível analisar de forma cautelosa e precisa sobre os aspectos de caráter relevante da fragmentação de uma determinada área. Um dos pontos principais para estudo de fragmentação florestal é gerar o mapa de uso e ocupação do solo região, dessa forma é possível caracterizar melhor a área e entender o contexto da dinâmica espacial da paisagem e quais são as atividades presentes na região que estão causando a fragmentação (LÖBEL et al, 2018).

Liu et al (2019) utilizou de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para produzir mapas com análises temporais associada com métricas da paisagem capazes de avaliar as tendências de fragmentação florestal na China. Os autores também contextualizaram sobre o processo de fragmentação com a perda da biodiversidade e sobre a expansão da urbanização e avanço das fronteiras agrícolas sobre as florestas nativas. Na discussão do trabalho citou-se sobre o aumento de plantios de espécies florestais, porém monoculturas, que acabaram aumentando ainda mais a fragmentação de florestas nativas.

Nayak et al (2020) avaliou sobre as infraestruturas de grandes cidades agravam o processo de fragmentação florestal na Índia através da geração de mapas e utilização de métricas da paisagem. Destaca-se no trabalho sobre a falta de investimentos em estudos para avaliação de condições ambientais no país. No estudo foram feitas as quantificações dos fragmentos florestais quanto ao tamanho e a distância entre fragmentos. Na discussão do trabalho evidenciou-se sobre a importância da mitigação de impactos ambientais negativos na ampliação de infraestruturas. Um ponto importante é sobre um dos

resultados é que os fragmentos florestais tomaram tendências semelhantes a áreas ambientais não protegidas.

Ramírez-Reyes et al (2018) discorreu sobre como o pagamento por serviços ambientais no México foi capaz de reduzir as taxas de fragmentação florestal no país, se mostrando uma ação parcialmente efetiva para a preservação de ecossistemas naturais. Constatou-se que onde os pagamentos por serviços ambientais eram maiores, houve um aumento na quantidade das manchas de remanescentes de florestas.

Os estudos citados remetem sobre como a fragmentação florestal é capaz de afetar todo o globo terrestre, independente do bioma, clima ou fitofisionomia na área. Ressalta-se sobre a importância de estudos relacionados com o tema de fragmentação e como esse processo impacta os locais em que ocorrem.

3.5 Efeito de borda

Um dos agravantes que ocorrem com a fragmentação florestal é conhecido como efeito de borda, que consiste na exposição da vegetação que delimita o fragmento. O efeito de borda está diretamente relacionado ao tamanho e forma do fragmento, e é definido como a região de contato entre a área ocupada e o interior do fragmento (KRISHNADAS; STUMP, 2021). Devido ao efeito de borda há a ocorrência de uma barreira formada no perímetro do fragmento que dificulta o fluxo gênico entre os fragmentos presentes no mosaico da paisagem.

A barreira formada é influenciada pela área total de contato do fragmento com o ambiente externo que geralmente são áreas antrópicas, onde há a variação considerando o perímetro do fragmento e a distância entre um fragmento e outro (CUNHA et al, 2021). Quanto menor o perímetro do fragmento florestal, maior será o efeito de borda deste fragmento, devido ao aumento da área de contato entre a borda e o ambiente externo. Essa condição gera um efeito cascata com as árvores mais externas e próximas a borda, expondo essas árvores a intempéries climáticas e afetando de forma negativa a capacidade de sobrevivência das mesmas (COMPARSI, 2021).

3.6 Geoprocessamento para o monitoramento ambiental

O uso de ferramentas de geoprocessamento vem sendo utilizadas em larga escala em diversos trabalhos da área de monitoramento ambiental. O geoprocessamento aplicado em grandes áreas, torna possível a representação gráfica dessa área e permite se

obter dados quantitativos em relação a diferentes variáveis. Nesse sentido a utilização de softwares relacionados a geoprocessamento e SIG se torna bastante atrativa para profissionais pertencentes as áreas ambientais (ALMEIDA, 2018).

Na ciência florestal, o geoprocessamento e SIG têm sido uma ferramenta bastante utilizada por profissionais e especialistas da área, devido à qualidade das informações coletadas a versatilidade de ser trabalhado (SILVA, 2020). É possível utilizar essas ferramentas em todas as fases da pesquisa, como na identificação da área, na coleta de dados, no processamento das imagens de interesse e na formulação do produto final. As vantagens da utilização de softwares são muitas, sendo uma delas a possibilidade de se trabalhar com áreas de grande extensão, evitando a necessidade de visitar a área de estudo fisicamente, sendo uma forma remota de trabalho confiável, devido à alta tecnologia de satélites disponíveis no cenário atual.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Perdizes está localizada na mesorregião do estado de Minas Gerais, próxima à divisa com o estado de Goiás e representada pelo mapa de localização abaixo, possuindo área de aproximadamente 1.230 km² (COSTA, 2018). O clima da região é do tipo Aw, de acordo com Köppen-geiger, recebendo o nome de tropical seco, definido por duas estações bem definidas, sendo uma estação seca e outra chuvosa. Os solos da região são do tipo Latossolo. (MASCARENHAS; FERREIRA; FERREIRA 2009; COSTA, 2018).

As principais atividades que ocorrem na região são atividades voltadas para a agricultura, como o plantio de culturas agrícolas como o café e soja juntamente com atividades pastoris, como a criação de gados. A área de estudo foi escolhida em função da crescente demanda do setor agrícola na área. Devido a forte economia agrícola na região, se fazem necessários estudos relacionais com a área ambiental para determinar quais os possíveis impactos ambientais negativos que estão sendo causados pela expansão das fronteiras agrícolas na região.

Pela projeção da análise multitemporal é possível obter informações que tornam capazes de compreender o início do processo de antropização juntamente com o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Perdizes e quais os rumos e proporções

que as atividades agrícolas sem os devidos cuidados ecológicos irão impactar na área de estudo.

Com um maior número de informações pertinentes a dinâmica de fragmentação florestal torna possível se entender melhor quais as diretrizes ambientais que devem ser seguidas para evitar problemas relacionados com a ecologia, como a perda de serviços ecossistêmicos, perda da biodiversidade, aumento da fragilidade ambiental e suscetibilidade a desaparecimentos de remanescentes de matas nativas.

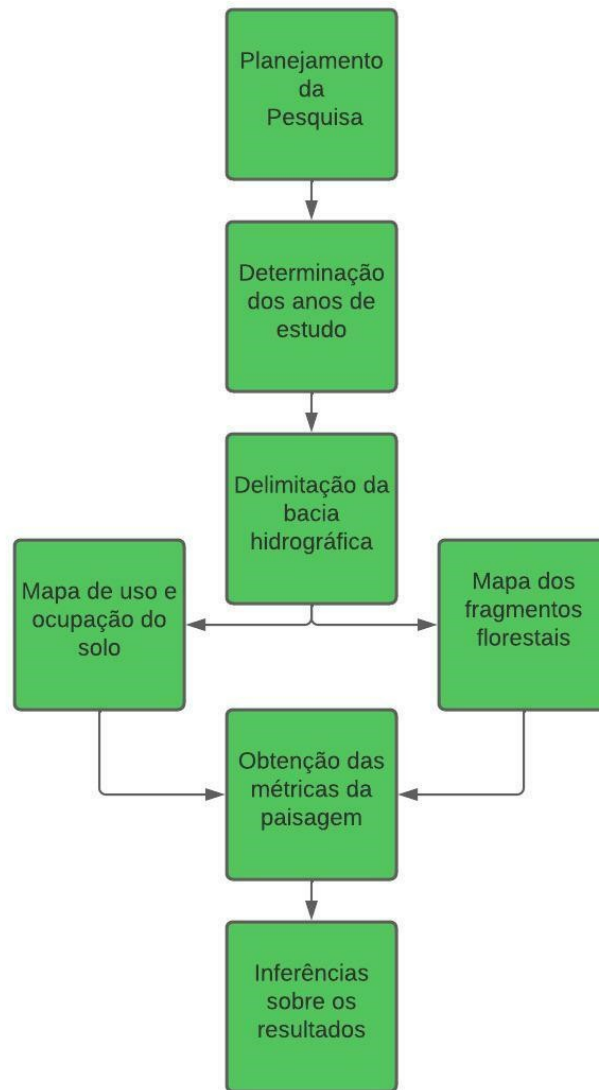
Ressalta-se sobre importância de se conhecer o porte das atividades antrópicas, bem como o agente causal e como isso afeta as florestas nativas a curto e longo prazo. Uma vez munido de informações sobre as características da antropização de áreas naturais, é possível traçar medidas mitigadoras para minimizar os efeitos drásticos dos impactos ambientais negativos.

