



Análise da fragmentação florestal na Mata Atlântica de Sergipe

Milton Marques FERNANDES *¹, Brisa Corso Guimarães Cabral MONTEIRO ¹,
Adauto Souza RIBEIRO ¹, Márcia Rodrigues de Moura FERNANDES ²

¹ Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe, Aracajú, SE, Brasil.

² Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas, Aracajú, SE, Brasil.

*E-mail: miltonm@gmail.com

Submetido em: 16/01/2024; Aceito em: 28/06/2024; Publicado em: 19/08/2024.

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi analisar a estrutura da cobertura florestal da Mata Atlântica de Sergipe de 2001 para 2021 utilizando índices de ecologia da paisagem. Para isso, os fragmentos florestais de 2001 e 2021 foram mapeados a partir de imagens obtidas do projeto Mapbiomas 7.0. As métricas de paisagem foram calculadas utilizando o *Patch Analyst* (ArcGis 9.3). Os resultados revelam que as classes formação florestal (FF) e mangue (MA) apresentaram aumento na cobertura florestal, dos fragmentos grandes e na conectividade dos fragmentos. Essas duas classes estão, em boa parte, inseridas em áreas protegidas ou Área de Preservação Permanente. Já as classes formação savânica (FS) e formação campestre (FC) evidenciaram degradação de 2001 para 2021, com perda de área, fragmentação dos grandes fragmentos em tamanhos menores, maior isolamento e efeito de borda com perda de área central. O desmatamento nestas classes pode ser resultado do relevo plano, dossel aberto e estrato composto por plantas gramíneas com uma boa aptidão para a agropecuária. Programas de restauração florestal em FC e FS podem auxiliar na recomposição da cobertura florestal.

Palavras-chave: desmatamento; Mapbiomas; ecologia da paisagem.

Analysis of forest fragmentation in the Atlantic forest of Sergipe, Brazil

ABSTRACT: The aim of this study was to analyze the structure of the forest cover of Sergipe's Atlantic Forest from 2001 to 2021 using landscape ecology indices. To do this, the forest fragments from 2001 and 2021 were mapped using images obtained from the Mapbiomas 7.0 project. Landscape metrics were calculated using Patch Analyst (ArcGis 9.3). The results show that the forest formation (FF) and mangrove (MA) classes increased forest cover, large fragments and fragment connectivity. These two classes are largely located in protected areas or Permanent Preservation Areas. The savannah formation (FS) and grassland formation (FC) classes showed degradation from 2001 to 2021, with loss of area, fragmentation of large fragments into smaller ones, greater isolation and edge effect with loss of central area. Deforestation in these classes may result from the flat relief, open canopy, and stratum, which are grassy plants with a good aptitude for agriculture. However, the proposed forest restoration programs in FC and FS presents a significant opportunity for positive change, inspiring us to work towards a more sustainable future.

Keywords: deforestation; Mapbiomes; landscape ecology.

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é uma das florestas tropicais mais ameaçadas do mundo e com menor porcentagem de cobertura vegetal natural do país (IBGE, 2019), além de ser o segundo bioma em quantidade de emissões de gases do efeito estufa (PINTO et al., 2022). Apesar disso, o bioma é considerado um dos *hotspot* de biodiversidade pelas altas taxas de endemismo, riqueza de espécies e alto grau de ameaça a que está submetido (MITTERMEIER et al., 2005; RIBEIRO et al., 2009). Segundo o (ICMBio, 2018) cerca de 50% de todas as espécies ameaçadas do Brasil encontram-se na Mata Atlântica.

Apesar de nos últimos 30 anos as taxas de desmatamento do bioma terem gradualmente reduzido, as perdas contínuas das áreas de florestas ameaçam a importantes serviços ecossistêmicos prestados para 70% da população do país que habita suas áreas (Fundação SOS Mata Atlântica; INPE, 2021). Embora restritos e fragmentados, os remanescentes de vegetação nativa da Mata Atlântica proveem a proteção dos

cursos d'água de sete das nove principais bacias hidrográficas do país, além de promover a regulação climática e o sequestro de carbono da atmosfera. Desta forma, a conservação da Mata Atlântica torna-se fundamental para a mitigação das mudanças climáticas.

