

## **ECOLOGIA DA PAISAGEM APLICADA À ANÁLISE AMBIENTAL E TEMPORAL DA VEGETAÇÃO REMANESCENTE EM PENEDO, ALAGOAS**

Lidiane **Matias**<sup>1</sup>, Nadjacleia Vilar **Almeida**<sup>2</sup>, Guilherme Ramos **Demétrio**<sup>3</sup>, Milena Dutra da **Silva**<sup>4</sup>

(1- Universidade Federal de Alagoas, Mestranda em Agricultura e Ambiente, lidiane.matias@arapiraca.ufal.br; <https://orcid.org/0000-0003-1258-5774>, 2- Universidade Federal da Paraíba, Doutora em Geografia, nadjacleia@ccae.ufpb.br; <https://orcid.org/0000-0003-3949-1313>, 3- Universidade Federal de Alagoas, Doutor em Ecologia Aplicada, guilherme.ferreira@penedo.ufal.br; <https://orcid.org/0000-0002-6481-1633>, 4- Universidade Federal de Alagoas, Doutora em Geografia, milena.silva@penedo.ufal.br; <https://orcid.org/0000-0002-8970-1158>

**Resumo:** O uso e ocupação do solo tem ocasionado constantes modificações na paisagem, essas alterações mal planejadas podem causar impactos ambientais negativos, com quadros de recuperação difíceis, ou irreversíveis. Nesse sentido, o uso de técnicas de geoprocessamento associadas a Ecologia da Paisagem podem ser uma importante ferramenta utilizadas para o monitoramento. Diante disso, este trabalho objetivou realizar análises espaço-temporal dos fragmentos vegetacionais do município de Penedo, Alagoas, com fins de identificar os fragmentos que estão susceptíveis a fragilidade ambiental. Foram utilizados dados vetoriais, obtidos no mapeamento através de técnicas de fointerpretação de imagens de satélites dos anos de 2011 e 2017, associado ao uso das métricas da paisagem (área, área-núcleo, borda e forma). Os resultados evidenciaram uma redução do tamanho de área e um aumento do número de remanescentes. Além disso, há uma predominância de fragmentos de áreas diminutas com valores igual ou inferior a 10ha, com formatos irregulares, estando sob influência de borda. Em relação fragilidade ambiental, observou-se que a maioria dos fragmentos apresentaram nível de fragilidade intermediário, e essa configuração ampliou-se. Pode-se inferir que o cenário na paisagem do município é preocupante e que necessita de intervenção com vistas a preservação e conservação da biodiversidade.

**Palavras-chave:** Fragmentos vegetacionais, Métricas da Paisagem, Sistema de Informação Geográfica.

## **LANDSCAPE ECOLOGY APPLIED TO THE ENVIRONMENTAL AND TEMPORAL ANALYSIS OF REMAINING VEGETATION IN PENEDO, ALAGOAS**

**Abstract:** Land use and occupation have caused constant landscape modifications. These poorly planned alterations can create negative environmental impacts and cause difficult or irreversible restoration scenarios. In this sense, geoprocessing techniques combined with Landscape Ecology can represent an important monitoring tool. Based on this context, this paper aimed to perform spatio-temporal analyses of the vegetation in the municipality of Penedo-AL, in order to identify the fragments that are susceptible to environmental fragility. For the study, it was used vector data obtained by mapping, using interpretation techniques of images taken in the years of 2011 and 2017. Moreover, this data was associated with landscape metrics (area, core area, edge and form index). The results emphasized a decrease in size area and an increase in remnants number. In addition, there is a predominance of remnants with decreased areas, presenting values equal or smaller than 10 ha, with irregular shapes, being under influence of edge effects. Regarding environmental fragility, it is observed that most of the remnants presented an intermediary level of fragility, which is a condition that was expanded. It is possible to infer that the landscape situation of Penedo is worrisome and needs intervention in order to maintain the preservation and conservation of the biodiversity.

**Keywords:** Vegetational fragments, Landscape Metrics, Geographic Information System.

## **ECOLOGÍA DEL PAISAJE APLICADA AL ANÁLISIS AMBIENTAL Y TEMPORAL DE LA VEGETACIÓN REMANENTE EN PENEDO, ALAGOAS**

**Resumen:** El uso y la ocupación de la tierra han causado cambios constantes en el paisaje, estos cambios mal planificados pueden causar impactos ambientales negativos, con escenarios de recuperación difíciles o irreversibles. En este sentido, el uso de técnicas de geoprocésamiento asociadas a la Ecología del Paisaje puede ser una herramienta importante para el monitoreo. Así, este trabajo tiene por objeto realizar un análisis espaciotemporal de los fragmentos vegetativos del municipio de Penedo, Alagoas, para identificar los fragmentos que pueden causar fragilidad ambiental. Se utilizaron datos vectoriales, obtenidos en la cartografía mediante

técnicas de fotointerpretação de imagens de satélite de los años 2011 y 2017, asociadas al uso de la métrica del paisaje (área, área-núcleo, borde y forma). Los resultados mostraron una reducción del tamaño del área y un aumento del número de remanentes. Además, hay un predominio de fragmentos de pequeñas áreas con valores iguales o menores a 10ha, con formas irregulares, estando bajo la influencia del borde. En relación con la fragilidad ambiental, se observó que la mayoría de los fragmentos presentaron un nivel intermedio de fragilidad, y esta configuración se expandió. Puede concluirse que el escenario en el paisaje del municipio es preocupante y necesita una intervención mirando a la preservación y conservación de la biodiversidad.

**Palabras clave:** Fragmentos Vegetales, Métrica del Paisaje, Sistema de Información Geográfica.

## 1. Introdução

A crescente expansão do uso e ocupação do solo, influenciada pelas atividades antrópicas, tem ocasionado constantes modificações na dinâmica e estrutura da paisagem. As áreas antes ocupadas por grandes extensões de vegetação remanescentes, com o passar dos anos, foram convertidas em pequenos fragmentos (PIRES et al., 2016). A Mata Atlântica, um dos principais biomas brasileiros, enquadra-se grandemente neste contexto, sobretudo nas últimas décadas, tendo passado por um processo intensificado de fragmentação. Como resultado desse processo, remanescentes vegetais encontram-se fragmentados, apresentando em toda sua extensão fragmentos reduzidos e espaçados (METZGER, 2009).

A modificação da estrutura da paisagem pode ocasionar vários problemas ambientais. Segundo Rodrigues et al. (2019), um dos impactos ambientais negativos que se destaca é o uso e ocupação do solo que se estabelece temporariamente no entorno das áreas verdes. Tais impactos ambientais negativos são ainda mais pronunciados quando o uso e ocupação ocorrem de forma desordenada, o que proporciona a redução e isolamento de áreas propícias à sobrevivência das populações vegetais e animais, levando a extinções de espécies (HERRMANN; RODRIGUES; LIMA, 2005).

