

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GABRIEL FERNANDES LAVERDI

**Como 37 anos de mudança no uso da terra afetaram a estrutura da paisagem florestal de
Monte Carmelo, Minas Gerais**

MONTE CARMELO

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GABRIEL FERNANDES LAVRDI

Como 37 anos de mudança no uso da terra afetaram a estrutura da paisagem florestal de Monte Carmelo, Minas Gerais

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: Luciano Cavalcante de Jesus França.

MONTE CARMELO

2024

GABRIEL FERNANDES LAVERDI**Como 37 anos de mudança no uso da terra afetaram a estrutura da paisagem florestal de Monte Carmelo, Minas Gerais**

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, 16 de abril de 2024

Banca Examinadora



Prof. Dr. Luciano Cavalcante de Jesus França
Orientador

Dr. Edson Aparecido dos Santos
Membro da Banca



Prof. Drausio Honorio Morais
Universidade Federal de Uberlândia
SIAPE 1403996

Prof. Dr. Drausio Honorio Morais
Membro da Banca

MONTE CARMELO

2024

RESUMO

A conservação de ecossistemas naturais é um dos principais desafios deste século. Uma abordagem que envolva aspectos de dinâmica de uso e cobertura da terra, estrutura e composição da paisagem, é essencial para conciliar o crescimento da agricultura, a neutralização de emissões de carbono e proteger os ecossistemas frágeis, rumo à uma bioeconomia. Esse estudo investigou as mudanças na cobertura e uso da terra e na estrutura da paisagem do município de Monte Carmelo (MG) entre os anos de 1985 e 2022, importante representante agrícola da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Utilizando de base de dados do projeto MapBiomas e cálculo de métricas de ecologia de paisagens, foram analisadas as transformações nas classes de vegetação, incluindo formações florestais, savânicas, pastagens, agrícolas e outras. Os resultados revelaram redução nas áreas de formação florestal (perda de 5,66%) e savânica (perda de 52,72%), acompanhada por significativa fragmentação destas áreas naturais. As classes de cafeicultura, sojicultura, silvicultura e outras lavouras temporária apresentaram os incrementos em extensão de áreas mais significativos, resultado principalmente da notável conversão de áreas anteriormente ocupadas por pastagens. As métricas de paisagem indicaram, em termos gerais, uma tendência de fragmentação, diminuição e simplificação da forma das manchas vegetadas. Essas mudanças, quando analisadas conjuntamente, representam grandes desafios para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas locais, evidenciando a elevada necessidade de políticas locais e práticas de manejo ambiental que promovam a adequação ambiental, uso sustentável dos recursos naturais e a restauração de áreas degradadas. A integração de dados geoespaciais e inteligência geográfica na avaliação da estrutura e configuração da paisagem, oferece uma abordagem promissora para a gestão sustentável do uso da terra, enfatizando a importância da compreensão abrangente das características da paisagem para orientar corretamente políticas sustentáveis de uso de água e solo.

Palavras-chave: Ecologia de paisagens, Triângulo Mineiro, Ordenamento Territorial, Fragmentação Florestal, Sistema de Informações Geográficas.

ABSTRACT

Conservation of natural ecosystems is one of the main challenges of this century. An approach that involves aspects of land use and cover dynamics, landscape structure, and composition is essential to reconcile the growth of agriculture, the neutralization of carbon emissions, and the protection of fragile ecosystems toward a bioeconomy. This study investigated changes in land cover and use and in the structure of the landscape in the municipality of Monte Carmelo (MG) between 1985 and 2022, an important agricultural representative of the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba region. Using the MapBiomas project database and the calculation of landscape ecology metrics, transformations in vegetation classes were analyzed, including forest, savanna, pasture, agricultural, and other formations. The results revealed a reduction in the areas of forest formation (loss of 5.66%) and savanna (loss of 52.72%), accompanied by significant fragmentation of these natural areas. The classes of coffee farming, soybean farming, forestry, and other temporary crops showed the most significant increases in area extension, mainly because of the notable conversion of areas previously occupied by pastures. Landscape metrics indicated, in general terms, a tendency toward fragmentation, reduction, and simplification of the shape of vegetated patches. These changes, when analyzed together, represent major challenges for the conservation of biodiversity and local ecosystems, highlighting the high need for local policies and environmental management practices that promote environmental adequacy, sustainable use of natural resources, and restoration of degraded areas. The integration of geospatial data and geographic intelligence in the assessment of landscape structure and configuration offers a promising approach for sustainable land use management, emphasizing the importance of a comprehensive understanding of landscape characteristics to correctly guide sustainable water use policies and groundwater use.

Keywords: Landscape ecology, Triângulo Mineiro, Territorial Planning, Forest Fragmentation, Geographic Information System.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	OBJETIVOS.....	12
2.1.	Objetivo geral	12
2.2.	Objetivos específicos	12
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1.	Caracterização da área de estudo	12
3.2.	Aquisição e processamento dos dados de cobertura e uso da terra	14
3.3.	Análise métrica da estrutura da paisagem.....	15
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1.	Dinâmica do uso e cobertura da terra de Monte Carmelo (MG).....	18
4.2.	A fragmentação da paisagem florestal de Monte Carmelo (MG).....	22
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
6.	REFERÊNCIAS	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do município de Monte Carmelo, mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil.	14
Figura 2. Fluxograma dos procedimentos metodológicos para calcular métricas de paisagens pelo Patch Analyst (França et al., 2019).	17
Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra para o município de Monte Carmelo, entre os anos 1985 (A) e 2022 (B).	21
Figura 4. Mapa de fragmentação floresta para os anos 1985 (A) e 2022 (B) para o município de Monte Carmelo (MG).	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição e equações das métricas de paisagem analisadas para a área de estudo.	16
Tabela 2. Classes de uso e cobertura da terra para os anos avaliados e suas respectivas taxas de mudança na dinâmica espaço-temporal para Monte Carmelo (MG).....	18
Tabela 3. Caracterização quantitativa da fragmentação florestal em Monte Carmelo (1985 – 2022).	23
Tabela 4. Métricas de forma para o município de Monte Carmelo (MG) (1985 - 2022).....	27
Tabela 5. Métricas de borda para o município de Monte Carmelo (MG) (1985 - 2022).	28
Tabela 6. Métricas de tamanho e densidade para o município de Monte Carmelo (MG) (1985 - 2022).	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIG = Sistema de Informações Geográficas

MSI = Índice de Forma Médio

AWMSI = Índice de Forma média de Área Ponderada

CA = Área de Todas as Manchas da Classe

MPS = Tamanho médio das manchas

NUMP = Número total de manchas

MPFD = Dimensão fractal média da mancha

MPE = Média do perímetro (Borda)

PSCoV = Coeficiente de Variação do Tamanho médio das manchas

PSSD = Desvio Padrão do tamanho das manchas

TE = Total de Bordas

ED = Densidade de Bordas

SDI = Índice de Diversidade de Shannon

FAO = Organização para a Alimentação e Agricultura

ONU = Organização das Nações Unidas

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

1. INTRODUÇÃO

A região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba se consolidou como uma das principais áreas no contexto do agronegócio no cerrado brasileiro (Ortega et al., 2014). A pecuária, em especial, permanece como um pilar fundamental para o desenvolvimento socioeconômico regional, ao lado da produção e exportação de *commodities*, estabelecendo-se como uma das principais fronteiras de expansão agrícola moderna e contribuindo de forma significativa para a produção agropecuária em Minas Gerais e no Brasil como um todo (Ortega et al., 2014; Santos, 2019).

Apesar disso, é evidente que as atividades agropecuárias têm exercido pressão sobre os recursos naturais, resultando em modificações na paisagem e redução de áreas naturais, o que em algum grau implica diretamente na conservação destes ecossistemas mais frágeis (Brum; Dalfovo; Benfica, 2011). A mudança na paisagem afeta a biodiversidade local, além de modificar a cobertura da terra, que dependendo do manejo pode potencializar a degradação do solo, aumento da erosão e até mesmo emissões que contribuam com o aumento da mudança climática (Coelho et al., 2013).