Os dois principais fatores que tem representado ameaças à manutenção desse bioma são as atividades agropecuárias e a expansão urbana desordenada. Atualmente, cerca de 64% das áreas da Mata Atlântica estão destinadas majoritariamente às atividades de criação de gado, cultivo de soja, cana-de-açúcar e silvicultura (MAPBIOMAS, 2022). O bioma, que ocupa apenas 15% da área do país, possui 40% dos estabelecimentos rurais e é responsável por cerca de metade da produção agropecuária brasileira. Além disso, a produção da maior parte dos alimentos para consumo direto ocorre na Mata Atlântica, que também possui participação importante na produção de *commodities* agrícolas (PINTO et al., 2022).

Uma das formas mais utilizadas para a análise do grau de fragmentação de uma paisagem, a qualidade de seus

fragmentos e influência sobre os processos ecológicos são as métricas, cálculos e índices que permitem avaliações analíticas da paisagem (MCGARIGAL; MARKS; 1995; METZGER, 2003). As métricas podem ser divididas em composição (estimando a riqueza das unidades e a proporção da área ocupada); disposição espacial (análise da quantidade e diversidade de tipos de contato entre as unidades); fragmentação (análise do grau de ruptura de uma unidade, inicialmente contínua); isolamento (mensuração do isolamento de um único fragmento ou de unidade de paisagem); conectividade (análise da capacidade de facilitação dos fluxos biológicos na paisagem) e forma (análise da complexidade das formas) (METZGER, 2003).

Essas métricas são utilizadas para compreender a complexidade das interações (inter e intra espécies, fluxo gênico, diversidade, relação vegetação e paisagem e outros), principalmente em situações de fragmentação dos ambientes florestais com mudanças da cobertura e uso da terra (SANTOS et al., 2017). Neste contexto, este estudo teve como objetivo analisar a estrutura da cobertura florestal da Mata Atlântica de Sergipe de 2001 para 2021 utilizando índices de ecologia da paisagem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área do estudo

A área de estudo tem aproximadamente 9.809 km², correspondentes à porção de Mata Atlântica presente no estado de Sergipe (Fig. 1). Essa representa 45% da área total do estado (IBGE, 2019) e encontra-se localizada entre as coordenadas 9°31'11"S e 11°18'36"S, e 36°39'10"W e 38°13'13"W. Segundo a classificação de Köppen, o clima na região é predominantemente (72%) do tipo "As" (clima tropical com estação seca de verão), com uma porção menor (28%) pertencente ao tipo "Am" (clima tropical de monção) (ALVARES et al., 2013). As temperaturas médias anuais são relativamente elevadas, entre 24 e 26 °C, e com índices pluviométricos médios anuais entre 1000 e 1600 mm.

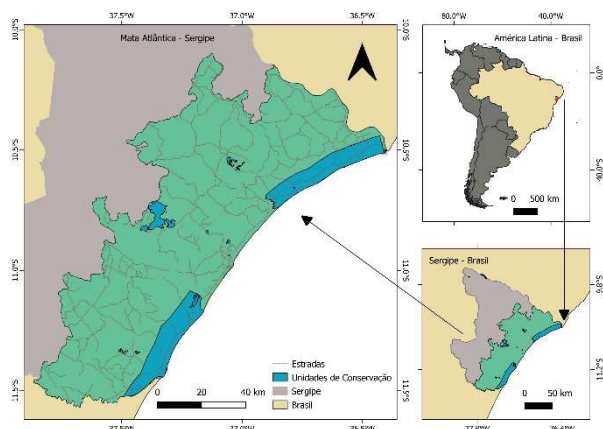


Figura 1. Mapa da Mata Atlântica do estado de Sergipe. Fonte de dados: IBGE (2019) e Atlas de recursos hídricos do estado de Sergipe. Datum: SIRGAS 2000.

Figure 1. Map of the Atlantic Forest in the state of Sergipe. Data source: IBGE (2019) and Atlas of water resources for Sergipe. Datum: SIRGAS 2000.

2.2. Base de dados

O banco de dados georreferenciados utilizado foi composto por duas grandes classes de arquivos *raster* e vetorial. Dentre os arquivos do tipo vetorial, foram

adquiridos os *shapefiles* dos biomas e dos limites territoriais dos estados e municípios do Brasil no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019); o *shapefile* das regiões hidrográficas, drenagens e estradas foram obtidos no Atlas Digital da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe.

Os arquivos no formato matricial da cobertura florestal de 2001 e 2021, foram adquiridos do projeto Mapbiomas versão 7.0 (<http://Mapbioms.org/>), preparados para o bioma Mata Atlântica. A classificação Mapbiomas é gerada com base em mapas anuais de cobertura e uso da terra, a partir de uma rotina de classificação automática com o uso de algoritmos de árvore de decisão do tipo *Random Forest* disponível na plataforma *Google Earth Engine*.