Um dos principais problemas do processo de fragmentação é a perda da biodiversidade frente a esses impactos. Esta perda de diversidade tem consequências diretas sobre o funcionamento destes ecossistemas (LOREAU et al. 2011), bem como sobre a qualidade da vida humana que depende destas áreas. Este último processo se destaca principalmente quando

consideramos a oferta de serviços ecossistêmicos prestados pela biodiversidade (MACE, NORRIS e FITTER, 2012), como a regulação do clima; prevenção da erosão do solo, manutenção do ciclo hidrológico e manutenção dos processos de polinização, entre outros que são fundamentais para garantir a sustentabilidade dos processos ecológicos (CAMPANILI e SCHAFFER, 2010).

Em Alagoas, o desmatamento dos fragmentos vegetacionais remanescentes entre os anos de 2015 e 2016 foi de aproximadamente 11 hectares da mata. Já entre 2016 e 2017, houve desmatamento de 259 hectares (SOS MATA ATLANTICA, 2018). Segundo Santos et al. (2017), a redução dos fragmentos vegetacionais de mata atlântica, pode estar relacionada, principalmente, à expansão da monocultura de cana-de-açúcar. Pode-se vincular, ainda, à mudança na estrutura da paisagem, a expansão das atividades rurais por pequenos agricultores com o uso e manejo da terra para o plantio de arroz, feijão e mandioca. Neste cenário, o monitoramento ambiental realizado com intermédio do uso de técnicas de geoprocessamento tem se tornando uma importante ferramenta, visto que possibilita compreender as mudanças ocorridas na paisagem em escala espaço temporal, e assim contribuir para a fiscalização e o desenvolvimento de políticas públicas que visam a preservação e conservação dos recursos naturais.

A aplicação de técnicas com o uso de SIG, possibilita ainda realizar análises referentes a fragilidade ambiental dos fragmentos de vegetação, seja esta fragilidade ambiental consequência da influência de características físicas e naturais do ambiente (“fragilidade ambiental potencial”), ou em correspondência direta ao uso e ocupação do solo (“fragilidade ambiental emergente”), que frequentemente produz a fragmentação e o isolamento de remanescentes florestais, além de perda de habitat (ALMEIDA et al., 2018; ROSS, 2011). Nesse contexto, analisar a fragilidade ambiental de fragmentos vegetacionais por meio de SIG, com auxílio de estudos de Ecologia da Paisagem, podem auxiliar a tomadas de decisões de gestão ambiental, uma vez que essa ferramenta permite a detecção precisa dos fragmentos remanescente seus estados de conservação e as áreas em que o uso da terra se encontra inadequados (BRITO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008; CALEGARI et al., 2010).

O conhecimento do nível de fragilidade ambiental permite observar as condições de determinado ambiente de forma integrada e dinâmica, além de identificar áreas que necessitam de intervenção imediata com fins de conservação e, ou, preservação ambiental (ADAMI et al., 2012). Tem-se considerado como áreas de elevado grau de fragilidade ambiental, com

fundamentos em métricas da Ecologia da Paisagem, aquelas que apresentam características negativas ao equilíbrio ambiental e manutenção da biodiversidade, como fragmentos de área reduzida, forma linear e destituídos de área-núcleo, além de bordas retas, como indicativo de atuação antrópica no entorno dos fragmentos de vegetação (FORMAN e GODRON, 1986).

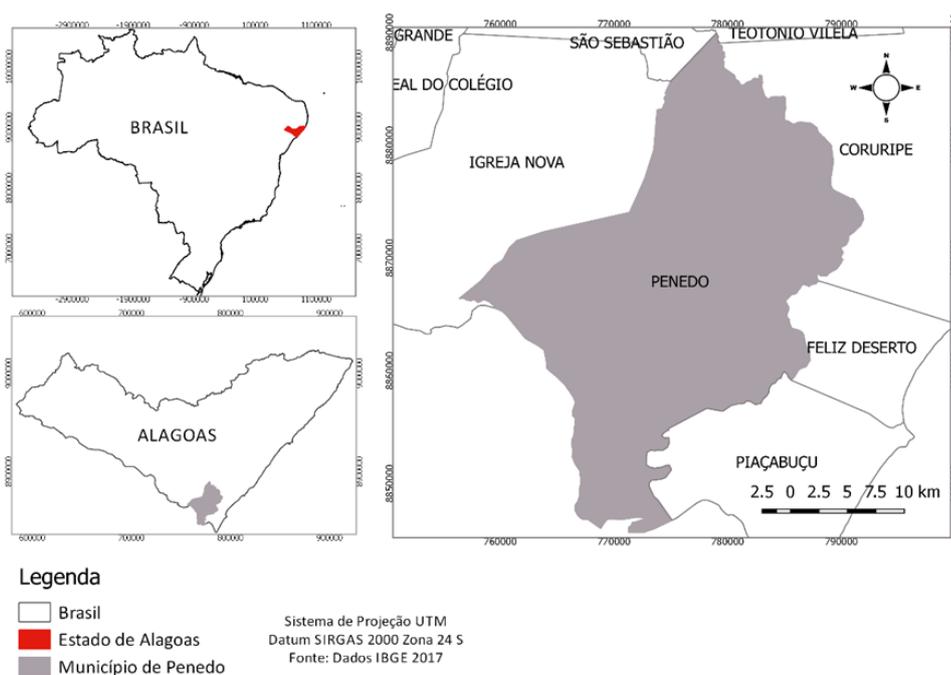
Nesse sentido, a pesquisa visou o estudo da ecologia da paisagem em uma análise espaço temporal do município de Penedo, Alagoas, com enfoque nos fragmentos de vegetação remanescente, sob a influência de ações antrópicas. O objetivo foi identificar as áreas que apresentaram maior fragilidade ambiental, bem como se houve áreas que exibiram quadro de recuperação ambiental, consideradas assim, àquelas áreas que, em comparação com anos anteriores, deixaram de apresentar elevado grau de fragilidade.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Área de estudo

Os fragmentos vegetacionais estudados estão incluídos no município de Penedo, que fica situado no Baixo São Francisco Alagoano, fazendo divisa ao Sul, com o município de Piaçabuçu e Feliz Deserto; e ao Norte, com o município de Igreja Nova (Figura 1).

Figura 1. Localização do Município de Penedo, Alagoas, Brasil.



Organização: autores

O município abrange uma área territorial correspondente a 689.2 km<sup>2</sup> com 63.516 mil habitantes. (IBGE, 2019). A área de estudo, em sua maior parte, envolve territórios de propriedades rurais, com predominâncias de monocultura de cana-de-açúcar, entre outros pequenos cultivos. Em relação a cobertura florestal, na região predominam fragmentos de mata atlântica com vegetação do tipo estacional semidecidual e áreas de formação pioneira (CAMPANILI e SCHÄFFER, 2010). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é subsúmido a úmido (ALAGOAS DADOS E INFORMAÇÕES, 2014).