Mapear dinâmica de uso e cobertura da terra, a configuração da paisagem rural, compreender os métodos de manejo empregados e repensar uma lógica de reconversão produtiva, é uma premissa esperada a nível de ordenamento territorial e ambiental, sobretudo em escalas locais, municipais ou a nível de bacias hidrográficas, sobretudo em regiões de intensa matriz agropecuária e de mudanças nas formas de uso da terra.

Neste sentido, a ecologia de paisagens é uma abordagem que tem sido utilizada para entender a dinâmica dos ecossistemas em grandes escalas espaciais e, como as atividades humanas podem afetar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Através da compreensão dos padrões e processos que ocorrem nas paisagens, informações úteis para a gestão e conservação de ecossistemas podem ser obtidas (Metzger et al., 2001) para auxiliar em processos de tomadas de decisões ambientais espaciais. A compreensão da paisagem como um produto dinâmico das interações entre sociedade e natureza torna-se essencial para explicar sua estrutura e mudanças, demandando uma abordagem multidisciplinar (Pivello e Metzger, 2007).

O termo “Ecologia da Paisagem” (*Landschaftsökologie*) foi utilizado pela primeira vez em 1939 pelo biogeógrafo alemão Carl Troll, embasado nas tradições europeias da geografia regional. Ao observar uma fotografia aérea, Troll buscou entender as interações recíprocas entre a

heterogeneidade espacial e os processos ecológicos. Tratava-se de uma nova perspectiva de análise, na tentativa de unificar conceitos de paisagem e de meio ambiente natural, bem como estreitar os campos de atuação entre a Geografia e a Ecologia (Metzger et al., 2001; França et al., 2020). A temática ainda se encontra relativamente escassa na literatura (Daloz et al., 2017), o que reforça a importância de novos estudos nesta linha de abordagem científica.

A crescente preocupação com manejo dos recursos naturais tem gerado demandas por investigações científicas relativos ao ordenamento territorial e gestão espacial destes recursos. Para isso são utilizados diversos métodos e técnicas de análises métricas da paisagem, de modo a tornar compreensível a dinâmica de sua estrutura, frente às mudanças impostas aos cenários (França et al., 2020). Alguns estudos específicos, como o de Pirovani et al. (2015) no Espírito Santo e o de Fernandes et al. (2017) na Bacia Hidrográfica do Rio Piauitinga (SE), utilizaram o *Patch Analyst*, uma extensão em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para avaliação espacial e mapeamento da biodiversidade e concluíram sobre a elevada fragmentação e comprometimento da qualidade ambiental dos remanescentes florestais. Algumas métricas de ecologia da paisagem têm sido comumente utilizadas, tais como métricas de área, borda, forma, número de fragmentos, tamanho de fragmento, distância média do vizinho mais próximo, índice de proximidade, Diversidade de classes de cobertura da terra (McGarigal e Marks, 1995), dentre uma diversidade de outras métricas.

Dessa forma, torna-se factível o uso destas geotecnologias e índices, em sua complexidade, para geração de conhecimento de base, com aplicação local, a fim de gerar princípios norteadores para uma gestão eficaz do uso da terra, seja em domínio público ou privado. As principais contribuições desta pesquisa estão relacionadas à necessidade eminente de avaliação do estado de conservação e configuração espaço-temporal de Monte Carmelo (MG) e o nível da qualidade ambiental, sobretudo da cobertura vegetal nativa local. Enfatizando a necessidade de se fazer previsões futuras, já que em um período relativamente curto, 37 anos, se foi possível evidenciar grandes mudanças e impactos na sustentabilidade local.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar por meio de análises geoespaciais e de ecologia de paisagens, a dinâmica de cobertura e uso da terra numa escala de 37 anos para o município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

2.2. Objetivos específicos

- Mapear as principais categorias de uso da terra na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, nos anos de 1985 e 2022.
- Quantificar as alterações na cobertura da terra ao longo do período analisado, destacando as mudanças significativas em cada classe de uso da terra;
- Analisar a diversidade e a distribuição espacial das paisagens na região, considerando aspectos como fragmentação e mudanças;
- Avaliar a fragmentação florestal da área de estudo.
- Avaliar a evolução temporal das métricas de ecologia de paisagens, destacando tendências e padrões nas mudanças no uso da terra;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A área alvo do estudo considera o município de Monte Carmelo, localizado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba em Minas Gerais (latitude de 18° 43'31'' S e longitude de 47°29'55'' W). Segundo dados do IBGE (2022), a população era de aproximadamente 47.692 habitantes em uma área 1.343,035 km², resultando em uma densidade demográfica de cerca de 35,51 habitantes por quilômetro quadrado. Possui clima tropical, classificado como Aw segundo a Köppen e Geiger, temperatura média de 21,2 °C e com um valor de pluviosidade média anual por volta de 1444 mm e predomínio do bioma cerrado IBGE (2022).

A região de Monte Carmelo é conhecida por apresentar solos com boas características físicas e boa fertilidade efetiva contribuindo para sua aptidão agrícola, com destaque para culturas como café, soja, milho, cana-de-açúcar, feijão, tomate, pimentão, frutas, eucalipto e seringueira. A produção de café recebe destaque especial, sendo reconhecida pela demarcação geográfica "Região do Cerrado Mineiro", que certifica a qualidade do café produzido, atribuída aos fatores locais de produção segundo Serato (2007). A escolha da área justifica-se por ser considerada um importante *hotspot* da agricultura brasileira e requer ser avaliada de modo à potencializar-se o modelos de desenvolvimento agrário que estejam acompanhados de plano de conservação robusto dos ecossistemas naturais locais.

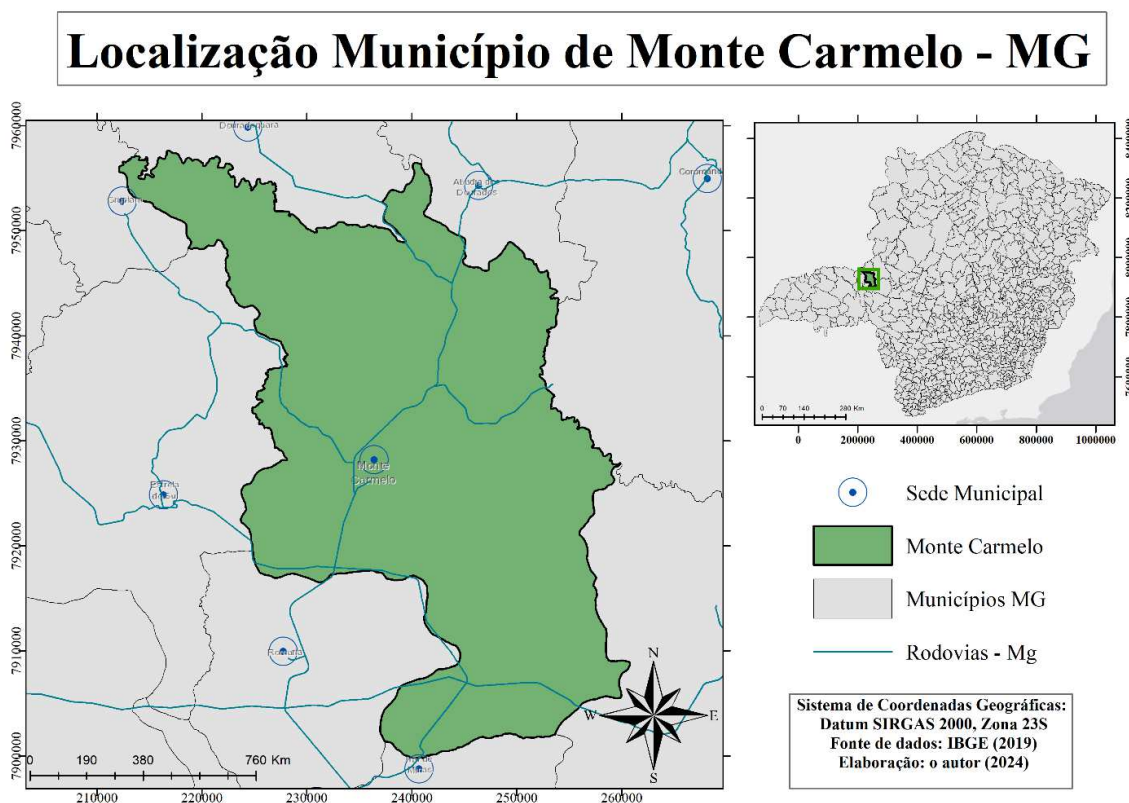


Figura 1. Mapa de localização do município de Monte Carmelo, mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brasil.