No presente estudo, foi utilizado o nível mais alto da hierarquia das classes de cobertura e uso da terra do Projeto Mapbiomas, que foram observadas na área, correspondente a macroclasse Floresta. As classes contidas na macroclasse Floresta incluem: formação florestal, formação savânica, formação campestre e mangue. As bases de dados georreferenciadas do bioma Mata Atlântica fornecidas pelo Projeto MapBiomas foram mosaicadas utilizando-se a padronização cartográfica oficial estabelecida pela Resolução n.º 01/2015 do IBGE (IBGE, 2015). Os conjuntos de dados mosaicados das coberturas e usos da terra finais usados nesta análise foram convertidos em projeção UTM, Datum Sirgas 2000 zona 24S.

A precisão dos mapas de cobertura florestal para a área de estudo foi avaliada usando uma matriz de confusão (CONGALTON; GREEN, 2019) que permite o cálculo da precisão e do índice de concordância Kappa (LANDIS; KOCH, 1977). Com base nas características da distribuição do tipo da macroclasse floresta na área de estudo, 1000 amostras foram selecionadas aleatoriamente a partir dos dados de imagens Landsat para o ano de 2021, classificadas pelo MapBiomas. Essas áreas amostrais homogêneas foram facilmente identificadas, tendo como referência a mesma imagem classificada pelo MapBiomas. A distribuição dos *pixels* da amostra foi uniforme e bem representada em toda a área de estudo. *Pixels* de amostra selecionados aleatoriamente foram usados para avaliar quantitativamente a precisão da classificação do mapa de cobertura florestal usando os indicadores de precisão do produtor, precisão do usuário, erro de omissão, erro de comissão, precisão geral e índice de concordância Kappa (CONGALTON; GREEN, 2019).

A avaliação do índice de concordância Kappa estimou 73.66%, demonstrando que o desempenho do classificador é substancial e com bom nível de confiabilidade dos resultados da classificação (LANDIS ; KOCH, 1977; ARAYA; CABRAL, 1999; KEENAN et al., 2015).

2.3. Processamento dos arquivos georreferenciados

Para todas as etapas de processamento dos arquivos georreferenciados foi utilizado o sistema de informações geográficas QuantumGis (QGIS) nas versões 3.22 e 2.18, como também seus respectivos *plugins* e extensões. De posse dos mosaicos da classe cobertura florestal, estes arquivos foram recortados em conformidade com os limites da porção do bioma Mata Atlântica presente no estado de Sergipe na escala 1:250000 (IBGE, 2019) convertidos para projeção UTM, SIRGAS 2000 - 22S (EPSG:31981) resolução 30 m.

Posteriormente os arquivos *raster* recortados foram convertidos em *shapefiles* do tipo polígono. Após esses processamentos foi elaborada uma paleta de cores para os

elementos da macroclasse floresta seguindo-se os padrões do projeto Mapbiomas. Em seguida, as classes da macroclasse floresta foram quantificadas e os dados organizados sob a análise das áreas obtidas para cada ano analisado (2001 e 2021) em um intervalo de 20 anos.

As macroclasse de floresta são formação campestre (FC), formação florestal (FF), formação savânica (FS) e mangue (MA). A formações campestres apresenta a predominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre). A formação florestal são tipos de vegetação com predomínio de espécies arbóreas, com formação de dossel contínuo (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), além de florestas estacionais semidecíduais. As formações savânicas tem estratos arbóreo e arbustivo-herbáceos definidos (Cerrado Sentido Restrito (Cerrado denso, Cerrado típico, Cerrado ralo e Cerrado rupestre) e Parque de Cerrado. O mangue são formações florestais, densas, sempre-verdes, frequentemente inundadas pela maré e associadas ao ecossistema costeiro de Manguezal.

2.4. Análises das classes de tamanho e métricas dos fragmentos florestais

Os polígonos da macroclasse floresta foram classificados nas seguintes classes de tamanho: (1) pequenos (<10 ha); (2) médios (10 a 100 ha) e (3) grandes (>100 ha). A análise dos índices da paisagem foi realizada com base no mapa de cobertura florestal gerado, sendo os valores obtidos software Fragstats® 4.2 (MCGARIGAL, 2013). As métricas foram calculadas utilizando a versão para dados em *raster* para o arquivo de cobertura florestal obtido na etapa anterior. Para o cálculo das métricas da paisagem (Tabela 1), foram selecionados índices que possibilitaram quantificar os elementos da paisagem, estimando assim a área, densidade, borda, área central, forma, proximidade e isolamento e contágio e dispersão (FERNANDES et al., 2015; MCGARIGAL; MARKS, 1995) (Tabela 1). Para o cálculo das métricas de área central dos fragmentos, foi utilizado a distância de 100 m de borda.