### *2.2 Mapeamento dos fragmentos vegetacionais remanescentes*

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizadas metodologias de fotointerpretação de imagens de satélites, correspondentes aos anos de 2011 e 2017. A escolha das imagens considerou condições de baixa cobertura de nuvens (<20%). Para as análises do ano de 2011, foram obtidas imagens do satélite RapidEye, disponíveis no site do Ministério do Meio Ambiente (Geo Catálogo), correspondente ao mês de março. Para o ano de 2017, foram obtidas imagens, disponíveis no software Google Earth, correspondentes ao mês de dezembro.

Posteriormente, as áreas correspondentes a vegetação nas imagens de satélite de 2011 e de 2017 foram vetorizadas, a partir de fotointerpretação, considerando elementos de rugosidade e coloração em compatibilidade com vegetação arbórea e/ou arbórea-arbustiva, equivalentes a fragmentos vegetacionais remanescente (domínio Mata Atlântica). Os dados e mapas foram processados no software ArcGis 10.3, sob licença de uso do Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LCG)/CCAUE/UFPB.

### *2.3 Análise dos fragmentos vegetacionais por meio de métricas da paisagem*

As análises dos índices de Ecologia da Paisagem foram realizadas por meio do software Arcgis10.3 com o auxílio da ferramenta de extensão V-LATE 2.0 (Extensão de ferramentas de análise de paisagem baseada em dados vetoriais). A partir das alterações da paisagem, os índices área, borda, forma e área núcleo, foram determinados segundo estudos de Lang e Blaschke (2009).

#### *Análises de área (CA e NP)*

Inicialmente foram calculadas a área e perímetro (borda) dos fragmentos, que foram divididos em 4 classes: fragmentos menores que 10ha; de 10 a 60ha; 60 a 200ha; e maiores que

200ha. Os valores de CA, correspondem ao somatório de área dos fragmentos das classes, e NP o número total dos fragmentos de cada classe (MCGARIGAL et al. (2002); CALEGARI (2010).

Fórmula de área:

$$AREA = 0,5 \cdot \sum (x_{i+1} - x_i) (y_{i+1} + y_i)$$

Análises das bordas (TE, ED e MPE)

Para análises de borda, considerou-se um valor de 50 metros. Os valores de borda são variáveis de acordo com a forma do fragmento, portanto fragmentos irregulares tendem a apresentar valores de borda maior. Assim, em um processo de fragmentação um maior valor de borda, implica em um maior efeito de borda, o que é negativo em termos de conservação para paisagem (LANG E BLASCHKE, 2009). Os maiores valores de densidade de bordas (ED) e do comprimento médio das bordas (MPE), assim como os valores da soma (TE), são desvantajosos para o equilíbrio ambiental de fragmentos de vegetação remanescentes e manutenção da biodiversidade.

Soma de Borda (TE)

$$PERIM = \sum \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$$

Análises de forma (MSI e MPAR)

Com os valores de área e perímetro, determinaram-se os valores do índice de forma dos fragmentos, índice que avalia a complexidade da mancha com base em uma feição padrão 1, que corresponde a forma circular e, à medida que a forma do fragmento se distancia do padrão compacto (=1), quer para valores maiores que 1 ou mais próximos a zero, mais irregular o formato do fragmento. Os valores da razão média perímetro pela área (MPAR), é o índice de forma que expressa a relação entre esses dois parâmetros, no qual os valores dos índices geralmente são menores que 1 e, quanto mais baixo o valor, maior será a compacidade do fragmento (FORMAN e GODRON, (1986); LANG E BLASCHKE, (2009).

Índice de Forma:

$$SHAPE = \frac{p}{\sqrt[2]{\pi \cdot a}}$$

Análises de Área Núcleo (TCA, CAI e NCA)

Os valores de área núcleo dos fragmentos foram obtidos subtraindo a borda (50m) da área total dos fragmentos. Considera-se que valores maiores da Área Núcleo Total (TCA) indicam melhor qualidade da paisagem, uma vez que correspondem a área total do habitat dos

fragmentos isentos do efeito de borda. Assim como, valores menores de Índice de Área Núcleo (CAI), indicam fragmentos sob um maior efeito de borda, o que é um efeito negativo (MCGARIGAL et al. (2002); CALEGARI (2010). Foram contabilizados também, o Número de Área Núcleo dos fragmentos (NCA), para identificação da existência e padrão espacial de áreas núcleo por fragmento (nula, NCA=0; existentes, NCA=1; ou disjuntas, NCA>1). Importante ressaltar que, apesar do valor de área núcleo corresponder a área preservada dentro dos fragmentos, o aumento do número de fragmentos com área núcleo em uma análise temporal, pode estar vinculado ao aumento da fragmentação da paisagem.

Fórmula:  $CAI = \frac{NP - N}{NCA}$

#### 2.4 Análise da fragilidade ambiental dos fragmentos vegetacionais

Para determinar o nível de fragilidade ambiental dos fragmentos remanescentes foram considerados o conceito de fragilidade ambiental, propostos por (ROSS, 1994), e estudos de Ecologia da Paisagem, seguindo (METZGER, 2001) e Forman e Godron (1986). Foi realizado uma sobreposição e cruzamento dos índices de ecologia da paisagem (CA, MSI e TCA), por meio de uma classificação quali-quantitativa condicional em ambiente SIG, em que os fragmentos de vegetação remanescente foram categorizados como: 1) alto nível de fragilidade ambiental – fragmentos que exibiram uma dimensão de área < 10ha, que não exibiram valores de área núcleo, e que apresentaram valores de índice de forma maior que 1.5 (formato linear); 2) nível intermediário de fragilidade ambiental – fragmentos com tamanho entre 10 e 60 ha, que exibiram valores de área núcleo menor que 10ha e apresentaram valores de forma maior que 1.5 (formato linear); e 3) baixo nível de fragilidade ambiental – fragmentos que exibiram uma maior dimensão de área (aqui considerados fragmentos de tamanho igual ou superior a 200ha), com área núcleo maior que 10ha e que também exibiram valores de forma menor que 1.5 (formato compacto). Vale salientar que essas categorias, bem como os atributos e intervalos selecionados, foram influenciados pelo conhecimento de campo e realidade da área de estudo. Acrescenta-se que é uma abordagem estrutural da paisagem e que não considerou dados de diversidade biológica e suas interações.