Figura 1: Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes. Fonte: o Autor



4.2 Metodologia

Figura 2: Fluxograma de execução do trabalho. Fonte: o Autor



O planejamento da pesquisa consistiu em determinar qual área seria analisada bem como quais os anos seriam utilizados em razão da análise temporal, procurando definir quando se deu o início do avanço das atividades agrícolas sobre os remanescentes florestais nativos da área a qual ocorrerá o estudo.

A delimitação da bacia hidrográfica ocorreu após a definição da área de estudo. Esta é uma das etapas primordiais do trabalho, devido ao fato da necessidade de a qualidade da delimitação definir os produtos gerados a partir da mesma.

A partir da delimitação da bacia se faz necessário a geração dos produtos, no caso, os mapas que relacionam de fato o uso e ocupação do solo na região, além de definir de fato os fragmentos florestais quanto à localização e a dinâmica de fragmentação da área de estudo.

A obtenção das métricas da paisagem são indispensáveis para realizar a quantificação dos fragmentos florestais quanto aos tamanhos dos maiores e menores fragmentos, sendo estes dados de suma importância para a discussão e resultados do estudo.

Realizar a análise das métricas obtidas através das inferências estatísticas em relação a proporção juntamente com a contextualização destes resultados com o mapa de uso e ocupação do solo, aumentam a precisão das hipóteses em cima da discussão e conclusão do trabalho.

4.2.1 Determinação dos anos de estudo

A escolha do ano inicial e dos demais anos a serem estudados foi levada em consideração o avanço da tecnologia agroindustrial que ocorreu no Brasil nas décadas de 1980 e 1990, onde com a desmistificação dos solos do Cerrado houve um grande avanço dos plantios de soja e café, sendo este um fato característico da área de estudo.

Desse modo, definiu-se que a primeira década que deveria ser avaliada seja a de 1990, seguida de 2000, 2010 e 2020, respectivamente. Tendo por base a década de 1990 é possível acompanhar todo o avanço de atividade agrícola sobre os fragmentos florestais e é possível gerar teorias sobre como esse avanço foi responsável pela atual dinâmica de fragmentação, no ano de 2020.

4.2.2 Delimitação da bacia hidrográfica

A delimitação da bacia hidrográfica de Perdizes foi feita através da utilização do material base fornecido pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), sendo estes materiais a carta topográfica com escala de 1:250 000 juntamente com o shapefile de drenagem dos rios de todo país.

A função da carta topográfica é auxiliar na delimitação indicando sobre as curvas de níveis da região, enquanto o shapefile de drenagem dos rios foi para juntamente com as curvas de nível aumentar a precisão da delimitação da bacia, de modo a evitar selecionar áreas que não pertencem à bacia hidrográfica, nesse sentido, no software QGIS

foi adicionada a carta topográfica com o shapefile de drenagem dos rios sobrepondo a mesma.

Com a marcação do ponto da foz, foi iniciada a vetorização da delimitação da bacia hidrográfica utilizando a geometria de “polígono”, atentando para a seleção de áreas que realmente pertencem à área da bacia com base nas curvas de nível da carta topográfica e o sentido da drenagem dos rios presentes na região.

Figura 3: Progresso da delimitação da bacia hidrográfica do Rio Perdizes

Fonte: o Autor



Com o shapefile da delimitação da bacia hidrográfica pronta, foi realizada a operação de recorte de vetor, utilizando a shape de delimitação da bacia como a camada de sobreposição como para que seja possível obter o trecho de drenagem, dessa forma obteve-se o shapefile base da área de estudo.

Figura 4: Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Perdizes Fonte: o Autor



4.2.3 Mapeamento dos fragmentos florestais e de uso e cobertura do solo

O mapeamento dos fragmentos florestais em toda extensão da bacia hidrográfica foi feito com as imagens disponibilizadas pelo MapBiomas. O MapBiomas é um projeto colaborativo entre universidades, ONG's e especialistas das áreas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, com o objetivo de realizar o mapeamento anual de uso e cobertura do solo em todo território brasileiro, produzindo materiais de alta qualidade e confiáveis para uso. Nesse sentido, foi realizado o download das imagens já classificadas pelos profissionais do MapBiomas.

No website do MapBiomas foi possível selecionar os anos de interesse, sendo 1990, 2000, 2010 e 2020. O download foi realizado e dessa forma obteve-se uma imagem no formato "TIFF" de toda a classificação e uso do solo para todo o território nacional. Através da operação de "recorte" utilizando o shapefile da delimitação da bacia hidrográfica foi possível obter as imagens para a área de estudo nas diferentes escalas temporais.

No download das imagens vem acompanhado um arquivo compatível com formato do Excel com o código correto de cada classe de uso e através da operação de

“reclass”, foi realizada a reclassificação de todas as classes de uso e ocupação de cada imagem.

4.2.4 Obtenção de métricas da paisagem

Para a obtenção das métricas da paisagem utilizou-se o plugin LECOS, sendo este um componente do software QGIS. O LECOS é largamente utilizado em trabalhos relacionados com ecologia da paisagem (SARDAR; SAMADDER, 2021; FERREIRA et al, 2018; SANTANA-CORDERO, 2021; BOSCH, 2019). É uma ferramenta de grande utilidade pela capacidade de fornecer informações complexas de forma simples e confiável, quantificando as características espaciais. O plugin LECOS realiza análises quantitativas das métricas desejáveis pelas manchas da imagem de diferentes classes de uso e ocupação do solo.

O LECOS permite se trabalhar com diversas métricas, porém para a área de estudo as métricas da paisagem utilizadas neste trabalho foram: número de fragmentos, área do maior fragmento, área da classe e área média dos fragmentos. Após o processamento da imagem pelo algoritmo, o plugin retorna os valores encontrados a partir de uma tabela do Excel.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise quantitativa das métricas da paisagem

O número de fragmentos corresponde a todas as manchas das diferentes classes de uso e ocupação do solo presente na imagem processada pelo plugin LECOS. De acordo com a Tabela 1, em 1990 o número de fragmentos de formação florestal pertencentes a área da bacia hidrográfica é de 2794 fragmentos. Enquanto no mesmo período o número de fragmentos florestais de formação savânica, corresponde a 2093 fragmentos. Nesse sentido, a fitofisionomia que se encontra em um estado de maior fragmentação é o de formação florestal.

Tabela 1: Número de fragmentos em seus respectivos anos. Fonte: o Autor

Classes	Número de Fragmentos			
	Ano			
	1990	2000	2010	2020
Formação Florestal	2794	3013	2986	2714
Formação Savânica	2093	1822	1905	1488
Silvicultura	1	1	83	231
Pastagem	642	1102	1451	1636
Área Urbanizada	10	11	8	9
Soja	2	176	303	405
Café	69	390	515	433
Outras Lavouras Temporárias	69	268	890	719

Entre a década de 1990 a 2000, a formação florestal teve um aumento de 7,26% no número de fragmentos, com 219 novos fragmentos, totalizando 3013 fragmentos. Esse aumento do número de fragmentos está associado com a constante ação da atividade antrópica sobre os remanescentes de formação florestais, considerando que os plantios de soja e café tiveram um aumento significativo no tamanho de sua área entre este mesmo período, aumentando sua área em 9,67 km² e 20,71 km², respectivamente.

Tabela 2: Área do maior fragmento de cada classe em km². Fonte: o Autor

Classes	Área do Maior Fragmento (km ²)			
	Ano			
	1990	2000	2010	2020
Formação Florestal	5,58	2,00	1,99	1,51
Formação Savânica	0,94	0,80	0,39	0,37
Silvicultura	0,008	0,003	0,38	0,95
Pastagem	611,04	449,92	287,20	253,95
Área Urbanizada	9,47	11,07	12,17	12,97
Soja	0,01	1,33	6,52	12,24
Café	0,11	1,13	2,54	3,38
Outras Lavouras Temporárias	1,55	4,78	1,74	1,76

Na Tabela 2 nota-se que a área do maior fragmento de formação florestal em 1990 é de 5,58 km², enquanto no ano de 2000 a área tem uma redução de 64,15%, com uma perda de 3,58 km² do maior fragmento. Considerando que no ano de 1990 a área da classe

era de 137,78 km² e que em 2000 a área da classe era de 135,02 km², houve uma redução da área da classe de formação florestal de 2,01%. Nesse sentido, constata-se que o aumento do número de fragmentos de formação florestal aumentou devido a redução da área da classe.