Tabela 1. Métricas espaciais utilizadas na quantificação da estrutura da paisagem na Mata Atlântica do estado de Sergipe.

Table 1. Spatial metrics are used to quantify landscape structure in the Atlantic Forest of Sergipe.

Métrica	Sigla e intervalo (unidade)	Grupo
Área de classe (CA)	CA > 0 (ha)	Área, Densidade e Borda
Tamanho médio dos fragmentos	MPS > 0 (ha)	
Densidade de bordas (ED)	ED ≥ 0 (mha ⁻¹)	
Número de fragmentos (NumP)	NumP ≥ 1 (adimensional)	Forma
Índice de forma média (MSI)	MSI (adimensional)	
Índice de área central médio (CAI_MN)	0 ≤ CAI_MN ≤ 100 (%)	
Total da área central (TCA)	TCA ≥ 0 (ha)	Área central
Proximidade média entre classes (PROX_MN)	PROX_MN ≥ 0 (adimensional)	Proximidade e conectividade

3. RESULTADOS

Considerando somente os anos de 2001 e 2021 houve um aumento da área dos fragmentos (CA) e do número de fragmentos (NumP) da formação florestal (Tabela 2). Na formação campestre e formação savânica quando se avalia os

anos de 2001 e 2021 houve uma redução de CA, MPS e aumento de NumP. Também considerando os anos de 2001 e 2021 em relação ao mangue ocorreu um aumento de CA e uma redução de NumP, os fragmentos se tornaram maiores, pois ocorreu um aumento do MPS (Tabela 2).

Tabela 2. Métricas da paisagem para as classes formação campestre (FC), formação florestal (FF), formação savânica (FS) e mangue (MA) na Mata Atlântica nos anos de 2001 e 2021 no estado de Sergipe, Brasil.

Table 2. Landscape metrics for the grassland formation (FC), forest formation (FF), savanna formation (FS) and mangrove (MA) classes in the Atlantic Forest in the years 2001 and 2021 in the state of Sergipe, Brazil.

Métrica	Classes em 2001			
	FC	FF	FS	MA
CA	24.134,60	83.253,10	82.907,00	20.162,80
NumP	13.298,00	22.562,00	27.453,00	1.596,00
MPS	1,81	3,69	3,02	12,63
ED	5,54	15,44	17,12	2,44
MSI	1,36	1,48	1,41	1,66
TCA	18.128,00	63.253,20	61.234,90	16.340,72
PROX_MN	640,02	190,00	320,87	580,78
Métrica	Classes em 2021			
	FC	FF	FS	MA
CA	19.551,40	110.619,00	69.476,60	20.694,60
NumP	17.644,00	35.097,00	40.245,00	1.555,00
MPS	1,10	3,15	1,72	13,30
ED	5,91	22,47	19,30	2,47
MSI	1,34	1,47	1,43	1,68
TCA	13.515,00	84.368,75	53.228,98	16.662,60
PROX_MN	709,23	140,00	347,00	490,96

CA: Área de classe; NumP: Número de fragmentos; MPS: Tamanho médio dos fragmentos; ED: Densidade de bordas; MSI: Índice de forma média; TCA: Total da área central; PROX_MN: Proximidade média entre classes.

CA: Class area; NumP: Number of fragments; MPS: Average fragment size; ED: Edge density; MSI: Mean Shape Index; TCA: Total central area; PROX_MN: Average proximity between classes.

Não foram observadas mudanças no MSI nos diferentes usos florestais nos anos 2001 e 2021, o que demonstra que a forma dos fragmentos não foi alterada. As classes FC e FS apresentam redução da TCA de 2001 e 2021. Também apresentam aumento de PROX-MN. Em relação a ED em FC e FS ocorre um aumento de 2001 para 2021 (Tabela 2).

Em FF existe um aumento da TCA de 2001 para 2021. A PROX-MN tem uma redução de 2001 para 2021. Também se observa um aumento de ED em FF nos anos de 2001 e 2021. Na MA, o TCA aumenta considerando 2001 e 2021, assim como PROX-MN teve redução. O ED de MA se mantém constante de em 2001 e 2021. O mapa com as classes de cobertura florestal está apresentado na Figura 2. Observa-se que a classe FS se concentra mais ao norte do estado de Sergipe e onde ocorre o maior desmatamento. A classe FF

esta dispersa por toda a região. O MA está na região costeira do estado. A classe FC está localizada na região central mais próxima da região metropolitana e das maiores aglomerações urbanas.