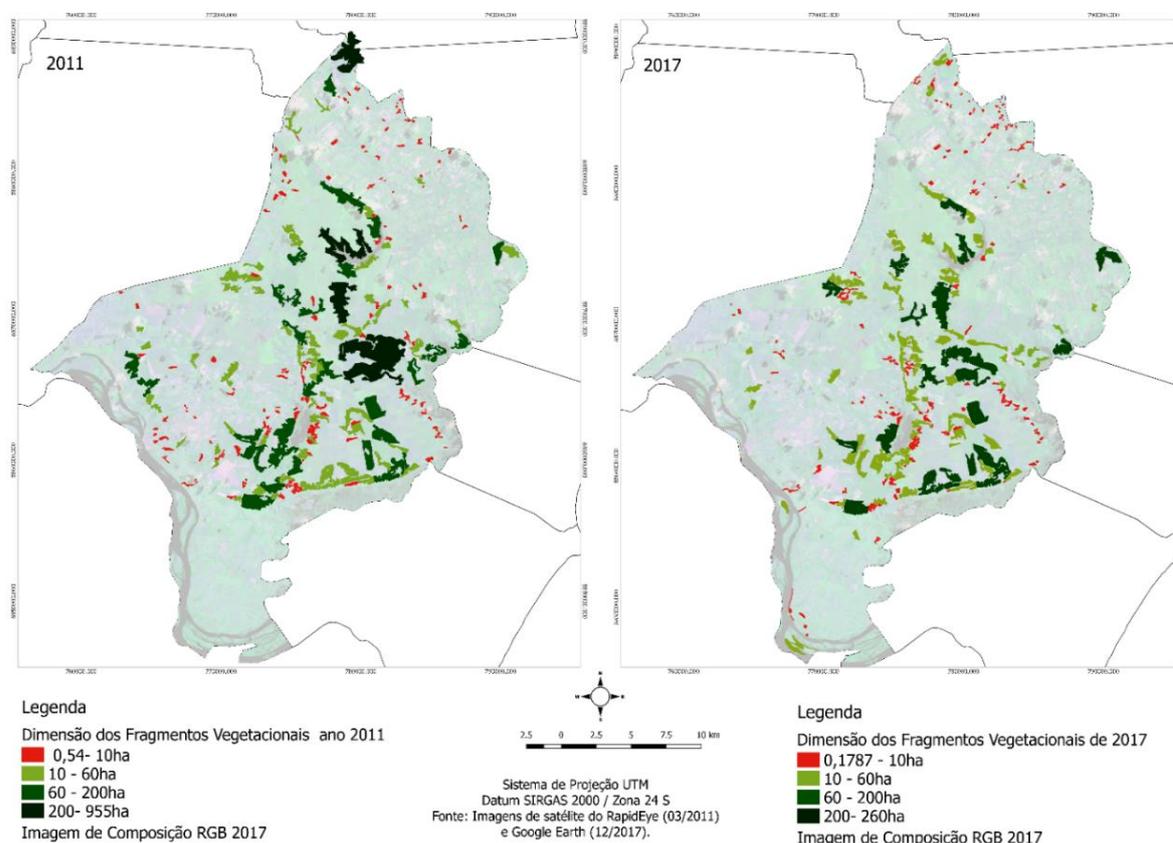
A partir dessa classificação quali-quantitativa condicional em ambiente SIG, foram gerados dados vetoriais, de acordo com o nível de fragilidade dos fragmentos, e elaborados mapas temáticos. Essa classificação permitiu a visualização simultânea de métricas da

paisagem de significado semelhante quanto a indicação de fragilidade ambiental, na perspectiva estrutural da paisagem.

### 3. Resultados e Discussões

A vegetação remanescente em Penedo, Alagoas, apresentou alterações na composição da paisagem, entre 2011 e 2017, sobretudo, quanto ao tamanho dos fragmentos (Área - CA) (Figura 2).

Figura 2 - Fragmentos de vegetação remanescentes correspondentes aos anos de 2011 e 2017, Penedo, Alagoas.



Organização: Autores

Entre os anos de 2011 e 2017, observou-se uma redução de 1.862ha, no qual a cobertura total dos fragmentos passou de 7.123ha para 5.261ha, com uma média de  $19.3 \pm 29$ ha. Vale ressaltar, que houve uma redução de área total (CA), ao mesmo tempo em que ocorreu um aumento do número de fragmentos, passando de 264 em 2011, para 273 NP em 2017 (Tabela 1). Esse aumento do número de fragmentos, pode estar vinculado ao processo de fragmentação

das manchas maiores, visualizadas na paisagem de 2011, que foram divididas em manchas menores em 2017. Esse cenário na paisagem do município configura um dos efeitos do processo de fragmentação, que é a redução na quantidade de habitat, ou seja, redução da área total, e o aumento do número de manchas menores e isoladas (FAHRIG, 2003).

Destaca-se que, em 2011, assim como na paisagem de 2017 os maiores fragmentos mapeados estavam localizados em áreas centrais do município de Penedo, Alagoas, e as manchas menores, em áreas mais periféricas. Segundo Silva et al., (2015) em uma matriz sob intensas ações antrópicas, geralmente, os maiores fragmentos florestais e de maior significância em termos de área, encontram-se localizados, principalmente, em topos de morro ou próximos a rios.

Na zona rural do município, destaca-se o avanço das monoculturas, a exemplo da cana-de-açúcar, que pode ser um dos fatores da supressão de vegetação observada em 2017. Além de ocupações referentes a atividades de agricultura e/ou de pecuária, como áreas de campo sujo ou pastagem, cana-de-açúcar, coco, associação de coco e frutíferas (mangueiras, jaqueiras, cajueiros, bananeiras etc.), fruticultura e culturas de subsistência (macaxeira, coco, mandioca etc.), entre outras (OLIVEIRA, 2017).

Observou-se, que os fragmentos com áreas (CA) inferiores de 10ha estão presentes em maior número no município, e essa classe aumentou ao longo dos anos passando de 154 NP, com um total de área de 580.13 em 2011, para 162 fragmentos com uma área total de 553.25 em 2017. Os fragmentos menores corresponderam a um percentual de 59,9% do número total dos fragmentos, entretanto somaram um menor valor de área. Em contrapartida, fragmentos remanescentes com áreas maiores, são a minoria no município representado 9,1% do número total, mas apresentaram, conjuntamente, uma maior dimensão de área da cobertura total, equivalente a 2.440,2 ha. Essas análises assemelham-se com a apresentado por (Pirovani et al., (2014), na qual em seus estudos observou que, os fragmentos com maiores áreas, apresentam-se em menor número; no entanto, esses fragmentos maiores totalizam em uma maior parcela de área dos remanescentes florestais, enquanto que, fragmentos menores, e que se exibem em um maior número, têm a soma de suas áreas menor .

