

# ANÁLISE DE MÉTRICAS DE PAISAGEM E INFLUÊNCIAS DO USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL EM FRAGMENTOS FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA

Bruna Henrique Sacramento<sup>1</sup>, Jocy Ana Paixão de Sousa<sup>2</sup>, Hetiany Ferreira da Costa<sup>3</sup>, Amanda Trindade Amorim<sup>4</sup>, Elfany Reis do Nascimento Lopes<sup>5</sup>, Roberto Wagner Lourenço<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 6</sup> Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba. Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental. <sup>1</sup>[brunahsacramento@gmail.com](mailto:brunahsacramento@gmail.com); <sup>2</sup>[jocy\\_belem@hotmail.com](mailto:jocy_belem@hotmail.com); <sup>3</sup>[hetiany@hotmail.com](mailto:hetiany@hotmail.com); <sup>4</sup>[amanda\\_amorim02@hotmail.com](mailto:amanda_amorim02@hotmail.com); <sup>6</sup>[robertow@sorocaba.unesp.br](mailto:robertow@sorocaba.unesp.br). <sup>5</sup> Universidade Federal do Sul da Bahia, Campus Sosígenes Costa. Centro de Formação em Ciências Ambientais. [elfanyl@hotmail.com](mailto:elfanyl@hotmail.com).

## RESUMO

Estudos de fragmentos florestais devem incluir a paisagem. Portanto, o objetivo do estudo foi analisar métricas de paisagem de dois fragmentos florestais e a influência dos usos do solo e cobertura vegetal em seu entorno, inseridos na bacia hidrográfica do rio Murundú-Paiol. Foi realizado o mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal, para 2018, por interpretação visual de imagens. Foram calculadas métricas de paisagem dos fragmentos, com área superior a 100 hectares, do baixo e do alto curso da bacia hidrográfica. Foram analisados os usos do solo em um raio de 2 quilômetros de cada fragmento amostrado. Os procedimentos foram realizados no *software* ArcGIS 10.5. O entorno do fragmento do baixo curso apresentou o maior uso antrópico do solo (51,28%). O fragmento do alto curso apresentou os menores valores de métricas de forma e borda. As técnicas de análise espacial possibilitaram o estudo dos fragmentos florestais da área.

**Palavras-chave** — geoprocessamento, análise espacial, ecologia de paisagem.

## ABSTRACT

*Studies of forest fragments should include the landscape. Therefore, the aim of the study was to analyze landscape metrics of two forest fragments and the influence of land use around them, in Murundú-Paiol River Watershed. It was realized the mapping of land use of 2018 by visual interpretation of images. It was calculated landscape metrics of the fragments, with area larger than 100 hectares, for the low and high courses of the watershed. It was analyzed the land use in a 2 kilometers radius of each sampled fragment. The procedures were performed in ArcGIS software 10.5. The low-course surrounding had the greatest anthropic land use (51.28%). The high-course fragment showed the smallest results of shape and edge metrics. The spatial analysis techniques allowed the study of the forest fragments of the area.*

**Key words** — *geoprocessing, spatial analysis, landscape ecology.*

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos seis biomas brasileiros, a Mata Atlântica é considerada um dos 25 *hotspots* mundiais da biodiversidade [1]. Originalmente, esse bioma ocupava 130 milhões de hectares do território brasileiro, mas seu desmatamento se deu logo com a chegada dos colonizadores do país [2]. No estado de São Paulo, os índices de cobertura florestal desse bioma foram drasticamente reduzidos por conta das economias cafeeira e industrial que se consolidaram na região, entre os anos 1850 e 1950 [2]. Atualmente, apenas cerca de 14% da Mata Atlântica que originalmente compunha o estado permanece conservada, na forma de fragmentos florestais isolados [3].

No processo de fragmentação florestal, um hábitat é continuamente dividido em partes menores e isoladas [4]. As consequências desse processo são: perda de conectividade, efeitos de borda e perda de hábitat [4]. Devido a esses impactos, o estudo desses fragmentos é muito importante tanto para fins de diagnóstico quanto para ações de conservação e/ou recuperação.

Na Análise Espacial, é considerada a espacialização de um dado [5]. Com a popularização das geotecnologias, essa abordagem vem se tornando cada vez mais utilizada. A Ecologia de Paisagem é uma das áreas que consideram esse fator, na temática de Meio Ambiente.

A Ecologia da Paisagem consiste no estudo das relações físico-biológicas que regem diferentes unidades de espaço de uma região [6]. A quantificação de características da paisagem dá-se por meio de métricas a ela relacionadas. Contudo, é importante também compreender o contexto dessa paisagem [7].