Na classe FC houve aumento no número de fragmentos pequenos e redução do percentual de fragmentos médios e grandes nos anos 2001 e 2021 (Tabela 3). Em relação a classe FF, os fragmentos pequenos tiveram aumento de área nos anos 2001 e 2021. Já os fragmentos médios apresentaram redução e os grandes aumentaram na classe FF considerando 2001 e 2021 (Tabela 3).

Em FS entre os anos de 2001 e 2021 os fragmentos pequenos e médios aumentam e os grandes teve sua área reduzida. No mangue os fragmentos pequenos perderam área e os médios e grandes tiveram aumento (Tabela 3).

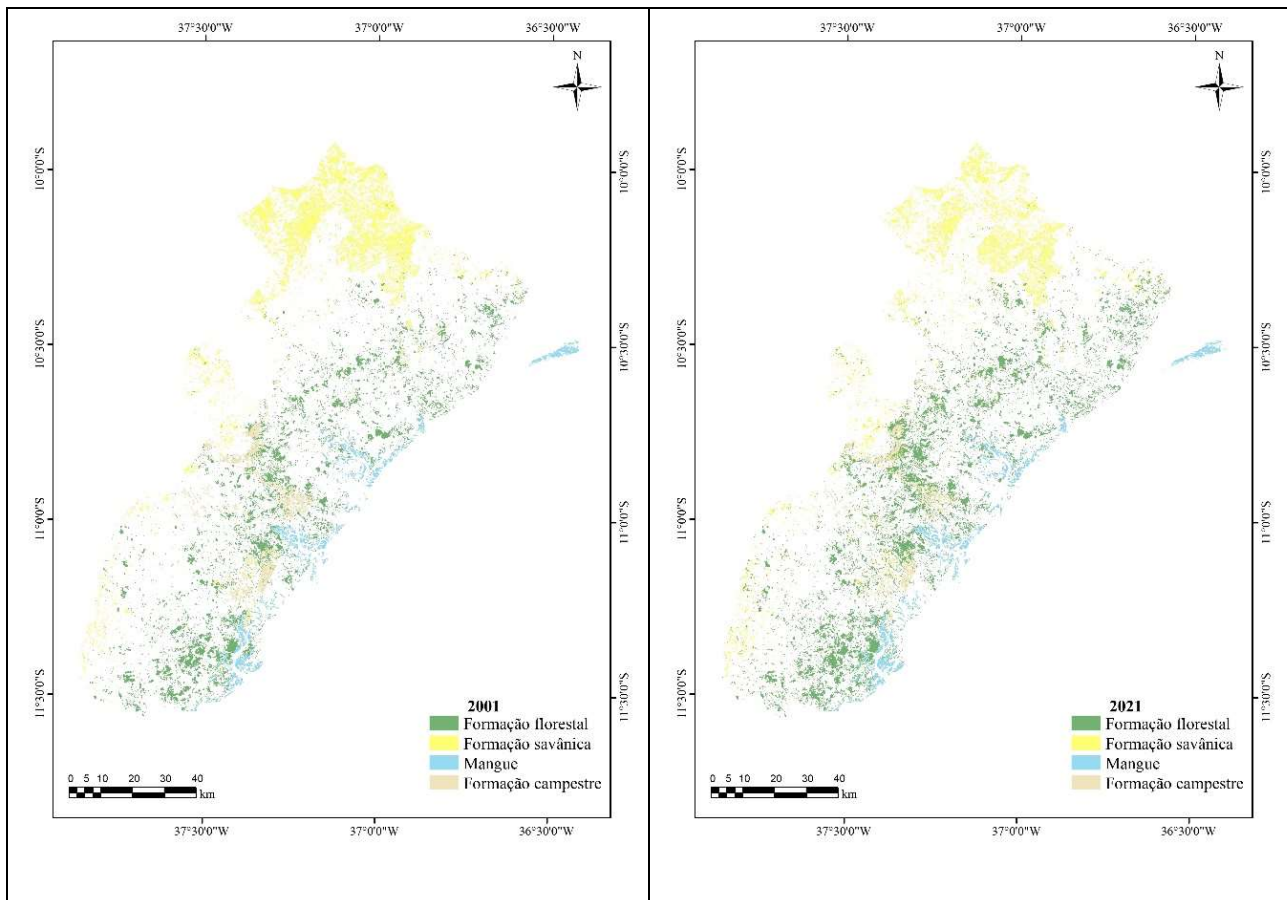


Figura 2. Localização das diferentes formações florestais na Mata Atlântica de Sergipe em 2001 e 2021.
Figure 2. Location of different forest formations in the Atlantic Forest of Sergipe in 2001 and 2021.