A redução do número de fragmentos de maiores áreas acentuou-se ao longo dos anos (Tabela 1). Em 2011 foi possível identificar fragmentos maiores de 200ha, no entanto, em 2017 essas manchas não foram visualizadas, o que comprova que os fragmentos vegetacionais do município passaram por um intenso processo de fragmentação (Figura 2). Segundo (Pardini et

al., (2010) , embora apresentem uma menor área, os pequenos fragmentos geralmente são predominantes nas paisagens fragmentadas, e, portanto, funcionam como elementos de ligação, enquanto que os fragmentos de maiores áreas (CA), mantêm a maior parte da biodiversidade.

### 3.1 *Análise de borda*

Analisando as métricas de borda, dos fragmentos vegetacionais do município de Penedo, em 2011, observou-se um total de bordas (TE) de 772.149,4 m o que correspondeu a uma média de  $2.924,8 \pm 3.741,08$  m. Observou-se que a maioria dos fragmentos que apresentaram os maiores valores de CA, exibiram também elevados valores de borda; enquanto que fragmentos de áreas diminutas, apresentaram valores de borda mais baixos (Tabela 1). Borges (2010), ressalta que quanto maior o valor da relação perímetro/área, maior o efeito de borda, o que é negativo em termos de preservação. Em comparação com o ano de 2017, observou-se que o município apresentou uma redução na soma das bordas dos fragmentos vegetacionais, o qual apresentou um valor de 634.914,92 m, equivalente a uma média de  $2.334,2 \pm 2.136,16$  m.

Com base nesses dados, pode-se inferir que à medida que a área total da cobertura vegetal diminuiu, ao longo dos anos, o valor equivalente a soma total de borda também diminuiu. Vale ressaltar, que tão importante quanto a área de uma mancha é a sua forma, portanto, a sinuosidade que o fragmento apresenta também influencia o efeito de borda (ALBERGONI, 2011).

### 3.2 *Índice de forma*

Em relação ao índice de forma (MSI), observou-se na paisagem de 2011 uma variação de 1.08 a 4.06, com uma média equivalente a  $1.7 \pm 0.5$ . Em 2017, os valores foram semelhantes, entretanto houve uma ligeira redução, que correspondeu a uma variação de 1,09 a 3,9, com uma média de  $1.6 \pm 0.5$  (Tabela 1).

Segundo Teixeira et al., (2018), se valor de índice de forma for muito alto, esses fragmentos tendem a ter uma grande influência do efeito de borda, mesmo que ocupe uma área maior. Diante disto, pode-se dizer que a paisagem de Penedo é composta por fragmentos vegetacionais de formatos variados, em que se exibem manchas compactas, que coincidem com os fragmentos de menores áreas, e fragmentos mais alongados e irregulares, que correspondem às manchas de maiores áreas.

Tabela 1 - Valores das métricas da paisagem correspondente aos fragmentos vegetacionais, do Município de Penedo, Alagoas, Brasil.

Classe de Tamanho	Área (ha)		Área-Núcleo (ha)		Borda (m)			Forma	
	NP	CA	TCA	CAI	TE	ED	MPE	MSI	MPAR
<b>2011</b>									
<b>≤10ha</b>	158	642,4	84,3	13,1	180.789,1	281,4	1.144,2	1.6	0.041
<b>De 10 e 60ha</b>	75	2.023,7	865,4	42,7	275.236,2	136	3.669,8	2.0	0,015
<b>De 60 a 200ha</b>	27	2.590,53	1.570,1	60,1	225.336	86,9	8.345,7	2.4	0.009
<b>&gt;200ha</b>	4	1.866,7	1.427,2	76,4	90.787,9	48,6	22.696,9	2.9	0.005
<b>Total</b>	264	7.123,4	3.947,1	55,4	772.149,4	108	2.924,8	1.8	0.03
<b>2017</b>									
<b>≤10ha</b>	163	553,2	59,8	10,8	169.783,7	306,8	1.041,6	1,6	0.039
<b>De 10 e 60ha</b>	84	2.267,8	1.041,1	45,9	287.505,3	126,7	3.422,6	1,9	0.014
<b>De 60 a 200ha</b>	25	2.440,2	1.611,7	66,5	177.625,8	72,7	7.105,0	2,0	0.008
<b>&gt;200ha</b>	0	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	272	5.261,38	2.712,7	51,6	634.914,9	120,6	2.334,2	1,7	0.022

CA (Área central média); NP (Número de manchas); TE (soma das bordas); ED (Densidade das bordas); MPE (Comprimento médio da borda) MSI (Índice de forma médio); MPAR (Razão média do perímetro pela área); TCA (Área núcleo total); CAI (Índice de área núcleo).

Fonte: Langanke et al. (2005) e McGarigal (2002), citados por Lang e Blaschke (2009).

Em relação a forma do fragmento Valente e Vettorazzi (2002), ressaltam que os fragmentos com forma irregular estão mais susceptíveis ao efeito de borda, principalmente

àqueles de menor área, em função da sua maior interação com a matriz. Com base nisso vale ressaltar que, considerando esses dados (MSI), com a área dos fragmentos, pode-se compreender que a grande maioria dos fragmentos, tanto em 2011 quanto em 2017, apresentam um baixo índice de circularidade, visto que nenhum dos fragmentos analisados apresentaram valores igual a 1, e possuem áreas diminutas em quase toda a sua totalidade, podendo, assim, ser atingindo pelo efeito de borda e, conseqüentemente, apresentar um maior grau de perturbação.

Os dados exibidos na paisagem de Penedo assemelham-se com os resultados apresentados por Teixeira et al. (2018) que, ao analisar a fragmentação na paisagem de Bragança-SP, concluiu que os fragmentos maiores apresentaram forma irregular, enquanto que os fragmentos classificados como compactos foram fragmentos pequenos.

Em relação ao índice MPAR, observou-se que em 2011 os valores variaram entre 0.004 a 0.890, com uma média de  $0.02 \pm 0.05$  e, em 2017, foram semelhantes exibindo uma variação de 0.004 a 0.15, correspondendo a uma média de  $0.02 \pm 0.19$ . Observa-se que, os maiores valores de MPAR correspondem aos fragmentos de menores áreas, e medida que aumenta o tamanho de área do fragmento (CA), o índice de MPAR diminui (Tabela 1).

Os resultados das análises dos valores de índice de MPAR, concordam com os encontrados por Santos et al. (2017), os autores explicam, que mesmo os fragmentos de maiores áreas apresentem formatos mais irregulares, esses estão sob um menor efeito de borda, pois apresentam valores de MPAR menor, ou seja a proporção de área é superior a de borda.