3.2. Aquisição e processamento dos dados de cobertura e uso da terra

A principal fonte de dados para este estudo encontra-se no portal do MapBiomas, uma instituição responsável por analisar as transformações anuais na paisagem brasileira, utilizando imagens de satélite e categorizando-as em diversas classes, como áreas de floresta natural, centros urbanos, pastagens, dentre outros. O trabalho baseia-se nas coleções de 1985 e 2022 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil (MAPBIOMAS, 2020). A base de dados foi obtida via armazenamento em nuvem do *Google Earth Engine*.

Na etapa seguinte, os dados foram convertidos do formato TIFF para polígonos e recortados e enquadrados para cidade de Monte Carmelo (MG), permitindo a análise do uso da terra e das métricas para os anos de 1985 e 2022. Os elementos obtidos para estudo incluem diversas

categorias de uso da terra, são elas: Formação Florestal, Formação Savânica, Silvicultura, Campo Alagado, Formação Campestre, Pastagens, Mosaico de Usos, Área Urbanizada, Áreas não vegetadas, Corpos D'água, Soja, Lavouras Temporárias, Café, Citrus, Lavouras Perenes.

Na análise do uso e ocupação da terra, foi calculada a diferença nas áreas de classes (em hectares) entre os anos estudados, a fim de verificar o aumento ou redução de uma determinada classe (Equação 01) em que $A_i = \text{área inicial}$; $A_f = \text{área final}$.

$$\text{Mudança} = A_f - A_i \quad (\text{Eq. 01})$$

Uma análise de fragmentação florestal também foi realizada neste estudo, de forma a dimensionar a perda de cobertura florestal de acordo com a densidade dos fragmentos. Os fragmentos florestais foram estratificados em 5 (cinco) classes de tamanhos: (i) 0 a 5 hectares; (ii) 5 a 20 ha; (iii) 20 a 50 ha; (iv) 50 a 100 ha e; (v) acima de 100 ha.

3.3. Análise métrica da estrutura da paisagem

A descrição quantitativa da estrutura da paisagem do município foi realizada a partir da extensão do programa *Patch Analyst*, uma extensão da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) implementada ao software ArcGIS 10.5. A extensão possibilita a condução de investigações e análises da paisagem, como a exploração de métricas na análise espacial de paisagem. Isso proporciona uma maneira ágil de compreender a dinâmica local por meio de diversas categorias de classificação. Utilizou-se como fundamentação teórica os passos metodológicos obtidos de França et al., (2019).

Na Tabela 1 foram selecionadas as métricas processadas no *Patch Analyst*, já que a maioria das métricas possuem resultados parecidos a serem medidos, diferenciando-se através de pequenos detalhes em fórmulas e unidades. Os grupos considerados foram: área, tamanho e forma (BATISTA, 2014). Para diagnosticar a heterogeneidade e diversidade da paisagem total da área de estudo, foi calculado o Índice de Diversidade de Shannon. No fluxograma da Figura 2 é apresentado o passo a passo metodológico para realização da análise métrica da estrutura da paisagem de Monte Carmelo (MG).

Tabela 1. Descrição e equações das métricas de paisagem analisadas para a área de estudo.

Grupo	Sigla	Métrica	Unidade	Descrição	Fórmula
Tamanho e Densidade	CA	CLASS AREA	Hectare (ha)	Área total da classe, representa a soma de todas as manchas de determinada classe de uso do solo.	$CA = \sum_{i=1}^N a_{ij}$
	MPS	MEAN PATCH SIZE	Hectare (ha)	Tamanho médio das manchas, expressa o tamanho médio das manchas por tipo de classe de uso do solo.	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n A_{ij}}{ni}$
	NUMP	NUMBER OF PATCHES	Adimensional	Número total de manchas, expressa o número total de manchas por tipo de classe de uso do solo.	$NumP = \sum_{i=1}^N ni$
	PSCoV	PATCH SIZE COEFFICIENT OF VARIANCE	Porcentagem (%)	Coefficiente de variação do tamanho da mancha, expressa o desvio padrão em porcentagem (%), ou seja, de quanto foi a variação em porcentagem para cada tipo de classe de uso do solo.	$PSCoV = \frac{PSSD}{MPS} \times 100$
Forma	MSI	MEAN SHAPE INDEX	Adimensional	Indicador médio de forma, expressa o quanto a mancha é próxima de um círculo. Essa métrica efetua a soma do perímetro de todas as manchas e divide pelo quadrado da área da classe de uso. Basicamente expressa que quanto mais próximo de 1 for o valor, a forma da mancha é mais parecida com um círculo.	$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi A_{ij}}} \right)}{ni}$
	AWMSI	AREA WEIGHTED MEAN SHAPE INDEX	Adimensional	Indicador médio de forma ponderado pela área, expressa o quanto a mancha é próxima de um círculo. Essa métrica efetua a soma do perímetro de todas as manchas dividido pelo quadrado da área da classe de uso sendo o resultado dividido pelo número de manchas da classe. Basicamente expressa que quanto mais próximo de 1 for o valor, a forma da mancha é mais parecida com um círculo.	$AWMSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi A_{ij}}} \right) \times \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_{ij}} \right]}{ni}$
	MPFD	MEAN PATCH FRACTAL DIMENSION	Adimensional	Dimensão fractal média da mancha expressa a complexidade de forma da mancha, sendo que valores próximos de 1 representam perímetros simples e valores próximos de 2 indicam perímetros complexos, baseados na forma.	$MPFD = \frac{x}{ni}$
Borda	TE	TOTAL EDGE	Metros (m)	Comprimento total do perímetro (borda) para cada classe de uso do solo.	$TE = \sum_{i=1}^N P_{ij}$
	ED	EDGE DENSITY	m/ha	Densidade de borda, expressa a relação entre o perímetro (te) de cada classe pela área total da paisagem (tla).	$ED = TE / TLA$
	MPE	MEAN PATCH EDGE	m	Média do perímetro (borda), expressa o comprimento médio do perímetro (te) das manchas para cada tipo de classe. É calculado com a divisão do valor total do perímetro da classe (te) pelo número total de manchas (numP).	$MPE = \frac{TE}{NumP}$