Outro tipo de análise espacial, o uso do solo e cobertura vegetal é um importante parâmetro para compreender o nível de interferência do ambiente e o grau de conservação de um ecossistema [8, 9, 10].

Com isso, o objetivo do presente estudo foi analisar métricas de paisagem de dois fragmentos florestais de Mata Atlântica e os usos do solo e cobertura vegetal no entorno dos mesmos, considerando o baixo e alto cursos da bacia hidrográfica do rio Murundú-Paiol, em Ibiúna – São Paulo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Murundú-Paiol possui área de 8191,23 hectares e localiza-se no município de Ibiúna, na porção sudeste do estado de São Paulo (Figura 1). O clima dessa região é do tipo Cwa (subtropical úmido) – de acordo com a classificação de Köppen – com inverno seco e verão quente [11, 12]. A área de estudo insere-se no bioma Mata Atlântica, caracterizado por possuir grande biodiversidade [2].

O mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal foi realizado sobre a composição cor verdadeira de uma ortofoto do sensor *Vexcel Ultracam*, cedida pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), referente ao ano de 2010, com resolução espacial de 0,45 metros. O método utilizado foi o de interpretação visual, utilizando o *software* ArcGIS 10.5 [13]. Foram feitas retificações apoiadas por imagens mais recentes da área de estudo, no Google Earth Pro. Também foram realizadas retificações em campo, no ano de 2018.

Seguindo o Manual do Uso da Terra do IBGE, as classes mapeadas foram: área urbanizada, campo, cultura temporária, lagos, matas, pastagem e reflorestamento [14].

Nesse estudo, foram avaliados dois fragmentos florestais com áreas superiores a 100 ha, já que os habitats florestais de maiores dimensões são importantes para a manutenção da biodiversidade e processos ecológicos em larga escala [15, 16].

As análises foram feitas considerando a compartimentação dos cursos da área de estudo. Do baixo e do alto cursos, foi selecionado um fragmento florestal para análises por amostragem aleatória (Figura 1). Nesse método, a probabilidade de seleção é igual para todo o conjunto amostral, portanto, é representativo [17].

Foram geradas métricas de paisagem (Quadro 1) por meio da extensão *Patch Analyst* [18] no *software* ArcGIS 10.5 [13]. Essas métricas estão relacionadas ao tamanho, à borda e à forma do fragmento florestal.

Cabe ressaltar que apenas os índices de forma possuem uma delimitação bem definida de intervalos de resultados. Quanto mais próximo a 1 for o Índice de Forma Médio, mais circular a forma do fragmento. Já a Dimensão Fractal Média (medida de complexidade de contorno) resulta em valores entre 1 e 2 – formas mais simples e complexas, respectivamente [18].

Foi gerado um *buffer* de 2 km em torno de cada fragmento selecionado para análise de seu uso do solo e cobertura vegetal [19].

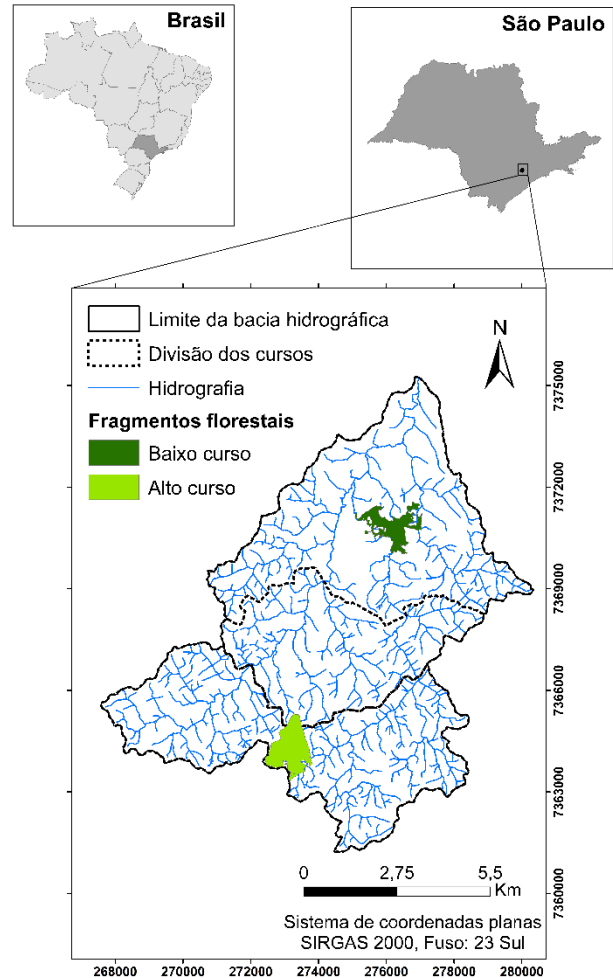


Figura 1. Localização da área de estudo e fragmentos florestais amostrados para análises.