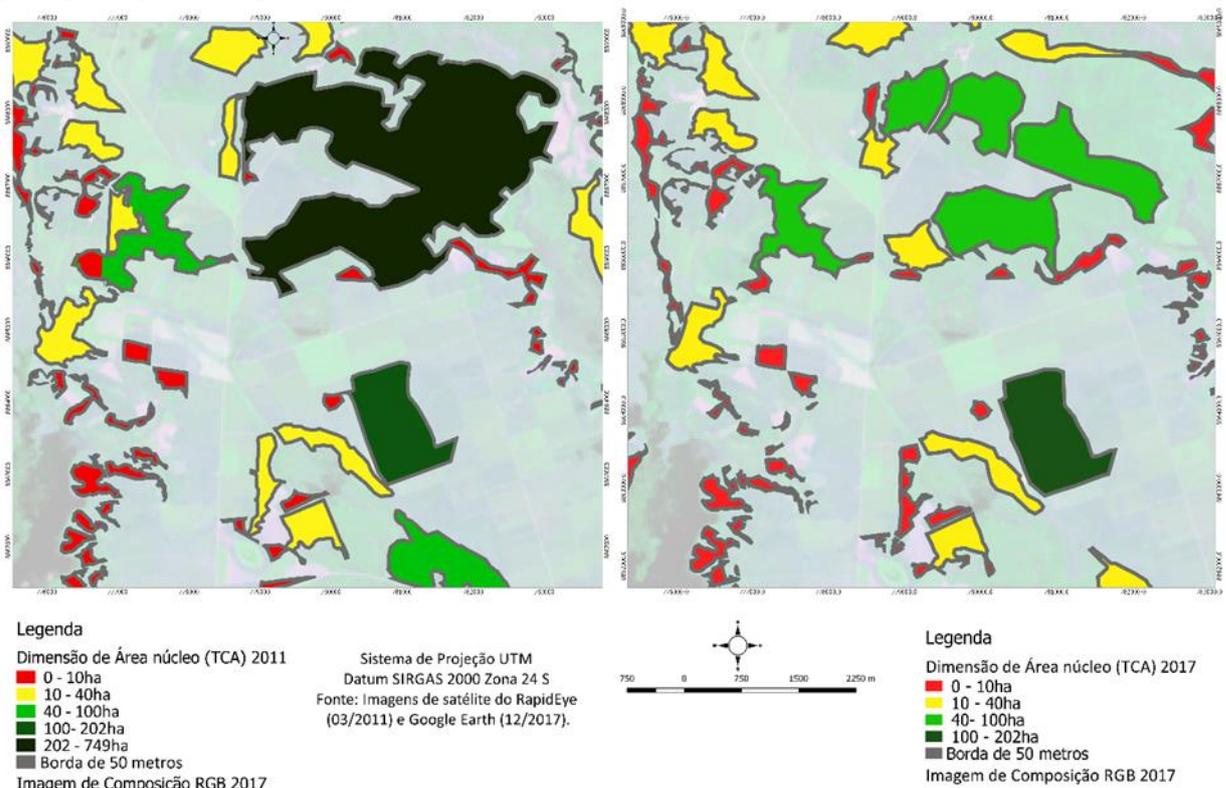
Os dados exibidos para os índices de forma, configuram uma paisagem com fragmentos de formatos variados, com manchas de formato linear e, portanto, mais susceptíveis a fragmentação e ao efeito de borda.

Juvanhol et al. (2011), ao analisar a estrutura da paisagem em parques estaduais do Espírito Santo, observou que, as irregularidades dos fragmentos eram maiores à medida que aumentava os valores de área. Os dados obtidos nas análises das métricas dos fragmentos de Penedo, se assemelham aos da pesquisa de Juvanhol et al., (2011), no qual, observou-se que os maiores fragmentos exibiram os maiores valores de MSI, correspondendo aos fragmentos com formatos mais irregulares. Ao comparar com as análises de 2017, observou-se que essas manchas maiores com formatos irregulares tenderam a fragmentação, exibindo fragmentos de menores áreas.

### 3.3 Área núcleo

Em relação as análises de área núcleo observou-se, em 2011, que os fragmentos foram disjuntos, totalizando 355 áreas núcleos. Em comparação com o ano de 2017, observa-se que houve uma redução do número de área núcleo nas manchas de vegetação remanescente, que totalizaram 314 (Figura 3). Este dado é interpretado como um aspecto negativo, uma vez que o maior número de área núcleo pode representar um habitat preservado dentro dos fragmentos (FERNANDES et al., 2017).

Figura 3 - Fragmentos de vegetação remanescente em Penedo, Alagoas, indicando dinâmica da paisagem quanto a presença de área-núcleo, entre os anos de 2011 e 2017. Fonte: autores.



Organização: Autores

Segundo McGarigal e Marks (1995), o valor de área núcleo é o melhor indicativo da qualidade do que sua área total, sendo afetada diretamente pela forma e a borda dos fragmentos. Diante disso, relacionado o número de área núcleo, com total de fragmentos exibidos, observa-se que o número de áreas núcleo é maior que o número total de fragmentos. Esse resultado pode ser justificado a irregularidade da forma que os fragmentos apresentam, visto que fragmentos

com formas irregulares dificultam a conectividade das áreas núcleo no interior do fragmento, gerando um maior número delas (LIMA e ROCHA, 2011).

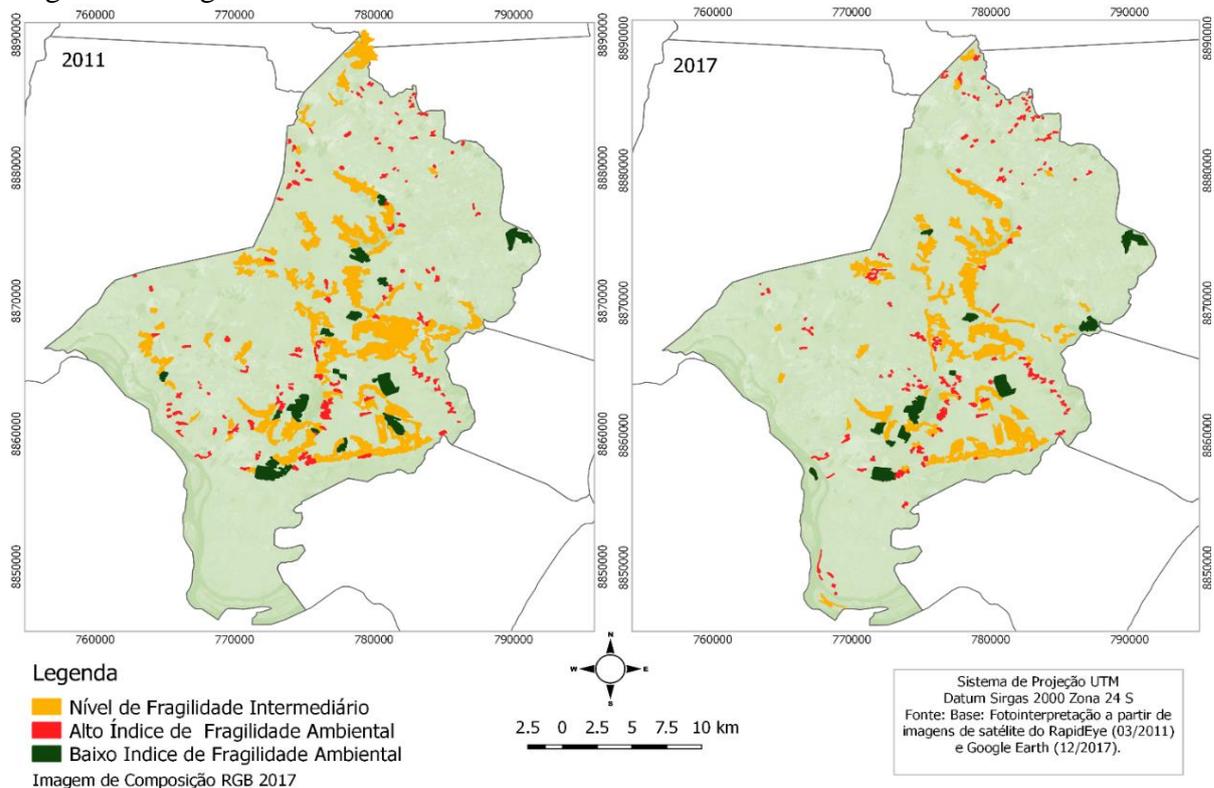
De acordo com as métricas de área e de forma, observa-se que o número de fragmentos que apresentaram área núcleo nula, aumentou ao longo dos anos. Verificou-se que esses fragmentos em ambas as análises corresponderam as manchas com áreas diminutas e/ou que exibiram uma forma linear. Segundo Pirovani et al. (2014), fragmentos com formatos recortados, a influência do efeito de borda é maior, ao ponto das extremidades opostas sob o efeito de borda se encontrarem excluindo assim a área núcleo do fragmento. Cenário que configura os fragmentos na paisagem de Penedo, em que, fragmentos que não exibem área núcleo estão sob um intenso efeito de borda, logo estão mais susceptíveis a extensão ou a fragmentação.