Tabela 3: Área de cada classe em km². Fonte: o Autor

Classes	Área da Classe (km ²)			
	Ano			
	1990	2000	2010	2020
Formação Florestal	137,78	135,02	132,00	118,30
Formação Savânica	45,08	35,54	31,46	24,96
Silvicultura	0,01	0,01	4,30	12,40
Pastagem	758,83	689,89	588,82	485,46
Área Urbanizada	10,40	12,49	13,40	14,27
Soja	0,01	9,68	79,63	110,74
Café	1,12	21,83	50,78	110,78
Outras Lavouras Temporárias	16,49	44,78	46,48	25,63

Enquanto na formação savânica houve uma diminuição de 14,87%, com a perda de 271 fragmentos, sendo assim, totalizando 1822 fragmentos. Considerando a Tabela 2 que em 1990 a área do maior fragmento de formação savânica corresponde a 0,94 km² e que em 2000 houve uma perda de 14,89%, totalizando redução de 0,14 km² do maior fragmento. Na Tabela 3, no ano de 1990 a área da classe era de 45,08 km² e que em 2000 a área da classe era de 35,54 km², nota-se uma redução da área de 21,16%, reduzindo 9,54 km². Visto que o número de fragmentos de formação savânica diminuiu 14,87% neste mesmo período e houve uma redução de 21,16% da área, constata-se que houve o desaparecimento de fragmentos de formação savânica.

Tabela 4: Comparação do total de focos de incêndios em MG entre 2005 e 2009

Fonte: Adaptado INPE Programa Queimadas

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL/ANO
2005	52	106	157	227	230	336	874	1520	2301	7145	548	206	13702
2006	168	135	103	153	379	444	1277	1948	3077	815	195	138	8832
2007	115	99	263	188	473	884	1429	3681	6800	5880	2306	396	22514
2008	99	84	113	172	285	283	767	1448	2765	4299	1436	137	11888
2009	82	104	132	61	200	216	515	702	1380	1128	310	106	4936

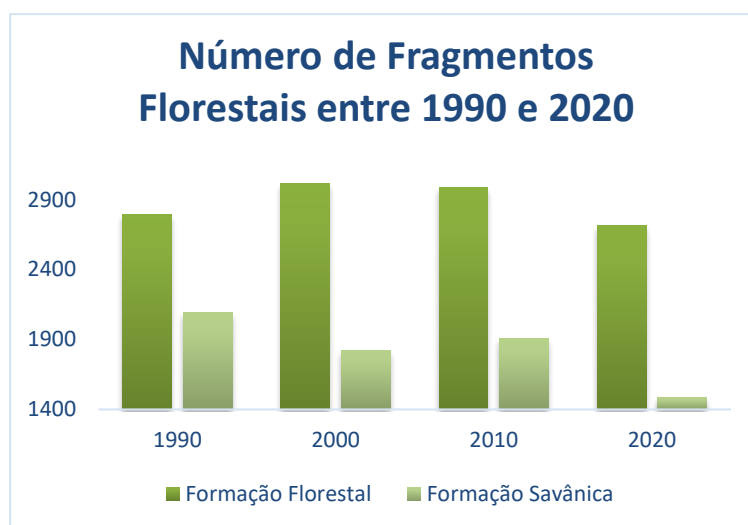
No período entre 2000 e 2010 não houve grandes mudanças em relação ao número de fragmentos e na área em quilômetros quadrados da classe de formação florestal. Enquanto na formação savânica, de acordo com a Tabela 1, houve um aumento do número de fragmentos florestais em 4,55%, com 83 novos fragmentos desta classe. Considerando que a área da classe citada na Tabela 3, neste mesmo período houve uma redução de 4,08 km², e houve um aumento significativo das culturas de soja e café de 69,95 km² e 28,95 km², respectivamente, é possível afirmar que houve aumento da fragmentação da classe de formação savânica devido ao aumento de áreas para os plantios agrícolas citados. A partir da análise da tabela 4, nota-se o aumento expressivo do número de focos de incêndio em Minas Gerais. Mesmo a vegetação do Cerrado possuir algumas adaptações para minimizar os efeitos do fogo, quando o mesmo ocorre em grandes proporções causa danos. Nesse sentido a hipótese seria que houve a fragmentação florestal de forma natural através da passagem do fogo na região.

No período entre 2010 e 2020 de acordo com a Tabela 1, a classe de formação florestal teve uma redução de 9,10%, com a redução de 272 fragmentos, totalizando 2714 fragmentos. A área do maior fragmento segundo a Tabela 2 desta classe também sofreu redução de 0,48 km². Enquanto a área desta classe considerando a Tabela 3, reduziu em 13,71 km². Comparando com a discussão anterior sobre a classe de formação florestal, nota-se que este foi o período com as maiores taxas de redução. Visto que o número de fragmentos se encontra em aumento e considerando as reduções da área do maior fragmento e da área de classe, nota-se que as atividades antrópicas na região ainda estão causando a fragmentação bem como a redução da área de formação florestal. Nesse sentido, nota-se o aumento nas áreas da classe de plantios de soja e café em 31,11 km² e 60,00 km², respectivamente.

No mesmo período a classe de formação savânica sofreu redução de 21,88%, com a perda de 417 fragmentos, totalizando 1488 fragmentos. Enquanto a área da classe obteve redução de 20,85 km². Considerando os avanços citados anteriormente no período de 2010 a 2020 pelas culturas de soja e café, é possível afirmar sobre o desaparecimento de fragmentos da classe de formação savânica.

Figura 5: Comparação do número de fragmentos florestais entre 1990 e 2020.

Fonte: O Autor

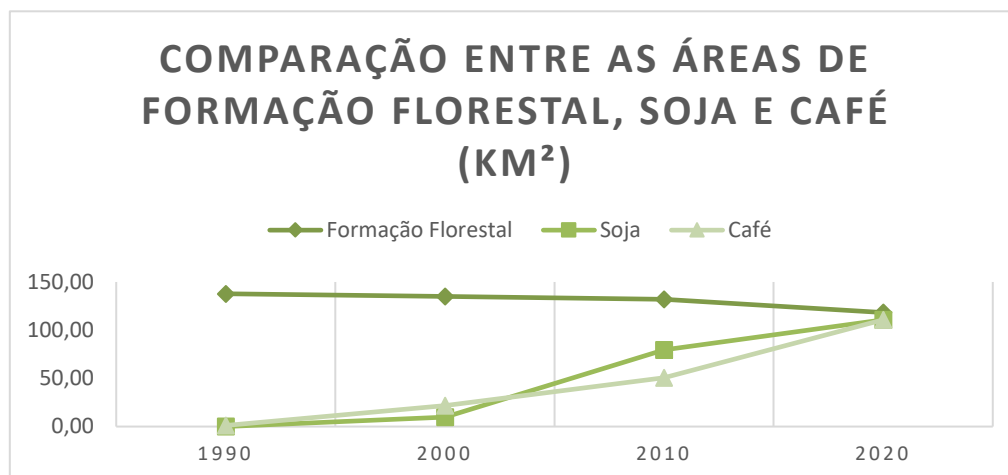


A Figura 5 remete sobre a comparação do número de fragmentos das classes de formação florestal e formação savânica. Nota-se sobre a dominância da formação florestal sobre a formação savânica em 30 anos. O ano de maior fragmentação florestal da formação florestal foi em 2000 com 3013 fragmentos enquanto o de menor fragmentação foi em 2020 com 2714 fragmentos. Enquanto o ano de maior número de fragmentos da classe de formação florestal foi em 1990 com 2093 fragmentos e o de menor número de fragmentos em 2020 com 1488 fragmentos. De acordo com a Tabela 3, a área em quilômetros quadrados da classe de formação florestal em 1990 era de 137,78 km² e que em 2020 a área foi reduzida para 118,30 km², nesse sentido entre 1990 e 2020 esta classe sofre uma redução de área de 19,48 km². Ainda de acordo com a Tabela 3, a classe de uso de formação savânica em 1990 possuía uma área de 45,08 km² e que em 2020 esta área foi reduzida para 24,96 km², dessa forma esta classe entre 1990 e 2020 perdeu uma área de 20,12 km².