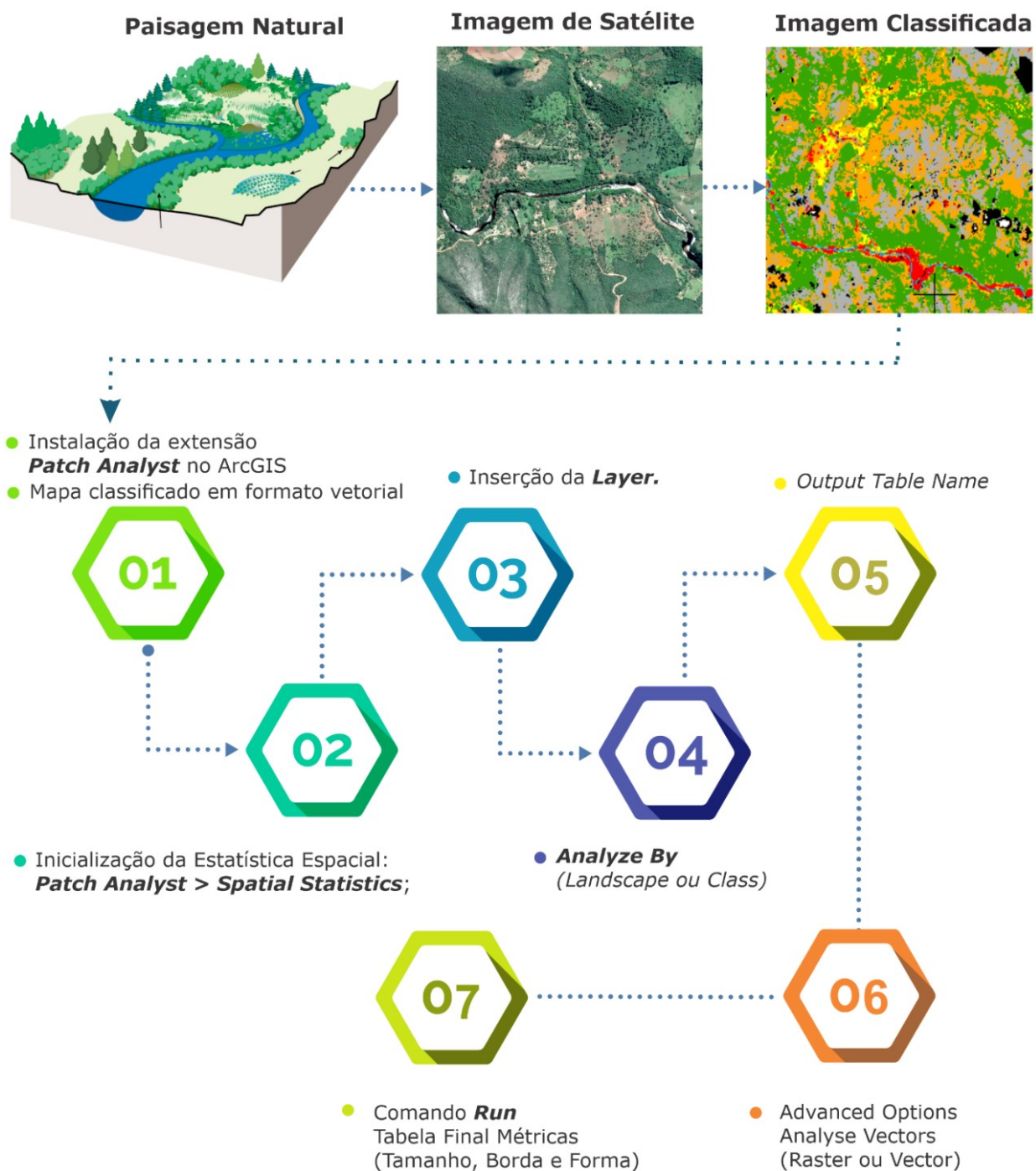


Figura 2. Fluxograma dos procedimentos metodológicos para calcular métricas de paisagens pelo *Patch Analyst* (França et al., 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Dinâmica do uso e cobertura da terra de Monte Carmelo (MG)

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos neste trabalho, é preciso observar que não é suficiente apenas o entendimento isolado da estrutura da paisagem, mas igualmente a complexa teia de interações que compõe a paisagem, sua composição, configuração e dinâmica de uso e cobertura da terra.

Com base na análise dos mapas temporais de uso e cobertura da terra para o município de Monte Carmelo, foram observadas as evidências das mudanças na paisagem rural e cobertura vegetal nativa local. Os valores de área ocupados por cada classe de uso para os anos 1985 e 2022 e suas respectivas taxas de mudança, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Classes de uso e cobertura da terra para os anos avaliados e suas respectivas taxas de mudança na dinâmica espaço-temporal para Monte Carmelo (MG).

Classes	1985 (km ²)	2022 (km ²)	Mudança (km ²)	
Formação Florestal	98,46	92,89	-5,58	↓
Formação Savânica	43,38	20,51	-22,87	↓
Silvicultura	0,01	14,75	14,73	↑
Campo Alagado	24,34	18,15	-6,19	↓
Formação Campestre	26,84	24,98	-1,86	↓
Pastagens	752,53	496,92	-255,61	↓
Mosaico de Usos	298,77	273,13	-25,64	↓
Área Urbanizada	6,62	13,94	7,33	↑
Outras áreas não vegetadas	30,60	3,93	-26,67	↓
Corpos D'água	14,32	9,18	-5,13	↓
Soja	0,00	145,61	145,61	↑
Outras Lavouras Temporárias	35,16	59,08	23,93	↑
Cafê	9,50	149,44	139,94	↑

Citrus	2,65	11,31	8,65	↑
Outras Lavouras Perenes	1,01	10,37	9,36	↑

No ano de 1985 verifica-se que maior parte da paisagem já era constituída pela predominância de áreas de pastagens, com cerca de 752,53 km². Entretanto, devido as características locais mais favoráveis para a agricultura (Serato, 2017), no decorrer do tempo essas áreas foram sendo substituídas pelo cultivo de café, que apresentou um aumento de 139,94 km² no ano de 2022 em relação à 1985. A cultura da soja que apresentava nenhuma área quantificada em 1985, passou a contabilizar 145,61 km² em 2022, o equivalente a um aumento de 100% de área na classe e, a classe de outras culturas temporárias apresentou aumento de 59,08 km² em 2022 em relação a 1985.

A classe de formação florestal que abrangia uma área de 98,46 km² em 1985, reduziu para 92,89 km² em 2022, indicando uma diminuição de 5,66% ao longo do período analisado. Por outro lado, a formação savânica teve uma redução mais expressiva, passando de 43,38 km² em 1985 para 20,51 km² em 2022, equivalente a uma redução de 52,72% de área, sugerindo uma significativa perda de vegetação, o que pode ao longo do tempo e, em algum grau relevante, ter acarretado implicações significativas para a biodiversidade e para o equilíbrio ecossistêmico da região de Monte Carmelo.

Não obstante, este estudo presta-se a um alerta sobre a gestão dos recursos hídricos e a perda da cobertura vegetal natural local, do estrato florestal em plena redução e, especialmente a relação de perda acelerada da formação savânica, nomeadamente o domínio fitogeográfico do Cerrado. O consumo agrícola é responsável pelo consumo da maior parte da água doce no mundo, devido ao processo de irrigação de acordo com dados expressados pela Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) e Organização das Nações Unidas (ONU). A capacidade de recarga de água no solo e a redução dessa disponibilidade está diretamente relacionada a diminuição da infiltração de água no solo, aumentando o escoamento superficial direto e prejudicando o processo de recarga do lençol freático (OLIVEIRA et al., 2020). A redução da cobertura da terra por florestas e fisionomias do Cerrado tem relação direta com a menor capacidade da água em infiltrar no solo.

Notavelmente, dá-se destaque também às áreas de silvicultura, representadas pela cor marrom no mapa de uso da terra (Figura 3), que apresentou um aumento considerável, saindo de 0,01 km² em 1985 para 14,75 km² em 2022, evidenciando um aumento de na área destinada ao cultivo de árvores para fins comerciais, condizente com o desenvolvimento e chegada de novas empresas de base florestal que se instalaram na região. As áreas urbanizadas também mostraram um crescimento, passando de 6,62 km² para 13,94 km² no mesmo período (Figura 3 A-C).

No mapa de uso e cobertura da terra de Monte Carmelo (Figura 3 B-D) , observa-se a partir da geovisualização, mudanças evidentes na configuração e composição espacial da região, notadamente para as classes referentes à cafeicultura, soja, culturas perenes, e temporárias (tons de rosa), que dominaram as áreas ao sul e centro-oeste do município, ao longo do tempo. Essa distribuição espacial corrobora com as áreas de solos do tipo Latossolos e estão sobre a unidade de paisagem nomeada Superfícies Tabulares, zonas de elevada aptidão para a agricultura (FERNANDES et al., 2013).