4. DISCUSSÃO

A classe formação florestal (FF) de 2001 e 2021 apresentou aumento de cobertura florestal, com maior área e número de fragmentos. Observou-se redução da fragmentação, pois houve uma variação de 2001 e 2021 neste estudo, com aumento dos fragmentos pequenos, médios e grandes. Quando somados os fragmentos médios e grandes de FF em 2021, verifica-se que estes totalizaram 70% da área da classe FF, restando menos que 30% dos fragmentos de tamanhos pequenos.

Em uma bacia hidrográfica inserida na Mata Atlântica de Sergipe, Fernandes et al. (2017) observaram cenário contrário ao registrado neste estudo, onde a maioria dos fragmentos

eram menores e pequenos e sob grande efeito de borda, no entanto não foi observado aumento no número de fragmentos grandes.

Na FS e FC observa-se perda de área, fragmentos menores e mais numerosos. Observa-se que o processo de fragmentação e o efeito de borda afetaram as áreas centrais dos fragmentos de FC e FS nos anos avaliados, além de provocar maior distanciamento entre os fragmentos. Em fragmentos menores do que 10 ha, onde a transição entre o fragmento florestal e a matriz é muito abrupta, cria-se uma borda que expõe a floresta às condições encontradas nas adjacências. A porção externa da floresta adjacente à borda torna-se parte da zona de transição, ocasionando mudanças

microclimáticas, como o aumento da temperatura e o estresse hídrico, acarretando alterações na composição de espécies e na estrutura da vegetação (JUVANHOL et al., 2011). O

efeito de borda pode reduzir a diversidade e riqueza de espécies adultas e de plântulas e possibilita a entrada de espécies invasoras (MARTINS, 2012).

Tabela 3. Classes de tamanho de áreas de formação campestre (FC), formação florestal (FF), formação savânica (FS) e mangue (MA) na Mata Atlântica nos anos de 2001 e 2021 no estado de Sergipe, Brasil.

Table 3. Size classes of areas of grassland formation (FC), forest formation (FF), savanna formation (FS) and mangrove (MA) in the Atlantic Forest in the years 2001 and 2021 in the state of Sergipe, Brazil.

Classes de tamanho	Formação Campestre			
	2001		2021	
	ha	%	ha	%
Pequeno	7.698,33	31,89	8.465,67	43,29
Médio	5.819,76	24,13	4.567,86	23,38
Grande	10.616,49	43,98	6.517,89	33,33
	Formação Florestal			
	2001		2021	
	ha	%	ha	%
Pequeno	23.179,14	27,84	32.137,47	29,05
Médio	27.766,8	33,36	33.924,78	30,68
Grande	32.307,21	38,80	44.556,84	40,27
	Formação Savânica			
	2001		2021	
	ha	%	ha	%
Pequeno	20.234,43	24,40	27.039,8	38,91
Médio	15.566,49	18,79	16.449,3	23,69
Grande	47.106,18	56,81	25.987,41	37,40
	Mangue			
	2001		2021	
	ha	%	ha	%
Pequeno	1.715,31	8,50	1.541,70	7,44
Médio	7.990,11	39,64	8.374,41	40,48
Grande	10.457,37	51,86	10.778,49	52,08

O distanciamento entre os fragmentos é fortemente influenciado pela redução de área das classes e a forma do fragmento entre remanescentes de mesma classe na paisagem (CABACINHA et al., 2010). O total de área central (TCA) pode ser considerado como o índice de melhor indicação da qualidade das manchas, uma vez que seu cálculo mostra o “tamanho real” do fragmento, excetuando as áreas de borda, de grande influência aos impactos externos, baixa diversidade e complexidade estrutural etc. (CALEGARI et al., 2010).

A análise dos fragmentos em classes de tamanho demonstra que a FC teve redução considerável no número de fragmentos maiores (médios e grandes) para fragmentos menores de 2001 para 2021. Ou seja, houve o aumento do desmatamento, com a perda de área dos fragmentos florestais. Em 2021 aproximadamente 43% dos fragmentos de FC eram menores que 10 ha.