Analisando a Tabela 3 é possível afirmar que em 1990 a classe de uso de pastagem era a possível maior causa de fragmentação florestal na bacia hidrográfica, considerando sua área de 758,83 km², quando comparado as culturas de soja e café em 1990, com áreas de 0,01 km² e 1,12 km², respectivamente. Visto a diminuição da área de pastagem ao longo dos anos (Tabela 3), e o grande aumento das culturas de café e soja, é possível observar que a pastagem passa a ter menor participação na fragmentação florestal da área

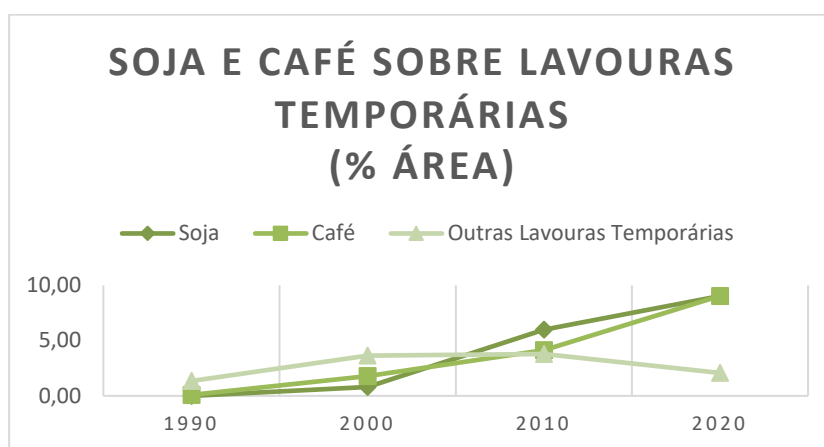
da bacia e as culturas agrícolas ganham força em relação a área (Figura 6). Nesse sentido, a hipótese seria que houve abertura de novas áreas de plantios agrícolas sobre os fragmentos florestais da área de estudo.

Figura 6: Comparação entre as áreas de formação florestal, soja e café entre 1990 e 2020. Fonte: o Autor



Uma outra informação que evidencia o avanço de plantios agrícolas de soja e café na região, é como tais culturas sobressaem outras lavouras temporárias. De acordo com a Figura 7, é possível ver o aumento da área de plantios de soja e café em relação a outras lavouras temporárias. Visto que em 2010 as culturas agrícolas superaram as lavouras temporárias que decaíram no ano de 2020 em relação a proporção de área ocupada por estas classes de uso do solo.

Figura 7: Relação de soja e café sobre as lavouras temporárias entre 1990 e 2020. Fonte: o Autor

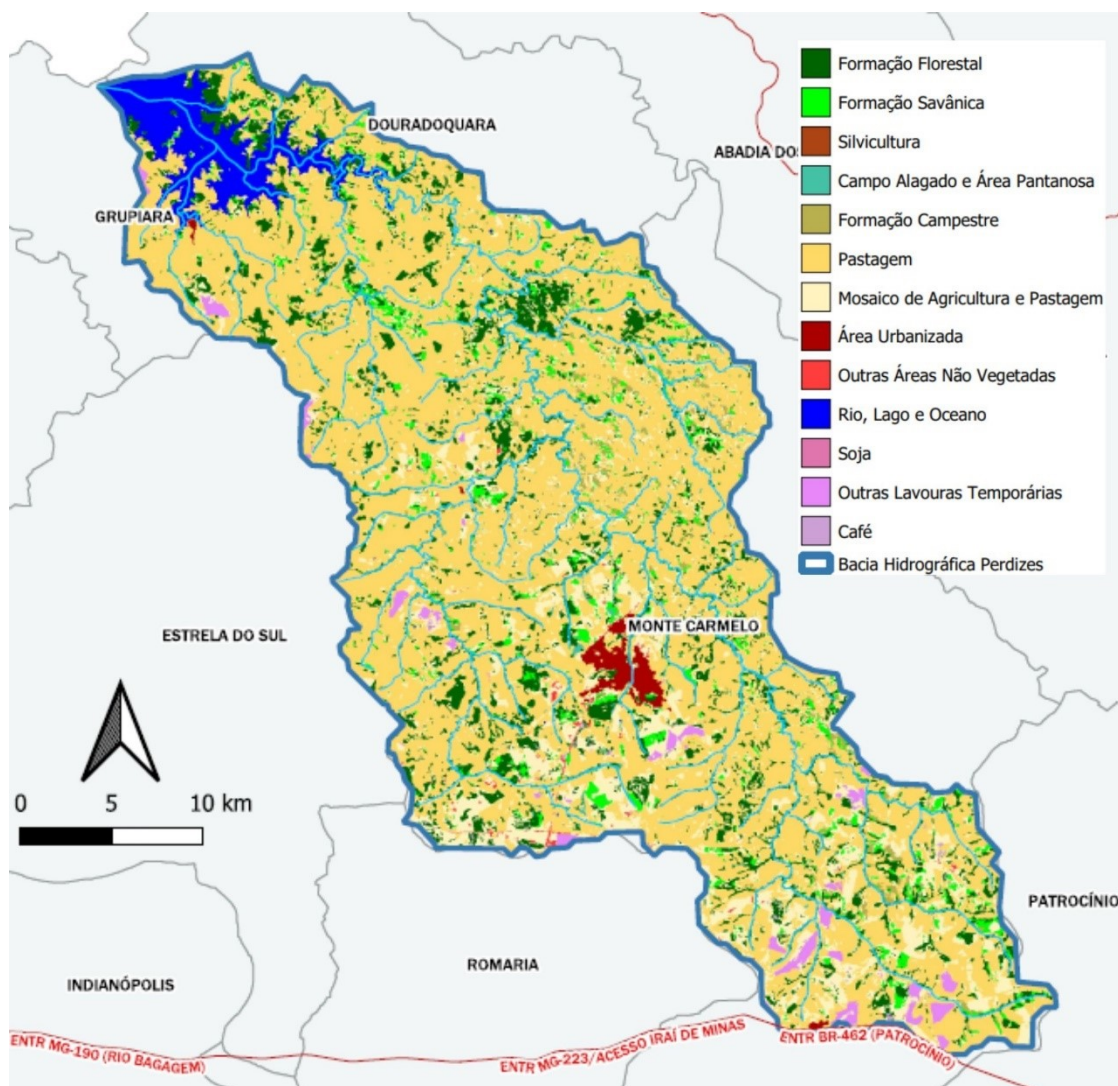


De acordo com a Tabela 3, a classe de uso e ocupação do solo de Silvicultura vem caminhando a passos lentos na região, uma vez que em 1990 sua área era de 0,01 km² e que em 2020 sua área era de 12,40 km², sendo assim o plantio de espécies florestais comerciais na região possui uma área muito menor quando comparado com as culturas de soja e café, evidenciando sobre a força de culturas agrícolas sobre a silvicultura na região.

As figuras 8, 9, 10 e 11 (Anexo 1) representam mostram os resultados das operações de reclassificação das imagens de uso e ocupação do solo obtidas através do MapBiomas. Em 1990 é possível observar sobre o alto número de fragmentos vegetais, evidenciando que essa área se encontra em estado de fragmentação há muitos anos antes de 1990. Os fragmentos compreendem as classes de uso do solo de formação savânica e formação florestal, durante toda a extensão da bacia.

Figura 8: Mapa de Uso e Ocupação do Solo Bacia Hidrográfica Perdizes em 1990.