Fonte: elaborada pelos autores (2018).

Variáveis	Índices (unidade de medida)	Fórmula
Tamanho	Área de Classe – AC (ha)	$\sum_{i=1}^n a_i$
Borda	Total de Bordas – TB (m)	$\sum_{i=1}^n p_i$
	Densidade de Borda – DB (m/ha)	$TB/AC$
Forma	Índice de Forma Médio – IFM (adimensional)	$\frac{\sum_{i=1}^n p_i / \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i}}{n}$
	Dimensão Fractal Média – DFM (adimensional)	$\frac{\sum_{i=1}^n (2 \cdot \log p_i / \log a_i)}{n}$

Quadro 1. Métricas de paisagem avaliadas na área de estudo.

Fonte: adaptado de McGarigal; Marks [7] e Rempel; Kaukinen; Carr [18].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises referentes às métricas de paisagem.

**Tabela 1. Resultados de métricas de paisagem geradas pela extensão Patch Analyst.**

Métrica de paisagem	Baixo curso	Alto curso
AC	107,41	140,43
TB	16758,8	7335,77
DB	25,15	11,01
IFM	4,56	1,75
DFM	1,40	1,26

Fonte: elaborada pelos autores (2018).

O mapeamento de uso do solo e cobertura vegetal nos buffers dos fragmentos florestais é apresentado na Figura 2 e o quantitativo das classes consta na Tabela 2.

**Tabela 2. Áreas percentuais das classes de uso do solo e cobertura vegetal e total, em hectares, de cada buffer dos fragmentos analisados.**

Classe	Baixo curso	Alto curso
Área urbanizada (%)	6,20	2,43
Campo (%)	15,82	8,23
Cultura temporária (%)	23,96	7,34
Lagos (%)	0,56	0,69
Matas (%)	48,16	75,46
Pastagem (%)	3,23	1,73
Reflorestamento (%)	2,08	4,12
<b>Total (ha)</b>	<b>2957,67</b>	<b>3036,10</b>

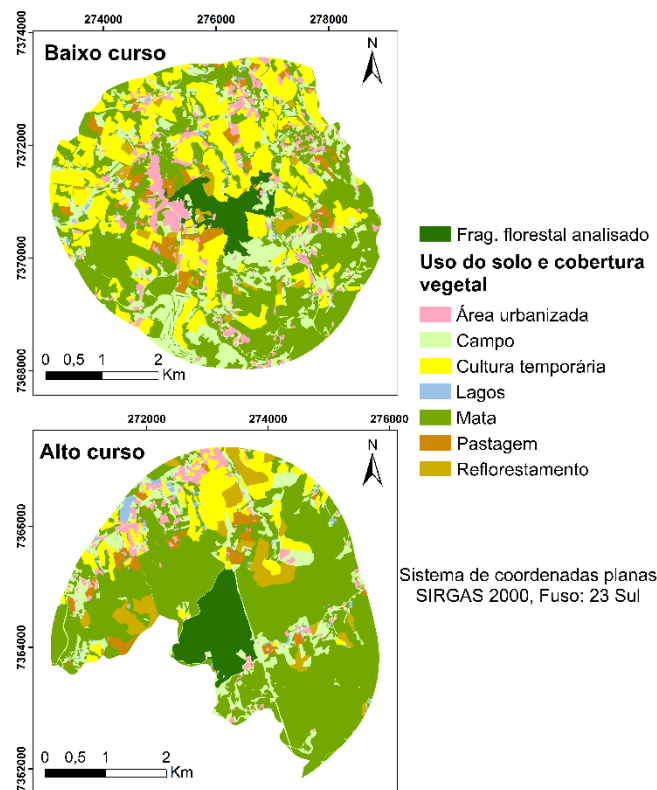
Fonte: elaborada pelos autores (2018).

Foram mapeadas cerca de 3715,45 ha de áreas de matas nos entornos dos fragmentos florestais analisados, sendo 1424,41 ha no baixo curso e 2291,04 ha no alto curso.

Dentre as classes de uso do solo e cobertura vegetal mapeadas na área de estudo, considera-se uso antrópico as áreas urbanas, campo, cultura temporária, pastagem e reflorestamento.

No entorno do fragmento inserido no baixo curso da bacia hidrográfica se encontra a maior porcentagem de uso antrópico da área de estudo (51,28%). Também nesse compartimento foram detectados o menor AC e a maior DFM. Esses índices indicam a degradação desse hábitat, pois além de possuir menor tamanho também apresenta uma forma mais irregular – mais propensa a efeitos de borda [20].