Segundo Forman e Godron (1986), os grandes fragmentos são importantes para a manutenção da biodiversidade e de processos ecológicos em larga escala. No entanto, os pequenos fragmentos também cumprem funções relevantes ao longo da paisagem, podendo funcionar como elementos de ligação, trampolins ecológicos (stepping stones) entre grandes áreas, promover aumento no nível de heterogeneidade e permeabilidade da matriz da paisagem e atuar como refúgio para espécies que requerem ambientes particulares que só ocorrem nessas áreas.

Fernandes et al. (2017) observaram entre 2003 e 2013 intenso desmatamento na região semiárida de Sergipe, ocasionado pela conversão de floresta em pastagens. O

estado de Sergipe tem importante bacia leiteira que compreende todo o estado, inclusive na região da Mata Atlântica. A FC e a FS na Mata Atlântica de Sergipe, tem características como relevo plano e um estrato gramíneo, que as tornam ideais para a pecuária.

A distância média entre os fragmentos na FC em 2021 foi de aproximadamente 700 m, o que inviabiliza uma conectividade entre eles. Dependendo do grau de isolamento estes fragmentos podem ter um forte efeito de borda, o que altera as condições bióticas e abióticas essenciais a sobrevivência das espécies florestais de estágios sucessionais mais avançados.

A FS apresentou uma trajetória semelhante a FC, onde os fragmentos grandes se transformaram em fragmentos médios e pequenos. Em torno de 40% dos fragmentos de FS apresentam área menor que dez ha. Também aumentou a densidade de borda em FS de 2001 para 2021, mas não foi devido somente ao efeito de borda. Houve um aumento expressivo do número de fragmentos, o que promove uma redução do total de área.

No MA, nos anos avaliados (2001 e 2021) houve aumento da cobertura florestal e vários fragmentos pequenos se conectaram formando fragmentos maiores. Mais de 90% dos fragmentos em MA foram de tamanho médio e grande. Se o número de fragmentos pequenos se reduz e o de fragmentos médios e grandes aumenta, e a área total dos fragmentos florestais aumenta, isso indica que houve união de fragmentos pequenos transformando em fragmentos maiores (FERNANDES et al., 2017).

Portanto o MA e a FF passaram no período de análise por transição florestal, com mudança geral de perda de floresta para o ganho (COSTA et al., 2017). Processo semelhante foi observado na Mata Atlântica da Bacia do Rio São Francisco nos estados de Sergipe e Alagoas, onde houve aumento de área, e maior número e tamanho dos fragmentos florestais (FERNANDES et al., 2022).

De forma geral, o MSI em todas as classes de vegetação e 2001 e 2021 foram próximos de 1, que significa que tem formas arredondadas. O resultado desse índice é 1 caso os fragmentos tenham formato perfeitamente circular. Conforme esse formato se torna irregular, o resultado se distancia de 1, uma vez que o índice está diretamente ligado a relação entre o perímetro e a área dos fragmentos (McGARIGAL; MARKS, 1995).

5. CONCLUSÕES

A FF e o MA apresentam aumento de sua cobertura florestal e dos fragmentos grandes e na conectividade dos fragmentos. Essas duas classes estão em boa parte inseridas em áreas protegidas ou Área de Preservação Permanente.