Fonte: o Autor

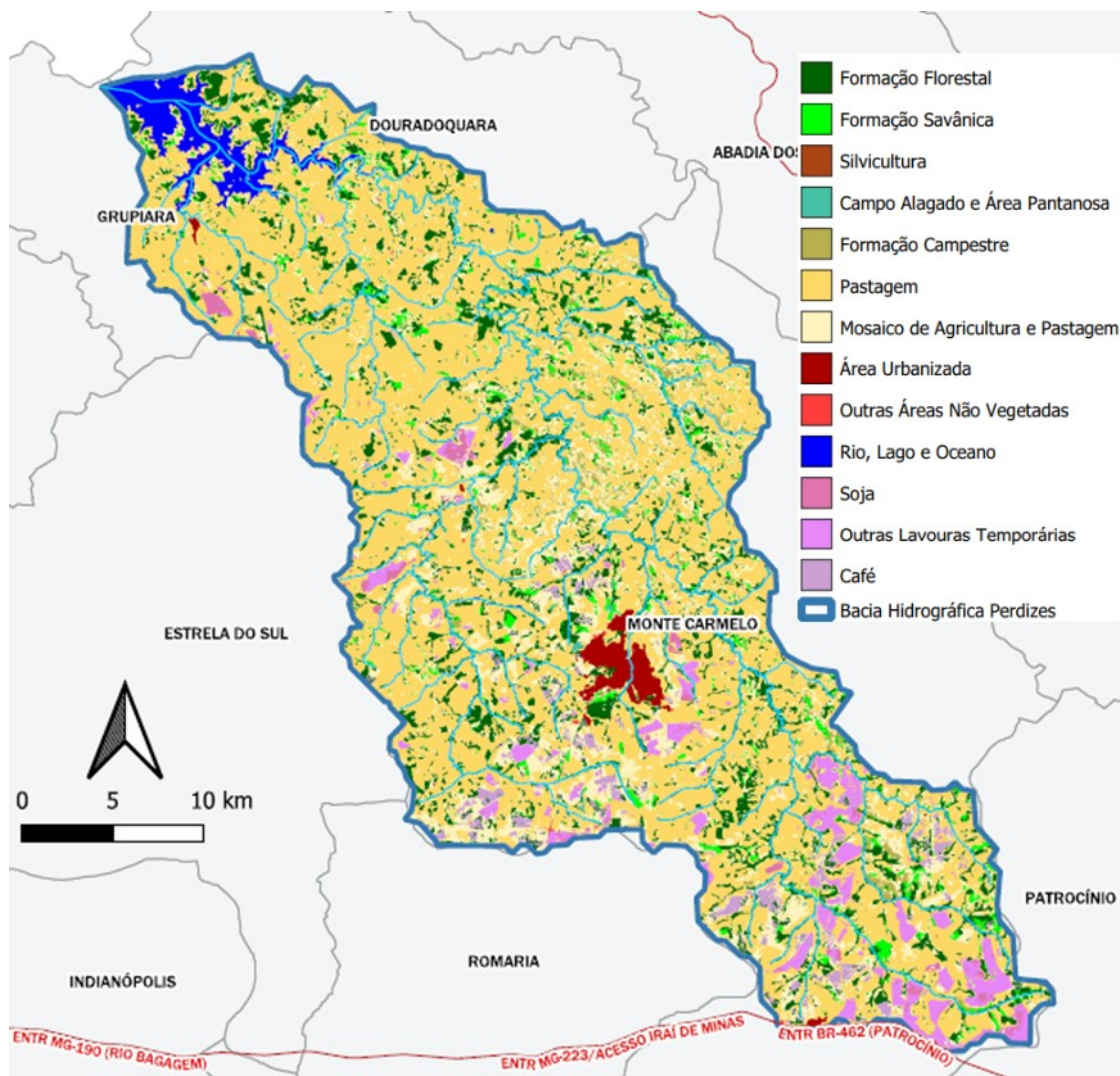


A área é majoritariamente ocupada por pastagens, evidenciando sobre a atividade antrópica agrícola mais comum na região para essa época.

Na região sul da bacia hidrográfica há uma pequena concentração de culturas agrícolas, sendo lavouras temporárias, que nesse período estava com indícios de área maior do que soja e café na região. Na região central da bacia hidrográfica próxima ao setor urbano da cidade de Monte Carmelo há uma concentração de fragmentos florestais. Na região norte da bacia também é possível observar uma quantidade considerável de fragmentos. Estes fragmentos demonstram estar formando pequenos grupos entre si.

Figura 9: Mapa de Uso e Ocupação do Solo Bacia Hidrográfica Perdizes em 2000.

Fonte: o Autor

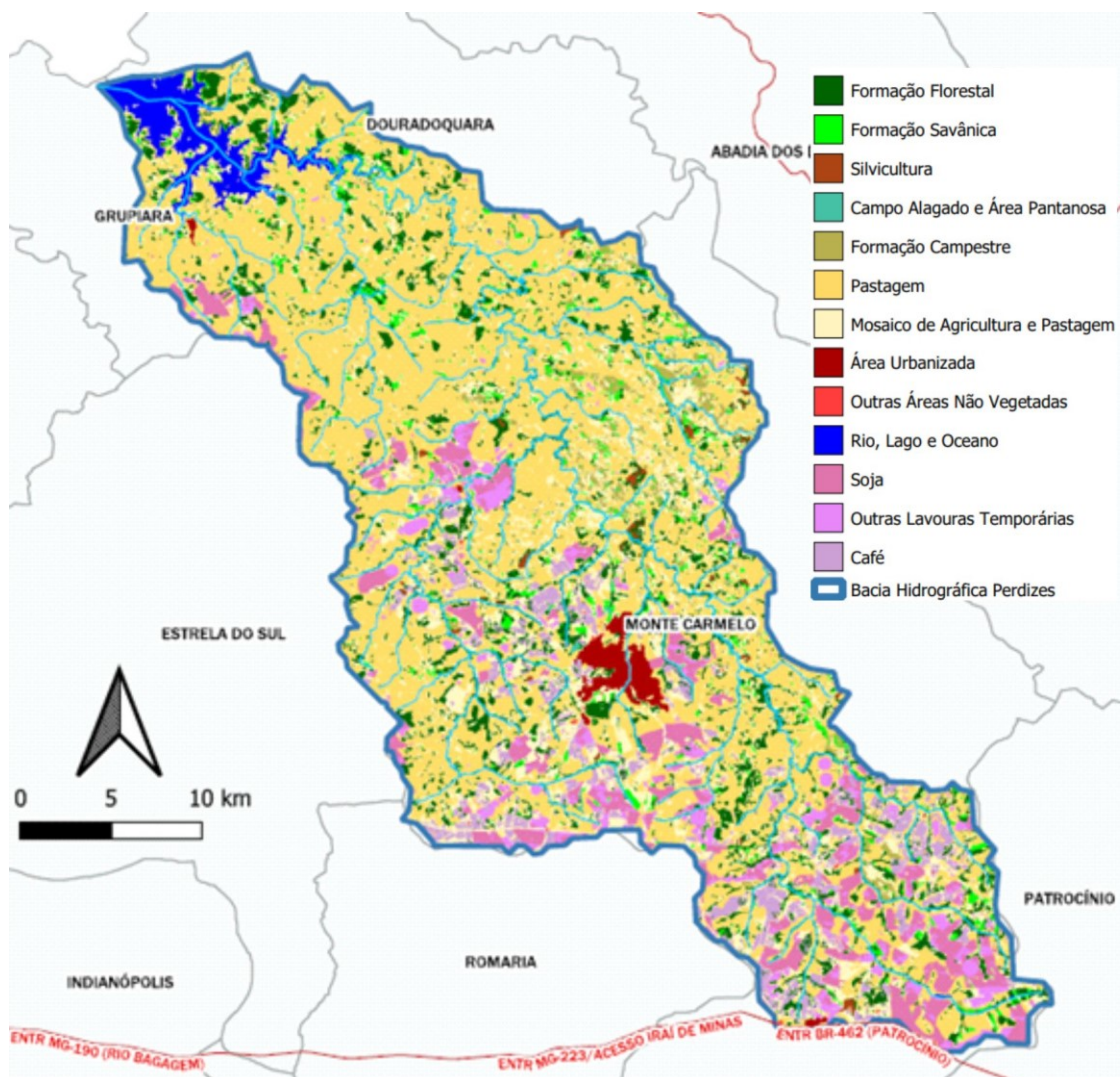


Em 2000 a região sul da bacia hidrográfica começa a se desenvolver nos plantios de cultura agrícola de soja e café, que começam a ultrapassar o plantio de outras lavouras temporárias, sendo esta região a que teve o maior avanço pelas atividades agrícolas na área da bacia, dando início a uma área com concentração de plantios.

A redução da quantidade de fragmentos florestais na região sul da bacia também começa a se destacar. O mesmo ocorre na região central próximo a cidade, onde a passos lentos a agricultura começa a se instalar em áreas de remanescentes florestais. Os fragmentos que em 1990 estavam de forma mais agrupada começa a se dissipar, dando continuidade a fragmentação florestal na área. Também é possível notar que na região norte próxima a área de vazão da bacia, houve uma redução significativa de fragmentos florestais próximos ao rio.