#### *3.4 Fragilidade ambiental dos fragmentos vegetacionais*

Com base nos dados das métricas da paisagem, observa-se que, a maioria dos fragmentos presentes na paisagem do município são susceptíveis a supressão, em relação sobretudo a forma irregular, o tamanho de área e o isolamento que alguns fragmentos apresentam. Observou-se na dinâmica da paisagem entre os anos de 2011 e 2017, que muitos fragmentos visualizados na paisagem de 2011, que exibiram um alto índice de fragilidade, tenderam a ser suprimidos da paisagem ao longo dos anos, assim como algumas manchas que foram configuradas em um índice baixo e intermediário de fragilidade, também tenderam a redução ou supressão, ao longo dos anos. Vincula-se a essa supressão, a pequena dimensão de área que os fragmentos exibem e a irregularidade de forma (Figura 4). Vale ressaltar, que os fragmentos são circundados por atividades rurais, que podem impulsionar a supressão dessas manchas ao longo dos anos. Esse cenário exibido na paisagem dos municípios é preocupante, uma vez que o tamanho e a distância são fatores que se relacionam diretamente com a biodiversidade, ou seja, fragmentos menores e mais isolados tendem a apresentar índices menores de diversidade. (TURNER; CORLETT, 1996; TABARELLI; SILVA; GASCON, 2004, apud LIMA et al. 2017).

Vale ressaltar ainda, que o município apresentou uma predominância de fragmentos considerados em um índice de fragilidade intermediário, e essas manchas que configuram essa estrutura tenderam a aumentar ao longo dos anos, o que indica que o município de Penedo está passando por um avanço no processo de fragmentação.

Figura 4 - Mapa dos Níveis de Fragilidade Ambiental da Cobertura dos Fragmentos Vegetacionais em 2011 e 2017.



Organização: Autores

Segundo Saito et al. (2016), quanto mais regular for a forma do fragmento, menor será a pressão do efeito de borda, estando estes menos susceptíveis a nova fragmentação. Nesse sentido, observa-se que a maioria dos fragmentos na paisagem do município, estão susceptíveis a uma nova fragmentação, pois, mesmo exibindo uma dimensão de área maior, os fragmentos apresentam uma forma irregular. Observa-se, ainda, que são poucos os fragmentos identificados como de “menor fragilidade”, porém mesmo fora da escala dos índices considerados negativos, conforme estudos em relação a ecologia da paisagem, esses fragmentos não estão isentos dos processos de supressão e fragmentação ambiental. Segundo Fahrig et al. (2003), além da perda de habitat o processo de fragmentação provoca outros danos a vegetação, como o isolamento a redução do tamanho de área e aumento do número de manchas. Cenário observado na paisagem do município, onde predomina na cobertura vegetal fragmentos menores que 10ha, localizados de forma isolada, que tenderam a ser suprimidos, ou passaram por uma redução do tamanho de área ao longo dos anos.

#### 4. Considerações Finais

- A aplicação das métricas da paisagem, mostrou que os fragmentos de vegetação remanescente em Penedo, Alagoas, passaram por mudanças na estrutura da paisagem, associadas à redução e/ou extinção de habitat, em um período de apenas seis anos.
- A vegetação remanescente, no ano de 2011 assim como em 2017, é caracterizada por uma composição estrutural com predominância de fragmentos menores que 10ha, formas irregulares e sob efeito de borda. Nessa dinâmica espaço-temporal, não foram evidenciados quadros de recuperação ambiental (reflorestamento) e ampliou-se a quantidade de área classificada como de elevada fragilidade. Pode-se inferir ainda, que as áreas que apresentaram maior fragilidade ambiental, estão localizadas isoladas, na zona rural do município, onde há uma predominância de atividades rurais.
- Assim, a vegetação remanescente em Penedo apresenta um cenário preocupante e que necessita de intervenção com vistas a preservação e conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos prestados por esses remanescentes florestais.
- Diante das análises, observou-se que, a redução da vegetação remanescente ao longo dos anos, aparentemente, pode ser impulsionada pela intensificação de ações antrópicas, entre as quais podem ser destacadas o desmatamento, a expansão urbana; e a demanda de solo desnudo para o plantio de cana-de-açúcar, esta situação, portanto, aumenta a necessidade de ampliação de ações de conservação e preservação ambiental, uma vez que a maioria dos fragmentos é pressionado pelas ações antrópicas que os circundam e, se não forem mitigadas, intensificarão ainda mais a supressão da vegetação da paisagem, com graves desdobramentos ambientais.
- Nesse sentido, visando a minimização da supressão e/ou redução do tamanho dos fragmentos, um planejamento territorial com a implantação de corredores ecológicos, seria uma importante estratégia para reverter o quadro da perda da vegetação remanescente. Diante disso, os resultados expostos podem contribuir para o debate, monitoramento e fiscalização, bem como auxiliar no planejamento de políticas públicas para tomada de decisão em relação a recuperação, preservação e conservação dos fragmentos remanescentes de Mata Atlântica do município.