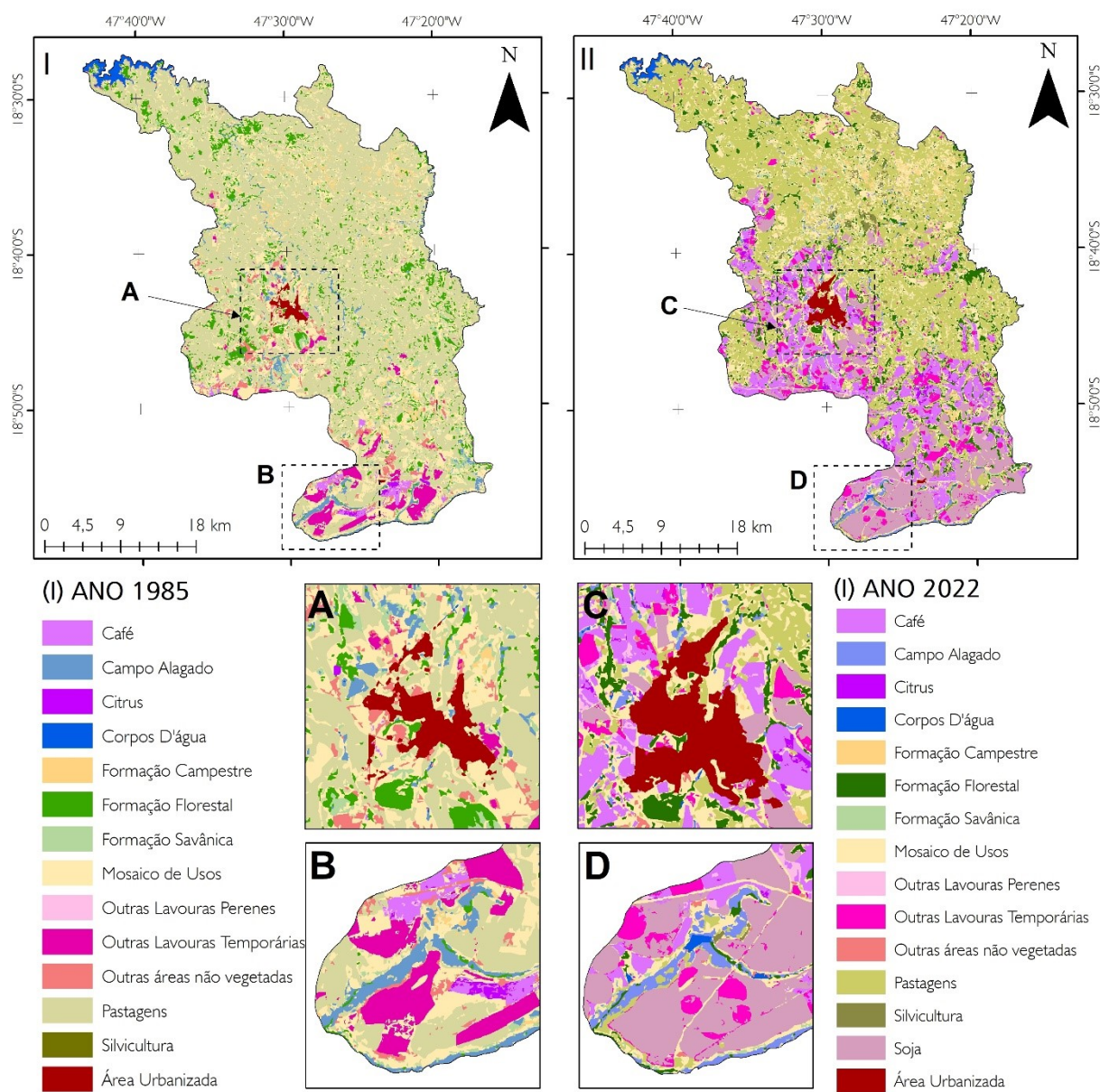


Figura 3. Mapa de uso e cobertura da terra para o município de Monte Carmelo, entre os anos 1985 (A) e 2022 (B).

4.2. A fragmentação da paisagem florestal de Monte Carmelo (MG)

Na Tabela 3 são apresentados os resultados obtidos por meio da análise de fragmentação florestal. Foram verificados no ano de 1985 um total de 2.533 polígonos de fragmentos florestais, destes sendo 2.144 polígonos com tamanhos médios contínuos de 0 a 5 (ha), 315 polígonos entre 5 e 20 (ha), 51 polígonos com tamanhos entre 20 e 50 (ha), cerca de 15 fragmentos entre 50 e 100 (ha) e 8 áreas florestais maiores que 100 hectares (ha). Após análise da fragmentação para o ano de 2022, constatou-se que maior mudança ocorreu nas áreas do que consideramos as grandes florestas, aquelas acima de 100 hectares (ha), sendo reduzidas em 75% da sua cobertura, ou seja, em 1985 havia 1.267,51 hectares (ha) de fragmentos florestais com tamanhos acima de 100 ha, em 2022 a área total equivalia a apenas 386,29 hectares (ha).

A classe de fragmentos com tamanhos entre 50 e 100 (ha) teve perda de 20% comparando-se os anos avaliados. Por outro lado, constatou-se aumento de 49% para a classe de fragmentos florestais com tamanhos entre 20 e 50 ha, o que indica que possivelmente as grandes áreas florestais nativas foram fragmentadas para áreas menores, fora a perda por supressão legal ou desmatamento ilegal. Giulio et al. (2009) destaca que a riqueza de espécies geralmente é reduzida nos polígonos menores e são mais susceptíveis a perda de área central, podendo ser eliminados por completo sob ação do efeito de borda. De acordo com resultados obtidos por Fernandes e Fernandes (2017) aqueles polígonos de maiores núcleos são aqueles mais favoráveis a manutenção a condições adequadas para a sobrevivência das espécies, corroborando com os resultados de Amorim et al. (2021), onde observaram que o tamanho dos polígonos pode compensar a sua forma, exatamente por sofrerem menor efeito de borda devido a maior dimensão.

Tabela 3. Caracterização quantitativa da fragmentação florestal em Monte Carmelo (1985 – 2022).

Classe	Fragmentação Florestal - 1985			Fragmentação Florestal - 2022			Mudança (%)
	Amplitude de Tamanho (ha)	Área (ha)	Quant. Polígonos	Amplitude de Tamanho (há)	Área (ha)	Quant. Polígonos	
I	0 a 5	3.152,25	2144	0 a 5	2.796,60	1961	-8,54
II	5 a 20	3.008,23	315	5 a 20	3.119,95	336	6,67
III	20 a 50	1.508,78	51	20 a 50	2.255,91	76	49,02
IV	50 a 100	1.092,68	15	50 a 100	809,92	12	-20,00
V	100 a 283,30	1.267,51	8	100 a 283,30	386,29	2	-75,00
Total	-	10.029,44	2.533	-	9.368,67	2.387	-

Na análise visual do mapa de fragmentação dos fragmentos florestais (Figura 4 A-B), é possível observar a redução de 8 para 2 polígonos da classe V (Tabela 3), aqueles com amplitude maior que 100 ha de área contínua, representados no mapa pela cor azul, seguido pelo aumento significativo das classes medianas, representadas pelas cores verde e amarelo. Também é importante enfatizar a perda de 146 polígonos de todas as categorias, totalizando 660,77 (ha) de área de floresta perdida, o que impacta diretamente na qualidade do ecossistema e nas condições de sobrevivência de espécies da fauna e flora local.

A fragmentação cada vez maior da paisagem acarreta consequências negativas para a biodiversidade e para os serviços ecossistêmicos, tais como a degradação dos corredores ecológicos, a diminuição da dispersão de sementes, da polinização e da ciclagem de nutrientes, perdas de conexão entre áreas vegetadas e limitações no deslocamento da fauna (Morais, 2019).