Figura 10: Mapa de Uso e Ocupação do Solo Bacia Hidrográfica Perdizes em 2010.

Fonte: o Autor



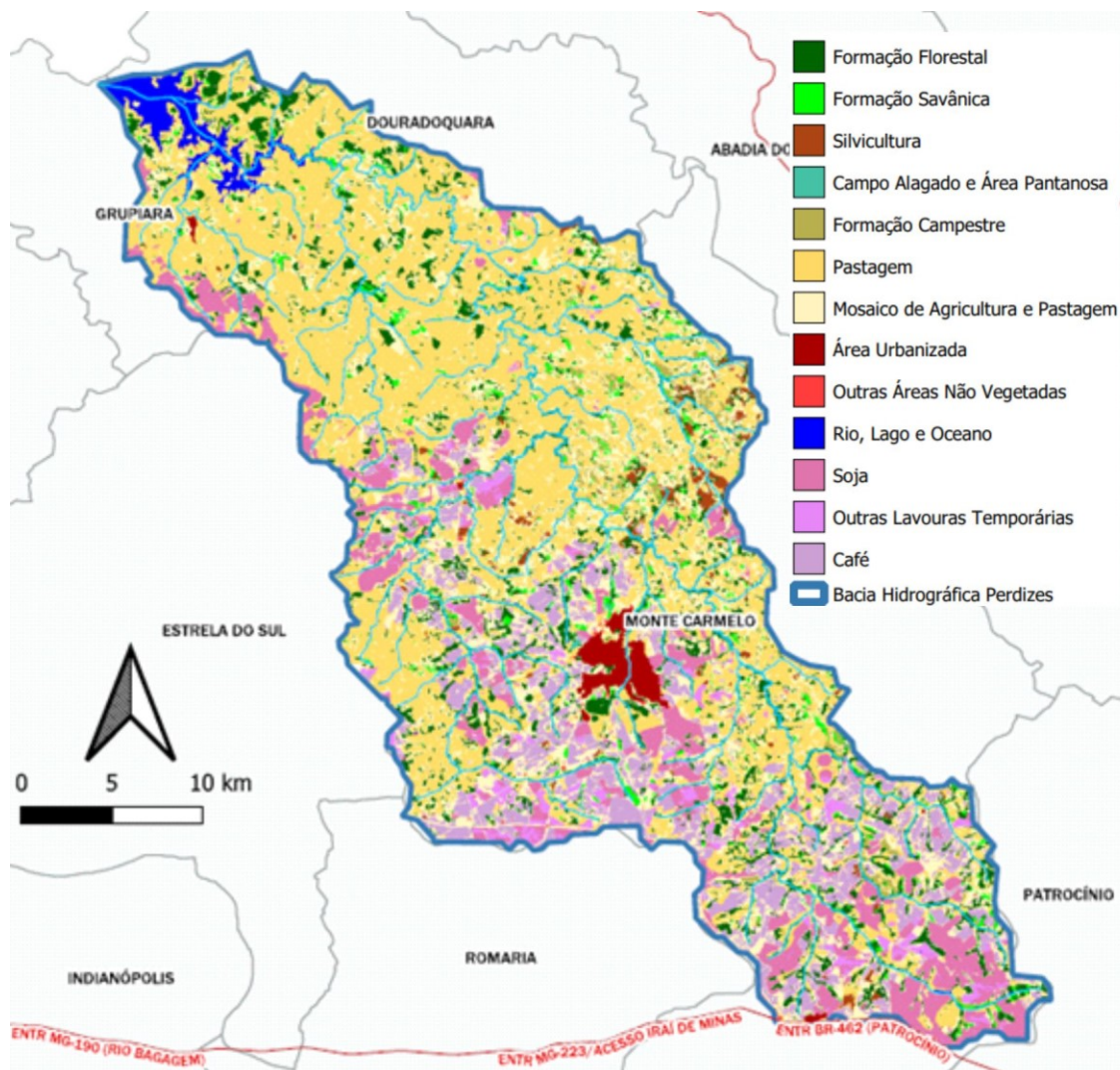
Em 2010 o avanço das culturas agrícolas de soja e café se intensifica ainda mais desde 2000, se acentuando principalmente na região sul da bacia hidrográfica, próxima a cidade de Patrocínio. É possível observar grandes manchas das classes de uso do solo de soja e café, evidenciando o aumento das manchas do período anterior. O mesmo ocorre entre na direção sentido sul a norte, até a área mediana da bacia próxima a cidade de Monte Carmelo, com grandes manchas das culturas agrícolas.

Nesse período é possível observar que as áreas de pastagens também sofreram grande redução e também foram fragmentadas na área, perdendo cada vez mais espaço para o plantio de culturas agrícolas. Os fragmentos florestais apresentam manchas cada

vez menores e com mais espaço entre si, o que evidencia a redução da área de vegetação nativa e a constante redução dos fragmentos devido ao avanço da agricultura na região.

Figura 11: Mapa de Uso e Ocupação do Solo Bacia Hidrográfica Perdizes em 2020.

Fonte: o Autor



Em 2020 a ocupação da região sul da bacia hidrográfica pelas culturas agrícolas de soja e café se torna nítido, tomando quase toda região sul. As manchas de soja e café se tornam cada vez maiores na área, com alguns fragmentos florestais entre os plantios, porém com grande diferença de espaço entre os fragmentos em si. A região média da bacia também passa a ter cada vez mais avanços das culturas na sua área crescendo mais em torno da cidade de Monte Carmelo, com tendência a seguir pelo norte da bacia, onde a atividade predominante ainda é a pastagem.

A atividade de pastagem perde muita força na região e se concentra mais na região norte, sendo esta região a maior detentora de fragmentos florestais na bacia hidrográfica. Os fragmentos florestais passam a ser cada vez mais escassos a medida do avanço das atividades agrícolas sobre eles, reduzindo seu tamanho e deixando os mesmos mais suscetíveis ao efeito de borda, dando tendência ao desaparecimento de fragmentos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De face com as argumentações realizadas neste trabalho, conclui-se sobre que avanço cada vez mais frequente e intenso de atividades relacionadas com a agricultura sobre a vegetação na região da bacia hidrográfica do rio Perdizes é o maior agente causal de fragmentação florestal na área da bacia, se acentuando na região sul da bacia, com grandes áreas de plantios de soja e café e com tendência a seguir pela região norte.

Em 1990 a atividade com maior potencial para causar a fragmentação florestal na área da bacia hidrográfica era as atividades relacionadas com a pastagem, que com o passar dos anos até chegar em 2020 foi substituída pelos plantios das culturas agrícolas de soja e café, sendo este o atual agente causal de atividade antrópica de fragmentação florestal na área da bacia.

A silvicultura avança a passos lentos na região, visto o aumento da área da classe ao longo dos anos. Quando comparado com as culturas agrícolas, a expansão de áreas para plantios florestais é relativamente baixa.

Se faz necessário a ampliação de pesquisas relacionadas com os impactos ambientais provocados pela redução das áreas das classes de vegetação nativa, como os impactos na flora, na biodiversidade, nos indivíduos de espécies endêmicas e no regime de chuvas da área da bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. N. O. et al. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 4, n. 1, 2018.

ASSIS, T. O.; ESCADA, M. I. S.; AMARAL, S.. Effects of Deforestation over the Cerrado Landscape: A Study in the Bahia Frontier. **Land**, v. 10, n. 4, p. 352, 2021.

BEUCHLE, R. et al. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010. **Applied Geography**, v. 58, pp.116-127, 2015.

BREJÃO, G. L.; LEAL, C. G.; GERHARD, P. A ecologia de peixes de riacho sob a perspectiva da ecologia de paisagens. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 2, p. 493, 2021

BOSCH, M. PyLandStats: An open-source Pythonic library to compute landscape metrics. *PloS one*, v. 14, n. 12, p. e0225734, 2019.

CARVALHO, F. M.V.; JÚNIOR, P. de M.; FERREIRA, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009.

CLEMENTE C. M. S.; ESPÍRITO-SANTO M. M. do; LEITE M. E. Estimates of deforestation avoided by protected areas: a case study in Brazilian tropical dry forests and Cerrado, **Landscape Research**, 45:4, 470-483, DOI: 10.1080/01426397.2020.1730773, 2020.

COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. 2020.

COMPARSI, D. M. et al. Alterações na composição, diversidade e abundância da fauna edáfica ocasionadas pelo efeito de borda em um fragmento urbano de mata atlântica. **Arquivos do Mudi**, v. 25, n. 2, p. 71-90, 2021.