## 5. Referências Bibliográficas

ADAMI, S. F. et al. Mapeamento da fragilidade e suscetibilidade ambiental utilizando sistemas de informações geográficas: Aplicações na bacia hidrográfica do ribeirão do pinhal (Limeira, estado de são paulo). *Acta Scientiarum - Technology*, v. 34, n. 4, p. 433–440, 2012.

Doi: 10.4025/actascitechnol.v34i4.10005

ALMEIDA, N. V.; NASCIMENTO, F. R.; CUNHA, S. B. Proposta metodologia ao ordenamento territorial ambiental em bacias hidrográficas. In: Ilana Damasceno; Tatiana Malheiros. (Org.). *Espaços Plurais*. 1ed. Rio de Janeiro: Consequência, 2018, v. 1, p. 331-358.

ALBERGONI, L. *Caracterização do uso e cobertura da terra como subsídio para análise de paisagem e de vulnerabilidade de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista*. 2011. 83 Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

*Alagoas Dados e Informações*. Disponível em: <http://dados.al.gov.br/>. Acesso em: 10 de maio de 2019

BORGES, J., CARVALHO, G., MOURA, A. C. M., NASCIMENTO, J. Estudo da conformação da paisagem de Sabará-MG para compreensão das métricas do fragstats em padrões de uso do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. 2010. p. 1473-1481.

BRITO, E.R.; MARTINS, S.V.; GLERIANI, J.M.; SOARES, V.P. Identification of degraded areas and classes of vegetal cover through geographical information system, for environmental adequacy. In: RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (Eds.). *High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil*. New York: Nova Science Publishers, 2007. p.247-260.

CAMPANILI, M; SCHÄFFER, W. B. *Mata Atlântica: manual de adequação ambiental*. Brasília: MMA/ SBF. 2010.

FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 34, p. 487–515, 2003.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

FERNANDES, M. R. DE M. et al. Análise temporal da fragmentação florestal na região semiárida de Sergipe. *Nativa*, v. 5, n. 6, p. 421–427, 2017. DOI: 10.5935/2318-7670.v05n06a07

HERRMANN, B. C.; RODRIGUES, E.; LIMA, A. a Paisagem Como Condicionadora De Bordas De Fragmentos Florestais. *Floresta*, v. 35, n. 1, p. 13–22, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v35i1.2427>

JUVANHOL, R. S. et al. Análise Espacial de Fragmentos Florestais: Caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, Estado do Espírito Santo. *Floresta e Ambiente*, v. 18, n. 4, p. 353–364, 2011. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.055>

LANG,S, BLASCHKE. THOMAS. Análise da Paisagem com SIG. Tradução: Hermann Kux. São Paulo: Oficina de texto, 2009

LIMA, R. N. S; ROCHA, C. H. B. Técnicas de sensoriamento remoto e métricas de ecologia da paisagem aplicadas na análise da fragmentação florestal no município de Juiz de Fora–MG em 1987 e 2008. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p. 2067

LOREAU, M. (2001). Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science*, 294(5543), 804–808. doi:10.1126/science.1064088

MACE, G. M., NORRIS, K., FITTER, A. H. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 27, n. 1, p. 19-26, 2012. doi:10.1016/j.tree.2011.08.006

MATA ATLÂNTICA. *Ministério do Meio Ambiente*. Acesso em 10 de março de 2019. Disponível: [http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica\\_emdesenvolvimento](http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica_emdesenvolvimento)

MCGARIGAL, k.; MARKS, B. J. Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Reference manual. Corvallis: For. Sci. Dep. Oregon State University, 1995. 59p

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*, v. 1, n. 1–2, p. 1–9, 2001. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>

METZGER, J. P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1138–1140, 2009. Doi:10.1016/j.biocon.2008.10.012

OLIVEIRA, A. N. S. *A Fragilidade ambiental como suporte na identificação de conflitos ambientais na APA da Marituba do Peixe, Alagoas*. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geografia desenvolvimento e Meio Ambiente, UFAL, Maceió.

OLIVEIRA, F. S. SOARES, V. P., PEZZOPANE, J. E. M., GLERIANI, J. M., LIMA, G. S., SILVA, E.,OLIVEIRA, Â. M. S. Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, Estado de Minas Gerais.

*Revista Arvore*, v. 32, n. 5, p. 899–908, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000500015>

PARDINI, R.; ARRUDA B, A.; GARDNER, T. A.; PRADO, P. I.; METZGER, J. P Beyond the fragmentation threshold hypothesis: Regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PLoS ONE*, v. 5, n. 10, 2010. doi:10.1371/journal.pone.0013666

PIRES, V. R. O, GARCIA, M. A., MARTINES, M. R., TOPPA, R. H Landscape structure analysis for the establishment of conservation strategies in Atlantic Forest patches. *Ambiência*, v. 12, p. 765–774, 2016. DOI:10.5935/ambiencia.2016.Especial.01

PIROVANI, D. B., SILVA, A. G. D., SANTOS, A. R. D., CECÍLIO, R. A., GLERIANI, J. M., MARTINS, S. V. Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do rio Itapemirim, ES. *Revista Arvore*, v. 38, n. 2, p. 271–281, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000200007>

RODRIGUES, F. R., NASCIMENTO LOPES, E. R., & LOURENÇO, R. W. Análise Integral dos Impactos Urbanos em Áreas Verdes: Uma Abordagem em Sorocaba, Brasil. *Raega-O Espaço Geográfico Em Análise*, 46(2), 135-151. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v46i2.61224>

ROSS, J. (2011). ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS ANTROPIZADOS. *Revista Do Departamento De Geografia*, 8, 63-74. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>

SAITO, N. S., MOREIRA, M. A., SANTOS, A. R. D., EUGENIO, F. C., & FIGUEIREDO, Á. C Geotecnologia e ecologia da paisagem no monitoramento da fragmentação florestal. *Floresta e Ambiente*, v. 23, n. 2, p. 201–210, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.119814>

SANTOS, J. F. C., MENDONÇA, B. A. F., DE ARAÚJO, E. J. G., & DE ANDRADE, C. F. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 15, n. 3, 2017. <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3758>

SILVA, K. G. et al. Análise da dinâmica espaço-temporal dos fragmentos florestais da sub-bacia hidrográfica do Rio Alegre, ES. *Cerne*, v. 21, n. 2, p. 311–318, 2015. DOI: 10.1590/01047760201521021562

TEIXEIRA, L., AZEVEDO. F.D., DALMAS.F.B., SAAD.A.R., FILHO.A.C.P., ANDRADE.M.R.M. Fragmentação Da Paisagem No Município De Bragança Paulista-Sp. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 3, p. 937, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833360>

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí. *Scientia Florestalis*, n. 62, p. 114-119, 2002.