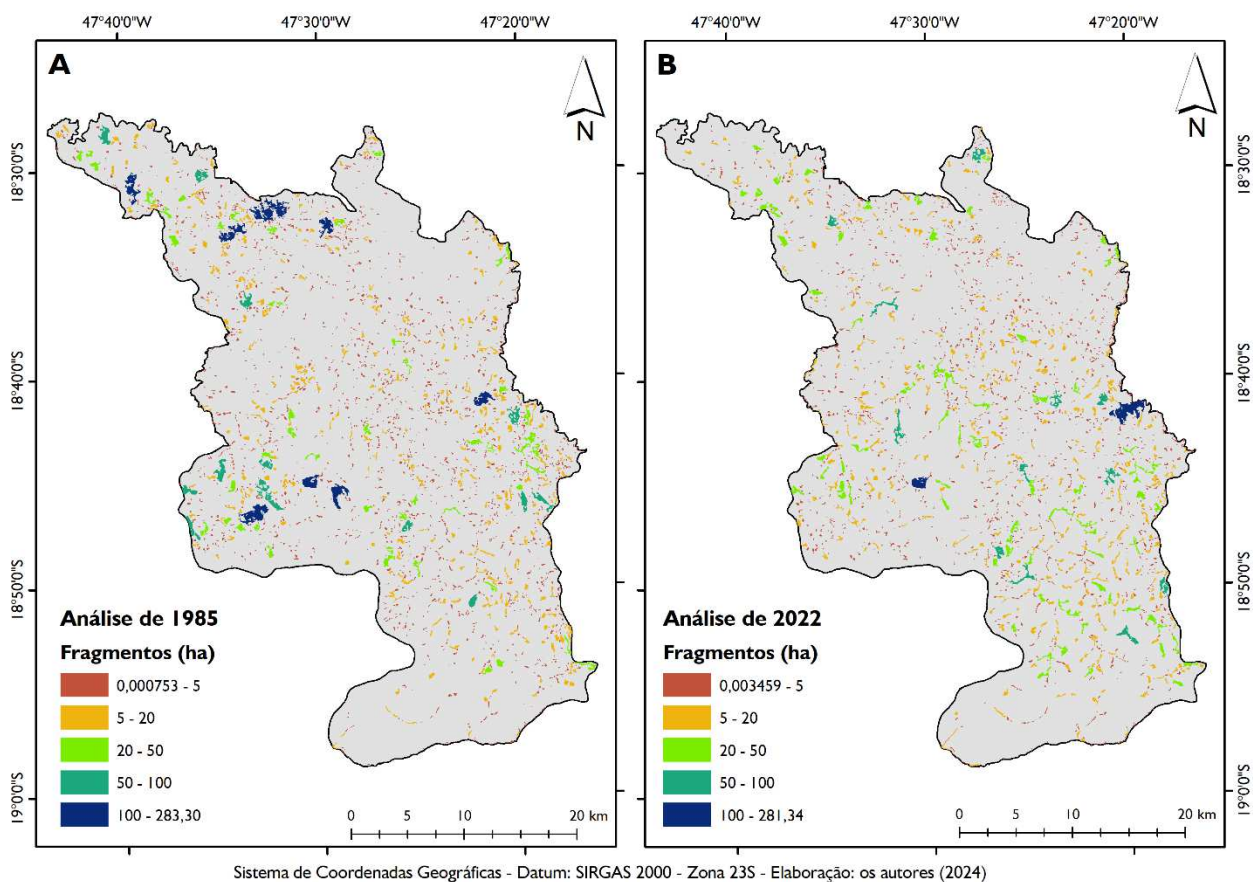


Figura 4. Mapa de fragmentação floresta para os anos 1985 (A) e 2022 (B) para o município de Monte Carmelo (MG).

4.3 Análise métrica da estrutura da paisagem de Monte Carmelo (MG)

A análise dos índices métricos ao nível de toda a paisagem do município de Monte Carmelo revelou evidentes mudanças na distribuição das classes entre os anos de 1985 e 2022, sendo encontrado um total de 14 classes de cobertura e uso da terra para 1985 e 15 classes para o ano de 2022. Conforme descrito por Valente e Vettorazzi (2005), a análise em nível de paisagem é fundamental para entender as funções e as transformações que ocorrem em uma área. Por exemplo, quando o índice de riqueza indica que nenhuma categoria desapareceu e nenhuma nova surgiu, isso sugere que as mudanças na área das categorias ocorreram por meio de trocas entre elas.

Esse valor de riqueza gerou um Índice de Diversidade de Shannon (SDI) de 1,42 para 1985 e 1,92 para 2022, sendo que esses valores denotam a diversidade dos usos na área analisada. O aumento observado no valor do índice pode ser explicado pelo surgimento da soja como uma nova classe de uso, sendo mais abrangente no sul do município de Monte Carmelo (Figura 3), devido a características de solo favoráveis da região, assim como é citado por (Serato, 2017). Essa constatação não necessariamente reflete em aspectos positivos para a diversidade e dinâmica ecológica local, já que a prática de atividades agrícolas tem ligações com supressão de vegetação nativa e mudanças nas características naturais da área.

A forma dos fragmentos também influencia o grau do impacto do efeito de borda, incluindo os fluxos bióticos e abióticos (Cachoeira et al., 2020). Neste sentido, as métricas de forma AWMSI e o MSI (Tabela 4) indicam a média dos índices espectrais para cada classe, onde valores mais próximos de 1 (um) (adimensional) indicam que a forma das manchas é mais semelhante a um círculo. Fragmentos florestais com índice próximos a 1 são mais arredondados e quanto maior o índice, mais alongados são estes fragmentos (Bezerra et al., 2011). Este conjunto de índices também é fundamental para saber como ocorre a dispersão dos animais e plantas na paisagem. Formas isodiamétricas (círculo perfeito) têm uma relação maior de espécies de interior do que aquelas que tendem ao retângulo, que podem chegar ao extremo de possuírem somente espécies de borda (Bezerra et al., 2011). Mas também é importante ressaltar que, por outro lado, pensando em conservação de área central, ou seja, de espécies que se encontram mais no interior de fragmentos, é mais favorável ter uma área de fragmento com formato irregular (não-circular) e de maior extensão do que um fragmento de formato circular e menor, pois este último estaria mais suscetível aos efeitos negativos da borda, sendo pior com relação a características ambientais (Pirovani et al., 2015), ou seja, os fragmentos maiores têm o efeito de borda compensado.

Observa-se que para a formação florestal o AWMSI apresentou uma leve diminuição nessas métricas em 2022 em comparação com 1985, com mudança de 2,11 para 2,08, respectivamente, indicando que tais florestas estão um pouco mais circulares, o que se analisado isoladamente seria algo esperado. Observa-se na que o valor de AWMSI para a classe de pastagem (Tabela 4) é muito elevado, corroborando que, manchas com maior área tem forma mais irregular que a média, conforme preconizado em McGarigal e Marks (1995). Por outro lado o MSI apresentou aumento (1,48 em 1985 para 1,52 em 2022), demonstrando mais complexidade e

irregularidade (valor mais distante de 1), o que não seria ruim se os fragmentos florestais apresentassem grandes dimensões de área, afinal, paisagens naturais exibem formas complexas e irregulares, entretanto este resultado pode estar sugerindo fragmentos muito recortados em função da maior proporção de bordas, com alta razão perímetro/área, portanto, mais susceptíveis ao efeito de borda, quando é preferível é que os fragmentos apresentem menor razão (Oliveira, 2011), ou também indicando que mais alongados estão os fragmentos, o que também não é uma premissa esperada. Bordas retas não são padrões ideais para florestas nativas (Cachoeira et al., 2020).

Nota-se que para a formação savânica, tanto MSI quanto AWMSI apresentaram reduções, o que indica formas mais regulares, ou seja, maior proximidade à forma de uma circunferência, o que teoricamente indicaria que tal classe estaria mais conservada. Porém, neste caso, não significa necessariamente melhoria no estado de conservação, uma vez que houve elevado grau de perda de cobertura. A formação savânica teve uma das mais drásticas reduções em área, com uma perda de 52,72% da área original comparado ao observado em 1985, logo, por essa classe apresentar área mais reduzida, é uma classe de cobertura ainda mais susceptível a efeitos negativos provocados pela proximidade com área de borda. Desta forma, mesmo a formação savânica apresentando forma (MSI e AWMSI) mais regulares em 2022, a referida classe natural foi a que mais perdeu área, logo não representa melhores condições de conservação. Se a área da mancha é pequena, toda a mancha estará sob efeito de borda (Silva et al., 2020).

Já o MPFD expressa a complexidade de forma da mancha, sendo que valores próximos de 1 representam perímetros simples e valores próximos de 2 indicam perímetros mais complexos. Nota-se que, para todas as classes de uso do solo essa métrica não apresentou intensa alteração, variando de 1,34 a 1,41 conforme a Tabela 4. Isso significa então que de forma geral, nestes quase 40 anos a complexidade das formas das manchas de todas elas apresentam perímetro simples, ou seja, distante da complexidade que se espera por exemplo de florestas nativas e mais próximo de áreas antropizadas.

Tabela 4. Métricas de forma para o município de Monte Carmelo (MG) (1985 - 2022).