COSTA, A. M. da. AVALIAÇÃO TEMPORAL DOS CONFLITOS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE PERTENCENTES À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERDIZES – MG. 2018. 45 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** - Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2018.

CUNHA, M. I. A. et al. Métricas da Paisagem e Geotecnologias na avaliação da fragmentação da vegetação na microbacia da Casca, no estado de Mato Grosso. **Embrapa Informática Agropecuária/INPE**, p. 609 - 621, 2014.

CUNHA, S. D. et al. Forest fragmentation in the landscape in the Atlantic Forest Biome: A systematic review of the literature. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 17, n. 1, 2021.

EMBRAPA. Cerrado .Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando->

ciencia/bioma-cerrado#:~:text=O%20segundo%20maior%20bioma%20do,a%20extens%C3%A3o%20territorial%20do%20pa%C3%ADs.>. Acesso em: 26 de Agosto de 2021

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**, 48(8), 890– 899. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1118-8>, 2018.

FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. de (Ed.). Savanas: demandas para pesquisa. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**. 170 p., 2009.

FEARNSIDE, P.M. **Environmental Conservation**, v. 28, p. 3-38, 2001.

FERREIRA, I. J. M. et al. Spatial dimension landscape metrics of Atlantic Forest remnants in Paraná State, Brazil. **Acta Scientiarum**. Technology, v. 40, p. e36503-e36503, 2018.

FISCHER, R. et al. Accelerated forest fragmentation leads to critical increase in tropical forest edge area. **Science Advances**, v. 7, n. 37, p. eabg7012, 2021.

GAMARRA, R. M. et al. Fragmentation of vegetation in protected area in the cerrado region. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e27310716230-e27310716230, 2021.

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. 05, p. 2139-2153, 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>>. Acesso em: 27 de Agosto de 2021

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biololy** 19, 707–713. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>, 2005.

KRISHNADAS, M.; STUMP, S. M. Dispersal limitation and weaker stabilizing mechanisms mediate loss of diversity with edge effects in forest fragments. **Journal of Ecology**, v. 109, n. 5, p. 2137-2151, 2021.

LIU, J. et al. Forest fragmentation in China and its effect on biodiversity. **Biological Reviews**, v. 94, n. 5, p. 1636-1657, 2019.

LÖBEL, S. et al. Biological traits explain bryophyte species distributions and responses to forest fragmentation and climatic variation. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 4, p. 1700-1713, 2018.

MASCARENHAS L. M. A.; FERREIRA M. E.; FERREIRA L. G. Sensoriamento Remoto como Instrumento de Controle e Proteção Ambiental: Análise da Cobertura

Vegetal Remanescente na Bacia do rio Araguaia. 2009. 14 f. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n1/v21n1a01> Acesso em: 20 dez. 2021.

MELO, P. et al. Assessing Wildfire Regimes in Indigenous Lands of the Brazilian Savannah-Like Cerrado. **Fire**, v. 4, n. 3, p. 34, 2021.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agropecuária brasileira em números**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros/abn-08-2021-1.pdf/view>>. Acesso em: 26 de Agosto de 2021

NAYAK, Rajat et al. Bits and pieces: Forest fragmentation by linear intrusions in India. **Land Use Policy**, v. 99, p. 104619, 2020.

PENDRILL, F. et al. Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. **Global environmental change**, v. 56, p. 1-10, 2019

PEREIRA, F. C.; GUILHERME, F. A. G.; MARIMON, B. S.. Edge Effects on Successional Dynamics of Forest Fragments in the Brazilian Cerrado. **Floresta e Ambiente**, v. 28, 2021.

RAMEZANI, H.; RAMEZANI, A.. Forest fragmentation assessment using field-based sampling data from forest inventories. **Scandinavian Journal of Forest Research**, p. 1-8, 2021.

RAMIREZ-REYES, C. et al. Payments for ecosystem services in Mexico reduce forest fragmentation. **Ecological Applications**, v. 28, n. 8, p. 1982-1997, 2018.

RANGEL, T. et al. Human development and biodiversity conservation in Brazilian Cerrado. **Applied Geography**, v. 27, n. 1, p. 14-27, 2007.

ROUSE, J. W., R. H., Haas, J. A., Shell, D.W., Deering and J.C., Harlan. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. **Final Report, Type III**, NASA/GSFC, Greenbelt, MD, 371 pp, 1974.

SANTANA-CORDERO, A. M. Geographic information science in historical landscape studies. GeoFocus. **Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 28, p. 121-134, 2021.

SANTOS, M.T.P.; FERREIRA, E.J.; FERREIRA, M.F.F. Estudo de caso da degradação ambiental do rio Gorutuba no município de Francisco Sá. **Revista Cerrados**, Montes Claros, v. 15, n.1, p. 265-284, jan./jun-2017.

SARDAR, P.; SAMADDER, S. R.. Understanding the dynamics of landscape of greater Sundarban area using multi-layer perceptron Markov chain and landscape statistics approach. **Ecological Indicators**, v. 121, p. 106914, 2021.

SCUSSEL, C. et al. Fragmentação florestal em área de Mata Atlântica no Sul do Brasil: uma análise baseada em métricas da paisagem. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 24, p. 45, 2020.

SILVA, L. S. da. Uso do geoprocessamento para mapeamento do uso e ocupação do solo com ênfase em métricas da paisagem: um estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Água Branca. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 17, n. 1, p. 33-44, 2020.

SILVA, P. S. D. et al. Foraging in highly dynamic environments: leaf-cutting ants adjust foraging trail networks to pioneer plant availability. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 147:110–119, 2013. <http://dx.doi.org/10.1111/eea.12050>

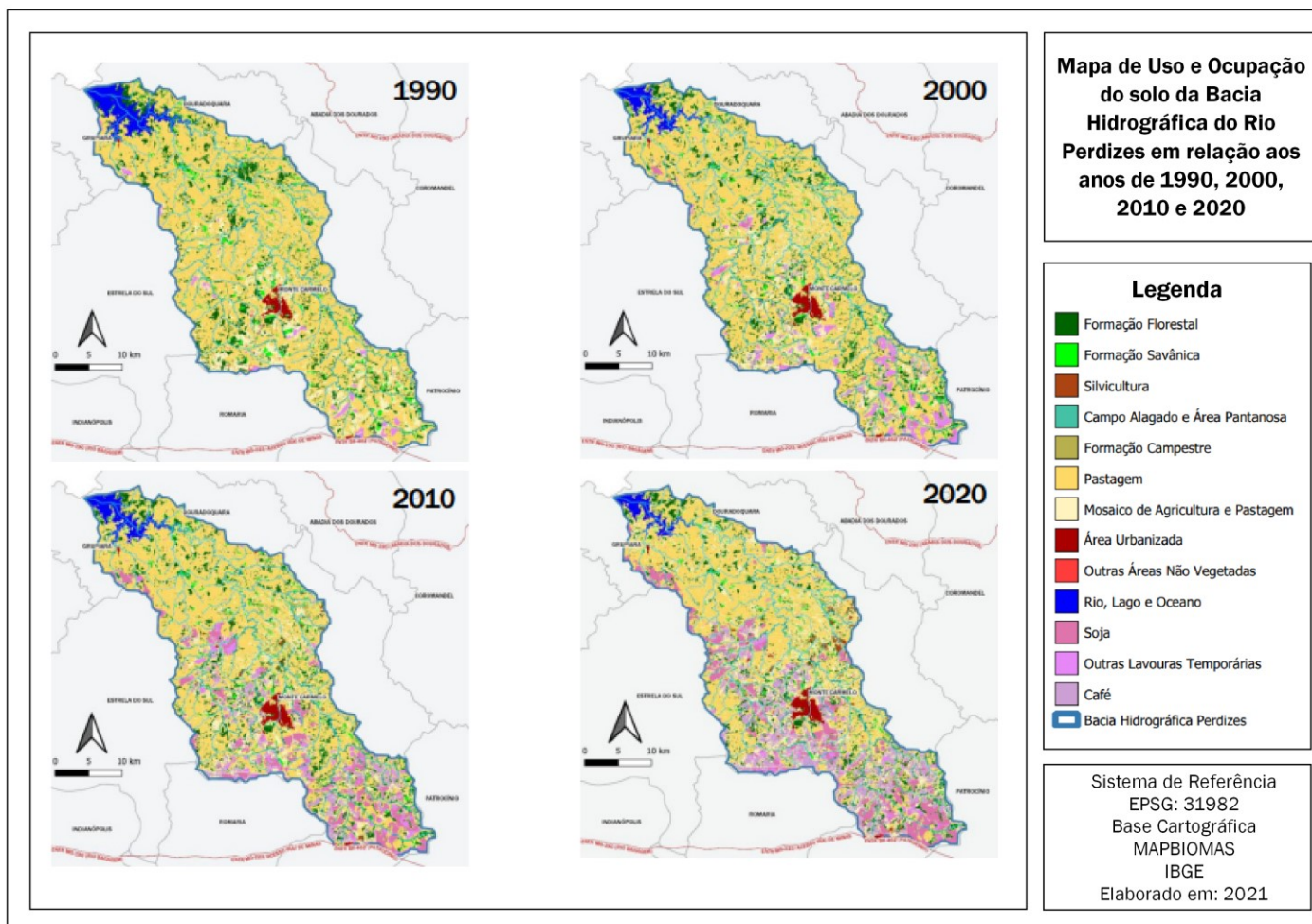
SLATTERY, Z.; FENNER, R.. Spatial Analysis of the Drivers, Characteristics, and Effects of Forest Fragmentation. **Sustainability**, v. 13, n. 6, p. 3246, 2021.