A FS e FC tem uma degradação de 2001 para 2021 com perda de área, fragmentação dos grandes fragmentos em tamanhos menores, maior isolamento e efeito de borda com perda de área central. O relevo plano, dossel aberto e um estrato gramíneo tornam FC e FS com boa aptidão para a agropecuária associado a baixa geração emprego, renda e riquezas do estado, que podem ter favorecido ao desmatamento. Um programa de restauração florestal em FC e FS pode auxiliar na recomposição da cobertura florestal, associado a políticas públicas/programas que estimulem o melhor uso das áreas agropecuárias consolidadas e licenciadas para diminuir a pressão sobre as formações florestais mais pressionadas por estas atividades.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ARAYA, Y. H.; CABRAL, P. Analysis and modeling of urban land cover change in Setúbal and Sesimbra, Portugal. *Remote Sensing*, v. 2, p. 1549-1563, 2010. <https://doi.org/10.3390/rs2061549>
- CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S.; GONÇALVES, D. A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Rio Araguaia na savana brasileira. *Revista Floresta*, v. 40, n. 4, p. 675-690, 2010. <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v40i4.20318>
- CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. *Revista Árvore*, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500012>
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2019. 346p. <https://doi.org/10.1201/9780429052729>
- COSTA, R. L.; PREVEDELLO, J. A.; SOUZA, B. G.; CABRAL, D. C. Forest transitions in tropical landscapes: a test in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Applied Geography*, v. 82, p. 93-100, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.006>
- FERNANDES, M. M.; LIMA, A. H. S.; WANDERLEY, L. L.; FERNANDES, M. R. M.; ARAÚJO FILHO, R. N. Fragmentação florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Brasil. *Ciência Florestal*, v. 32, p. 1227-1246, 2022. <https://doi.org/10.5902/1980509845253>
- FERNANDES, M. R. M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.121514>
- FERNANDES, M. R. M.; FERNANDES, M. M.; ALMEIDA, A. Q.; GONZAGA, M. I. S.; GONCALVES, F. G. Ecologia da Paisagem de uma Bacia Hidrográfica dos Tabuleiros Costeiros do Brasil. *Floresta e Ambiente*, v. 24, n. 1, p. 1-9, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.025015>
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. *Landscape ecology*. Hoboken: John Wiley & Sons, 1986. 620p.
- Fundação SOS Mata Atlântica / INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica Período 2019-2020**. Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. <https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2022/05/Sosma-Atlas-2022-1.pdf>
- IBGE_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil**. Resolução da presidência. 1ª edição, v. 1, 2015. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf. Acesso em: 28 Jun. 2023.
- IBGE_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2019**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pnadct/brasil>. Acessado em 13 Jan. 2024.
- ICMBIO_Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/>. Acessado em 13 Jan. 2024.
- JUVANHOL, R. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R.; PIROVANI, D. B.; LOUZADA, F. L. R. O.; DIAS, H. M.; TEBALDI, A. L. C. Análise espacial de fragmentos florestais: caso dos parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, Estado do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*, v. 18, p. 353-364, 2011. <https://doi.org/10.4322/floram.2011.055>
- KEENAN, R. J.; REAMS, G. A.; ACHARD, F.; DE FREITAS, J. V.; GRAINGER, A.; LINDQUIST, E. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, v. 352, p. 9-20, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014>
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v. 33, p. 159-174, 1977. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- MARTINS, S. V. *Ecologia de florestas tropicais do Brasil*. Viçosa: Editora UFV, 2012. 371p.

- MAPBIOMAS. **Destaques do mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 a 2021**. São Paulo, SP: Mapbiomas, 2022. 16p. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>. Acesso em: 10 Jan. 2024.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: USDA Forest Service General Technical Report PNWGTR-351, 1995. 132p. Disponível em: https://www.fs.fed.us/pnw/pubs/pnw_gtr351.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.
- MCGARIGAL, K. **Fragstats: Fragstats help - versão 4.2**. Computer software program produced by the author at the University of Massachusetts. Massachusetts: Amherst, 2013. 182p. Disponível em: https://web.archive.org/web/20200812053053id_/http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf. Acesso em 16 mai. 2024.
- METZGER, J. P. Effects of slash-and-burn fallow periods on landscape structure. **Environmental Conservation**, v. 30, n. 4, p. 325-333. 2003. <https://doi.org/10.1017/S0376892903000341>
- MITTERMEIER, R. A.; GILL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, J.; MITTERMEIER, C. J.; LAMOURUX, J.; FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. CEMEX, Washington, 2005. 392p.
- PINTO, F. L. G.; METZGER, P. J.; SPAROVEK, G. **Food production in the Atlantic Forest Challenges for sustainable, healthy and carbon neutral farming practices in Brazil's top food producing biome**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2022. 36p. Disponível em: [/SOSMA_Food-production-in-the-Atlantic-Forestdigital.pdf](https://cms.sosma.org.br/wpcontent/uploads/2022/11/SOSMA_Food-production-in-the-Atlantic-Forestdigital.pdf). Acesso em: 03 Jan. 2024.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>
- SANTOS, G. G. A.; OLIVEIRA, M.; MIRANDA, I. S.; MITJA, D.; MAFRA, N.; LAQUES, A. E. Efeitos da escala e configuração da paisagem sobre comunidades vegetais em uma paisagem antropizada no nordeste da Amazônia. **Revista Espacios**, v. 38, n. 46, p. 27, 2017.

Contribuição dos autores: M.M.F.: conceitualização, metodologia, escrita (versão original), escrita (revisão e edição); B.C.G.C.: conceitualização, metodologia, escrita (versão original), escrita (revisão e edição); A.S.R.: conceitualização, metodologia, escrita (versão original), escrita (revisão e edição); M.R.M.F.: conceitualização, metodologia, escrita (versão original), escrita (revisão e edição). Todos os autores leram e aprovaram a versão publicada do artigo.

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente via e-mail.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.