Classes	Forma					
	MSI		AWMSI		MPFD	
	1985	2022	1985	2022	1985	2022
Formação Florestal	1,48	1,52	2,11	2,08	1,34	1,35
Formação Savânica	1,44	1,39	2,06	1,69	1,35	1,34
Silvicultura	1,50	1,40	1,50	1,82	1,35	1,36
Campos Alagados	1,39	1,43	2,89	2,24	1,37	1,36
Formação Campestre	1,44	1,47	1,78	2,02	1,34	1,34
Pastagem	1,44	1,43	39,51	18,10	1,36	1,36
Mosaicos de Usos	1,40	1,40	3,05	3,07	1,38	1,38
Área Urbanizada	1,40	1,83	3,05	3,73	1,35	1,41
Outras Áreas Não Vegetadas	1,51	1,40	2,22	1,55	1,37	1,35
Corpos D'água	1,36	1,33	5,45	5,15	1,40	1,40
Soja	-	1,45	-	3,11	-	1,37
Outras Lavouras Temporárias	1,40	1,35	2,19	1,89	1,40	1,38
Café	1,39	1,44	3,51	2,95	1,40	1,38
Citrus	1,40	1,35	2,33	1,97	1,40	1,39
Outras Lavouras Perenes	1,38	1,34	1,87	1,87	1,41	1,39

Observa-se uma redução no (TE) e (ED) (Tabela 5) para ambas as classes de vegetação nativa em 2022, entretanto, mantendo altos valores de índices de borda, afinal as classes de vegetação nativa no município são muito fragmentadas em áreas pequenas, o que potencializa borda. Essa diminuição de bordas para as classes de floresta e savana está também possivelmente associada ao desaparecimento de manchas de ambas as classes, enquanto, por exemplo, para a classe de cafeicultura houve um aumento significativo da densidade de bordas, notadamente um maior surgimento de novas manchas. O aumento da densidade de bordas está associado ao aumento do número de manchas da classe (Pereira et al., 2001), o que não ocorreu necessariamente para a classe floresta, que, apesar das grandes manchas terem sido fragmentadas, mas, por outro lado não houve aumento significativo de manchas de fragmentação, pelo contrário, houve a perda de centenas de pequenos fragmentos florestais, suprimidos para outras formas de uso da terra.

Tabela 5. Métricas de borda para o município de Monte Carmelo (MG) (1985 - 2022).

Classes	Borda					
	TE		ED		MPE	
	1985	2022	1985	2022	1985	2022
Formação Florestal	2289688,90	2273258,21	17,03	16,91	905,37	951,95
Formação Savânica	1157288,31	643996,23	8,61	4,79	787,81	654,47
Silvicultura	605,66	332441,12	0,00	2,47	605,66	755,55
Campos Alagados	626594,04	561419,16	4,66	4,18	653,38	627,28
Formação Campestre	770093,99	694736,64	5,73	5,17	782,62	831,02
Pastagem	5583864,14	5078863,65	41,54	37,78	4246,28	1992,49
Mosaicos de Usos	7560741,86	8041142,51	56,25	59,82	651,84	631,12
Área Urbanizada	50562,67	55050,05	0,38	0,41	1685,42	9175,01
Outras Áreas Não Vegetadas	715138,01	139207,61	5,32	1,04	853,39	582,46
Corpos D'água	273383,33	152691,53	2,03	1,14	447,44	490,97
Soja	-	1043486,44	-	7,76	-	1625,37
Outras Lavouras Temporárias	334378,80	1192964,98	2,49	8,87	768,69	535,92
Café	209714,45	1661717,57	1,56	12,36	589,09	1290,15
Citrus	60511,00	348788,79	0,45	2,59	587,49	436,53
Outras Lavouras Perenes	47005,31	428497,37	0,35	3,19	364,38	378,20

É importante observar a necessidade de se reformar os fragmentos florestais para uma formação de áreas mais densas e mais irregulares, onde o efeito de borda é menor, a partir da restauração da vegetação no entorno desses fragmentos espalhados ao longo do município. A proposição de mosaicos funcionalmente interligados entre pequenos fragmentos e aumento de conectividade por meio da formação de corredores ecológicos entre os grandes fragmentos, são duas premissas recomendadas neste estudo.

É importante notar que as análises aqui foram realizadas a nível de paisagem, mas possivelmente, os fragmentos florestais muito pequenos podem, se analisados isoladamente, ou mesmo com vistorias de campo, estarem completamente sobre efeito de borda, tal como corroborado em (Pirovani et al., 2015). Salienta-se que a classe formação florestal já apresentava em 1985 alto valor de densidade de borda, quando comparada as demais classes e, apesar de ter tido uma leve redução, manteve ainda assim um alto valor de ED.

Moreira e Monteiro (2016) destacam a dificuldade em esclarecer completamente as relações de causa e efeito do processo de fragmentação florestal associado à dinâmica de borda. Segundo os autores, é necessário inferir sobre a estrutura comunitária das florestas avaliadas, considerando a mensuração da riqueza e da abundância de espécies nos fragmentos. Isso permite evidenciar impactos como a diminuição do tamanho do fragmento, observada através da taxa de mortalidade e da abundância das espécies nessas áreas.

A métrica de MPE (Tabela 5) indica o tamanho médio das bordas para cada tipo de classe. Para a classe formação florestal houve um pequeno aumento em 2022, enquanto para a savânica diminuiu (Tabela 5). Isso se deu possivelmente a já referida perda de fragmentos de maiores dimensão e redução no número de fragmentos. Mostrando maiores alterações nas classes de pastagem e áreas destinadas a cultivos agrícolas como a soja e o café, onde geralmente as demarcações de área são menos complexas.

O número de manchas (NumP) e o tamanho médio das manchas (MPS) também revelam mudanças na distribuição espacial da vegetação. Nota-se uma redução no número de manchas para ambas as classes de floresta em 2022 indicando uma maior agregação e concentração da vegetação em áreas menores. Já o tamanho médio das manchas as maiores alterações foram sobre as classes de área urbanizada, café e soja com ganhos de 210,34 (ha), 8,93 (ha), 22,68 (ha) respectivamente e pastagem com redução de 37,73 (ha). Em se tratando de PSCoV que avalia o quanto foi a variação em porcentagem para cada tipo de classe de uso do solo. Observa-se uma redução na complexidade da forma das manchas e na variabilidade do tamanho para quase todas as classes em 2022, o que sugere uma homogeneização e simplificação da paisagem vegetada ao longo do tempo.

Tabela 6. Métricas de tamanho e densidade para o município de Monte Carmelo (MG) (1985 - 2022).

Classes	Tamanho e Densidade							
	CA		MPS		NUMP		PSCoV	
	1985	2022	1985	2022	1985	2022	1985	2022
Formação Florestal	9846,45	9288,94	3,89	3,89	2529	2388	301,01	242,37
Formação Savânica	4337,89	2051,20	2,95	2,08	1469	984	252,98	168,63
Silvicultura	1,30	1474,76	1,30	3,35	1	440	0,00	238,89
Campos Alagados	2434,04	1815,02	2,54	2,03	959	895	521,02	362,78
Formação Campestre	2684,28	2498,48	2,73	2,99	984	836	157,33	219,86
Pastagem	75252,91	49691,59	57,23	19,49	1315	2549	3059,44	2128,20
Mosaicos de Usos	29877,08	27313,18	2,58	2,14	11599	12741	539,51	442,45
Área Urbanizada	661,75	1394,37	22,06	232,40	30	6	431,70	214,04
Outras Áreas Não Vegetadas	3060,32	393,20	3,65	1,65	838	239	304,97	129,46
Corpos D'água	1431,64	918,39	2,34	2,95	611	311	1922,01	1377,21
Soja	-	14560,91	-	22,68	-	642	-	536,86
Outras Lavouras Temporárias	3515,86	5908,48	8,08	2,65	435	2226	588,89	421,73
Café	950,36	14944,42	2,67	11,60	356	1288	632,78	384,20
Citrus	265,40	1130,57	2,58	1,41	103	799	351,47	333,54
Outras Lavouras Perenes	100,84	1036,62	0,78	0,91	129	1133	234,81	282,90

Cada vez mais, é imprescindível que os poderes públicos, atuem, seja no planejamento, na execução ou na fiscalização, balizados na ciência. A tomada de decisão, alicerçada em evidências científicas, tende a fornecer resultados muito mais promissores para toda a sociedade, e dessa forma, a universidade, pode também, fazer seu papel de propulsora de um desenvolvimento mais sustentável, garantindo a produção agrícola, pecuária e silvícola e de seus derivados em quantidade e qualidade, aliado às melhorias na qualidade de vida da população e na preservação do ambiente, elemento essencial para manutenção da produção de serviços ambientais à população.