TANSEY, K. “Vegetation Burning in the Year 2000: Global Burned Area Estimates from SPOT VEGETATION Data.” **Journal of Geophysical Research**. 2004 . Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2003JD003598>. Acesso em: 27 março de 2022.

VILELA, G. F. et al. Cerrado: Agricultural Production and Areas Designated for Environmental Preservation Registered in the Brazilian Rural Environmental Registry (Cadastro Ambiental Rural). **Embrapa Territorial** - Artigo em periódico indexado (ALICE), 2020.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa de Uso e Ocupação do solo da bacia Hidrográfica do Rio Perdizes em 1990, 2000, 2010 e 2020.



ANEXOS

Anexo 2: Métricas obtidas do plugin LECOS correspondentes ao ano de 1990.

Classe	Nº representativo da classe	Área da Classe (m²)	Área da Classe (km²)	Landscape Proportion	Área da Classe (%)	Número de Fragmentos	Área do Maior Fragmento (m²)	Área do Maior Fragmento (km²)
Formação Florestal	3	137776825	137,78	0,112363	11,24	2794	5580035	5,58
Formação Savânica	4	45077600	45,08	0,036763	3,68	2093	937715	0,94
Silvicultura	9	7569	0,01	6,17E+09	0	1	7569	0,01
Campo Alagado e Área Pantanosa	11	11096995	11,1	0,00905	0,91	609	350697	0,35
Formação Campestre	12	16280078	16,28	0,013277	1,33	655	475165	0,48
Pastagem	15	758834300	758,83	0,61886	61,89	642	611037801	611,04
Mosaico de Agricultura e Pastagem	21	180048849	180,05	0,146837	14,68	6076	9931369	9,93
Área Urbanizada	24	10398124	10,4	0,00848	0,85	10	9467978	9,47
Outras Áreas Não Vegetadas	25	3202528	3,2	0,002612	0,26	188	319580	0,32
Rio e Lago	33	45831977	45,83	0,037378	3,74	28	45575472	45,58
Soja	39	12615	0,01	1,03E+11	0	2	6728	0,01
Outras Lavouras Temporárias	41	16492851	16,49	0,013451	1,35	69	1554168	1,55
Café	46	1120212	1,12	0,000914	0,09	69	109330	0,11

ANEXOS

Anexo 3: Métricas obtidas do plugin LECOS correspondentes ao ano de 2000.

Classe	Nº representativo da classe	Área da Classe (m²)	Área da Classe (km²)	Landscape Proportion	Área da Classe (%)	Número de Fragmentos	Área do Maior Fragmento (m²)	Área do Maior Fragmento (km²)
Formação Florestal	3	138021556	138,02	0,11256	11,26	3013	1995693	2
Formação Savânica	4	35539819	35,54	0,02898	2,9	1822	800632	0,8
Silvicultura	9	3364	0	2,74E+09	0	1	3364	0
Campo Alagado e Área Pantanosa	11	9460409	9,46	0,00772	0,77	525	280053	0,28
Formação Campestre	12	19986365	19,99	0,0163	1,63	746	1011723	1,01
Pastagem	15	689894166	689,89	0,56264	56,26	1102	449921544	449,92
Mosaico de Agricultura e Pastagem	21	215006696	215,01	0,17535	17,53	6260	6070338	6,07
Área Urbanizada	24	12491373	12,49	0,01019	1,02	11	11165116	11,17
Outras Áreas Não Vegetadas	25	1285889	1,29	0,00105	0,1	115	83259	0,08
Rio e Lago	33	28206299	28,21	0,023	2,3	66	26978439	26,98
Soja	39	9679069	9,68	0,00789	0,79	176	1334667	1,33
Outras Lavouras Temporárias	41	44776522	44,78	0,03652	3,65	268	4783608	4,78
Café	46	21828996	21,83	0,0178	1,78	390	1132827	1,13

ANEXOS

Anexo 4: Métricas obtidas do plugin LECOS correspondentes ao ano de 2010.

Classe	Nº representativo da classe	Área da Classe (m²)	Área da Classe (km²)	Landscape Proportion	Área da Classe (%)	Número de Fragmentos	Área do Maior Fragmento (m²)	Área do Maior Fragmento (km²)
Formação Florestal	3	1,32E+08	132	0,107653	10,77	2986	1989806	1,99
Formação Savânica	4	34459134	34,46	0,028103	2,81	1905	386860	0,39
Silvicultura	9	4303397	4,3	0,00351	0,35	83	375927	0,38
Campo Alagado e Área Pantanosa	11	9251000	9,25	0,007545	0,75	538	301919	0,3
Formação Campestre	12	26782486	26,78	0,021842	2,18	802	2165575	2,17
Pastagem	15	5,89E+08	588,82	0,480208	48,02	1451	2,87E+08	287,2
Mosaico de Agricultura e Pastagem	21	2,13E+08	212,93	0,173653	17,37	6639	5773465	5,77
Área Urbanizada	24	13395448	13,4	0,010925	1,09	8	12171793	12,17
Outras Áreas Não Vegetadas	25	1048727	1,05	0,000855	0,09	93	56347	0,06
Rio e Lago	33	32301969	32,3	0,026344	2,63	132	31289405	31,29
Soja	39	73632073	73,63	0,06005	6	303	6523637	6,52
Outras Lavouras								
Temporárias	41	46476183	46,48	0,037903	3,79	890	1741711	1,74
Café	46	50777898	50,78	0,041411	4,14	515	2544025	2,54

ANEXOS

Anexo 5: Métricas obtidas do plugin LECOS correspondentes ao ano de 2020.

Classe	Nº representativo da classe	Área da Classe (m²)	Área da Classe (km²)	Landscape Proportion	Área da Classe (%)	Número de Fragmentos	Área do Maior Fragmento (m²)	Área do Maior Fragmento (km²)
Formação Florestal	3	118296742	118,297	0,09648	9,65	2714	1509595	1,51
Formação Savânica	4	24964244	24,9642	0,02036	2,04	1488	370881	0,37
Silvicultura	9	12400545	12,4005	0,01011	1,01	231	949489	0,95
Campo Alagado e Área Pantanosa	11	8115650	8,11565	0,00662	0,66	493	276689	0,28
Formação Campestre	12	20736537	20,7365	0,01691	1,69	761	983970	0,98
Pastagem	15	485462204	485,462	0,39591	39,6	1636	253947519	253,95
Mosaico de Agricultura e Pastagem	21	271202316	271,202	0,22118	22,12	5690	18923341	18,92
Área Urbanizada	24	14265042	14,265	0,01163	1,16	9	12974107	12,97
Outras Áreas Não Vegetadas	25	1851041	1,85104	0,00151	0,15	150	71485	0,07
Rio e Lago	33	21611177	21,6112	0,01762	1,76	85	20657483	20,66
Soja	39	110743721	110,744	0,09032	9,03	405	12240755	12,24
Outras Lavouras Temporárias	41	25631157	25,6312	0,0209	2,09	433	1755167	1,76
Café	46	110778202	110,778	0,09034	9,04	719	3379979	3,38