Já o fragmento florestal que está inserido no alto curso da bacia hidrográfica, apresentou maior área com relação ao fragmento do baixo curso. De acordo com Metzger [21], a riqueza de espécies é diretamente proporcional ao tamanho de um fragmento florestal. Portanto, indica-se que esse seja o compartimento da área de estudo com maior biodiversidade.



**Figura 2. Uso do solo e cobertura vegetal no entorno dos fragmentos florestais.**

Fonte: elaborada pelos autores (2018).

Com relação aos índices de borda e de forma, o fragmento do alto curso, apresentou os menores valores da análise. O IFM, por exemplo, foi próximo a 1, logo, o fragmento apresenta um formato mais regular. Segundo Viana e Pinheiro [20], fragmentos florestais com essa característica são menos suscetíveis aos efeitos de borda.

Os usos antrópicos do solo correspondem a cerca de 24% da área mapeada no alto curso. Esses locais, possivelmente, possuem condições menos favoráveis à ocupação humana.

### 4. CONCLUSÕES

O fragmento florestal analisado no baixo curso apresentou maiores sinais de degradação, por sua forma irregular e por apresentar um maior percentual de usos antrópicos. No alto curso, por sua vez, a porção de mata apresentou maior área e menores indícios de impactos, por meio da análise de métricas de paisagem.

Foi possível relacionar os resultados de métricas de paisagem de fragmentos florestais com os usos do solo e cobertura vegetal de seu entorno. Estudos dessa natureza permitem avaliar a influência das atividades desempenhadas em um local sobre a paisagem. A Ecologia de Paisagem surge como uma área do conhecimento que permite compreender

que a espacialização e as unidades que compõem a paisagem influenciam na interação dos seres vivos com o meio.

## 5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida à primeira autora.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Myers, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.
- [2] Ministério do Meio Ambiente. Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros. Brasília, 2010. 408 p. ISBN: 978-85-7738-133-3.
- [3] Fundação SOS Mata Atlântica. Estudo aponta municípios de São Paulo que mais regeneram a Mata Atlântica. São Paulo, 2018. 3 p.
- [4] Córdova-Lepe, F.; Del Valle, R.; Ramos-Jiliberto, R. The process of connectivity loss during habitat fragmentation and their consequences on population dynamics. *Ecological Modelling*, v. 376, p. 68-75, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.012>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [5] Câmara, G. et al. Análise Espacial e Geoprocessamento. In: DRUCK, S. et al. Análise Espacial de Dados Geográficos. Brasília: Embrapa, 2004. p. 1.1-1.26.
- [6] Forman, R.T.T.; Godron, M. Landscape Ecology. Nova Jersey: John Wiley & sons, 1986.
- [7] McGarigal, K.; Marks, B.J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program quantifying landscape structure. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 112 p. DOI: <<https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-351>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [8] VERGURG, P.H. et al. From land cover change to land function dynamics: a major challenge to improve land characterization. *Journal of Environmental Management*, v. 90, p. 1327-1335, 2009. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.08.005>>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- [9] Alves, A.C.; Conceição, P.E.A. Levantamento do uso e ocupação do solo por meio de imagens TM-Landsat-5 e ADS-80 para o município de Manaus/AM. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; In: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; 25-29 abr 2015; João Pessoa, Brasil. INPE; 2015. p. 5881-5888.
- [10] Fan, Y. et al. Entropies of the Chinese Land Use/Cover Change from 1990 to 2010 at a County Level. *Entropy*, v. 19, n. 51, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.3390/e19020051>> Acesso em: 15 ago. 2018.
- [11] Köppen, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 388p.
- [12] Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. A classificação climática de Köppen para o estado de São Paulo. 2018. Disponível em: <[https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_228.html](https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_228.html)>. Acesso em: 13 mai. 2018.
- [13] Environmental Systems Research Institute. ArcGIS 10.5. 2015.
- [14] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. ISBN 978-85-240-4307-9.
- [15] Santos, J.F.C. et al. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 151-158, 2017.
- [16] Almeida, C.G. Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná. 72 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- [17] Luiz, A.J.B.; Epiphânio, J.C.N. Amostragem por pontos em imagens de sensoriamento remoto para estimativa da área plantada por município. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. In: Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; 21-26 abr 2001; Foz do Iguaçu, Brasil. INPE; 2015. p. 5881-5888.
- [18] Rempel, R.S.; Kaukinen, D.; Carr, A.P. Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario. 2012.
- [19] Kurasz, G. et al. Caracterização do entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçados (SC) usando imagem Ikonos. *Floresta*, v. 38, n. 4, p. 641-649, 2008.
- [20] Viana, V.M.; Pinheiro, L.A.F.V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.
- [21] Metzger, J.P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. Anais. Academia Brasileira de Ciências, v. 71, n. 3-I, p. 445-463, 1999.