Recomenda-se que a partir desta pesquisa, investigações mais complexas e com novas métricas possam ser exploradas, a saber, os índices de proximidade, como por exemplo o MNN (Distância média do vizinho mais próximo) é uma métrica a ser analisada, uma vez que poderá auxiliar mais efetivamente na proposição de corredores de conectividade e redução de custos de criação destes corredores. Novas métricas de áreas central também poderão ajudar a esclarecer a

questão do efeito de borda nas classes naturais. Aliás, uma análise métrica focada no nível comparativo entre tamanhos de fragmentos também poderá ajudar a explicar novas questões sobre a classe de formação florestal.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo auxiliou na compreensão da alteração da cobertura e uso da terra de Monte Carmelo, Minas Gerais, ao longo de quase 4 décadas, sendo ele, a primeira pesquisa local sobre a dinâmica, estrutura e composição da paisagem. Este estudo não esgota a investigação da pesquisa local sobre ordenamento de paisagens e gestão de ecossistemas, pelo contrário, novas perguntas podem ser estabelecidas a partir das constatações aqui obtidas.

Embora as métricas da paisagem de Monte Carmelo (MG) sejam indicadores da evolução da paisagem, apesar disso, como elas não são espacialmente explícitas, recomenda-se atenção na utilização dessas métricas como medida de degradação da paisagem. Neste sentido, os resultados obtidos através da análise das métricas das classes de vegetação em Monte Carmelo entre 1985 e 2022 revelam um cenário de mudanças significativas na paisagem vegetal ao longo desse período. Observa-se uma tendência geral de fragmentação e simplificação da vegetação, refletida em diversas métricas que avaliam a saúde, a estrutura e a distribuição das formações florestais e savânicas.

A redução no AWMSI e MSI sugere uma possível diminuição na densidade e na saúde da vegetação ao longo do tempo, enquanto a diminuição no MPAR e MPFD indica uma simplificação na estrutura das formações florestais, possivelmente devido a processos de degradação e pressões ambientais. A diminuição no tamanho médio das manchas vegetadas, juntamente com a redução na dispersão e na complexidade das formas, sugere uma perda de habitat e uma maior concentração da vegetação em áreas menores e mais homogêneas. Isso pode resultar em impactos negativos para a fauna e a flora locais, comprometendo a resiliência dos ecossistemas frente a perturbações ambientais.

Logo, os resultados apontam para uma transformação preocupante na paisagem natural de Monte Carmelo (MG), apesar de uma paisagem rural mais diversa, mas com evidências de degradação e perda de biodiversidade ao longo das últimas décadas. Essas considerações finais

destacam a importância de políticas e práticas de conservação ambiental, gestão do uso e ocupação da terra que visem aumento de produção por ganho de produtividade que estejam compatíveis com a proteção, conservação e a restauração dos ecossistemas locais, visando garantir a sustentabilidade e a resiliência dos sistemas naturais para as gerações futuras

6. REFERÊNCIAS

BEZERRA, C. G.; SANTOS, A. R.; PIROVANI, D. B.; PIMENTEL, L. B.; EUGENIO, F. C. Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, Alegre, ES. **Espaço & Geografia**, v. 14, n.2, 2011.

BRUM, A. L.; DALFOVO, W. T.; V. C.; BENFICA, V. C. A. Relação Entre o Desmatamento e o Crescimento das Culturas de Grãos no Município de Sinop-MT. **Desenvolvimento em questão**. Editora: Unijuí, Ano 9, n. 17, 2011.

CACHOEIRA, J. N.; SILVA, A. D. P.; BATISTA, A. C.; BIONDI, D.; GIONGO, M.; NETO, E. G. Dinâmica espacial da paisagem do Parque Estadual do Jalapão (TO) de 2000 a 2015. **Ciência Florestal**, v. 30, n.3, p. 755-766, 2020.

COELHO, Victor H. R. *et al.* Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2013.

DALLOZ, M. F.; CROUZEILLES, R.; ALMEIDA-GOMES, M.; PAPI, B.; PREVEDELLO, J. A. Incorporating landscape ecology metrics into environmental impact assessment in the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in ecology and conservation**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 216-220, 2017.

DE ALMEIDA, C. G.; MORO, R. S. Análise da cobertura florestal no Parque Nacional dos Campos Gerais-PR como subsídio ao seu plano de manejo. **Terr@ Plural**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 115–122, 2007. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/1146>.

FERNANDES, M.; et. al. (2017). Ecologia da paisagem de uma bacia hidrográfica dos tabuleiros costeiros do Brasil. **Floresta e Ambiente**, 24, e00025015. DOI: 10.1590/2179-8087.025015.

FRANÇA, L. C. J.; MENEZES, E. S.; SILVA, M. D.; MUCIDA, D. P. Análise estatística espacial de métricas da paisagem utilizando o patch analyst. In: **FELSEMBURG, C. A. A produção do conhecimento na Engenharia Florestal**. Atena Editora, 2020.

FRANÇA, L. C. J.; MORANDI, D. T.; MENEZES, E. S.; MUCIDA, D. P.; SILVA, M. D.; LISBOA, G. S. Ecologia de paisagens aplicada ao ordenamento territorial e gestão florestal: procedimentos metodológicos. **Revista Nativa**, v. 7, n.5, p. 613 - 620, 2019.

MCGARIGAL, K. AND MARKS, B.J. (1995) **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. USDA Forest Service General Technical Report PNW-351, Corvallis.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens? Biota Neotropica**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>

MORAIS, P. P. (2019). **Fragmentação da paisagem e corredores ecológicos na região do MATOPIBA**. Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília-DF.

MOREIRA, T. R. (2016). **Análise espacial dos remanescentes do bioma Mata Atlântica no município de Conceição da Barra, Espírito Santo, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Florestais e da Madeira) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo.

OLIVEIRA, A. S. de; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de. (2020). **Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na região Alto Rio Grande, Minas Gerais**. Eng Sanit Ambient, 25(1), 59-67.

OLIVEIRA, L. T. **Caracterização da Fragmentação Florestal para produção de sementes no entorno capixaba do Parque Nacional do Caparaó**. Monografia, UFES, 65p., 2011.

ORTEGA, ANTÔNIO CÉSAR et al. Transformações recentes da produção agropecuária no Cerrado: uma análise da Região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Ensaios Fee**, Porto Alegre, v. 35, n. 2, p. 555-584, dez. 2014.

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

PIROVANI, D. B.; GOMES DA SILVA, A.; ROSA DOS SANTOS, A. (2015). Análise da paisagem e mudanças no uso da terra no entorno da RPPN Cafundó, ES. **Cerne**, 21(1), 27-35. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

REIS, E. S. dos; DE DEUS SANTANA DOS REIS, R. (2020). Áreas de preservação permanente e reserva legal: uma análise sobre a (in) constitucionalidade do novo Código Florestal. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 111.

REIS, L. N. G.; NISHYAMA, L. (2017). **A estrutura espacial dos fragmentos de vegetação nativa da bacia hidrográfica do rio Araguari em Minas Gerais**. Geosul, Florianópolis, 32(65), 30-48.

RUIZ-DIAZ, C. P.; et al. (2023). Impact of the coffee berry borer on the volatile and semi-volatile compounds; qualitative profile of Coffea arabica berries. **Food Chemistry Advances**, v. 2, p. 100154.

SAITO, N. S. et al. Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 201-210, 2016. DOI: 10.1590/2179-8087.119814. ISSN 2179-8087.

SANTOS, HENRIQUE FARIA DOS. modernização da agricultura e dinâmica do agronegócio globalizado no triângulo mineiro/alto paranaíba. **Geografia em Questão**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 9-36, 2019.

SERATO, D. S. (2017). **Análise da fertilidade dos solos no município de Monte Carmelo - MG**. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.

SILVA, L. S.; MOREAU, M. S.; DALTRO, U. S. 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. **Acta ambiental catarinense**, v. 17, n.1, 2020.

TANAKA, G. E. (2020). **Análise da paisagem no entorno do município de Indianópolis, MG, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG.