

**Fragmentação florestal na paisagem no Bioma Mata Atlântica: uma revisão
sistemática da literatura**

Stephany Diolino Cunha

Mestranda, UFLA, Brasil
cunhaflorestal@outlook.com

Bruna Sampaio Crivilin

Mestranda, UFLA, Brasil
brunacriviin@gmail.com

Matheus da Silva Araújo

Doutorando, ESALQ/USP, Brasil
araujomatheus@usp.br

Luís Antônio Coimbra Borges

Professor Doutor, UFLA, Brasil
luis.borges@ufla.br

RESUMO

A fragmentação florestal é definida, como o processo pelo qual uma área contínua de habitat é reduzida em tamanho e dividida entre espaços. Diante disso, devido ao aumento dessas áreas, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão sistemática de literatura sobre os fragmentos florestais no bioma Mata Atlântica, a fim de verificar as suas principais características e ecologia da paisagem. Foram analisadas publicações referentes ao período de 2000 a 2020 em plataformas de busca, como: SciELO, Google acadêmico e portal de periódicos da CAPES. Os termos inseridos para busca foram: “Estudos dos fragmentos florestais no bioma Mata Atlântica” e “Ecologia da paisagem em fragmentos florestais”. Dentre os trabalhos encontrados, foram selecionados 15 artigos, e desses, 5 foram escolhidos para serem avaliados no presente estudo. Quatro dos cinco trabalhos foram realizados no estado do Espírito Santo, próximos a bacias e sub-bacias, e apenas um trabalho foi realizado em parque estadual. Desse modo, os trabalhos avaliados com a temática, estudo da fragmentação e ecologia da paisagem apresentaram alto grau de fragmentação, ou seja, possuem fragmentos menores que 5 hectares, além disso, todos os fragmentos apresentam efeito de borda irregular. Necessitando, portanto, de medidas que visem à conservação da biodiversidade em todos os locais, para que haja a restauração ecológica da paisagem e conservação da fauna e da flora no bioma Mata Atlântica.

PALAVRAS-CHAVE: Métricas da paisagem. Simulações futuras. Sistemas de informação geográfica.

1. INTRODUÇÃO

A fragmentação florestal pode ser definida, como o processo pelo qual uma área contínua de habitat é reduzida em tamanho, e dividida entre espaços separados por um entorno ou matriz de habitats diferentes ao original (FORERO-MEDINA e VIEIRA, 2007). Devido ao aumento dessas áreas ao longo da história da humanidade, surgem maiores debates a questões relacionadas à preservação e conservação, visto que, na grande maioria, a fragmentação é um fenômeno impulsionado pela atividade desordenada de uso e ocupação do território, sendo necessárias intervenções para mudar este cenário atual (SANTOS et al., 2017).

No entanto, quando se refere à fragmentação, a Mata Atlântica merece destaque, por ser considerada uma das florestas mais ameaçadas do planeta (JUVANHOL et al., 2011). Anteriormente, esse bioma ocupava grande parte do território brasileiro, porém, devido às várias práticas de uso do solo, atualmente é um dos ecossistemas mais fragmentados, quando se compara a florestas tropicais. O bioma é composto por paisagens muito pequenas e com baixa diversidade de habitats e manchas isoladas (RIBEIRO et al., 2009), por isso, constitui uma das regiões identificadas mundialmente como Hotspot, ou seja, área prioritária para conservação, de alta biodiversidade e ameaçada no mais alto grau (BEZZERA et al., 2011). Diante disso, é notório a necessidade de maior preservação desse ecossistema, através do desenvolvimento de estudos para manter a sustentabilidade dos remanescentes florestais.

Os efeitos causados pela intensa atividade de desmatamento têm como consequência a perda de áreas verdes em um dado local, além da perda de habitat, a fragmentação provoca impactos diretos no aumento dos efeitos de borda, perda de biodiversidade, modificações nas interações ecológicas e nos processos reprodutivos de espécies, isolamento das formações vegetais, aumento da predação, da competição e perda de micro-habitat (LINDENMAYER et al., 2008). Além disso, vale ressaltar que, a ausência de todos esses fatores ocasiona diretamente na extinção desse bioma e conseqüentemente no desaparecimento da fauna e flora, rica em diversidade para o nosso país.

Nesse contexto, para haver maiores conhecimentos sobre os fragmentos, faz necessários estudos que elucidem o grau de efetividade e vulnerabilidade desses ambientes. Sendo assim, o uso

de métricas e índices de ecologia da paisagem visa promover o emprego desses recursos para a manutenção da biodiversidade, afinal, a análise permite auxiliar na definição de técnicas de manejo para recuperar e/ou conservar os remanescentes florestais (MORAES; MELLO; TOPPA, 2015). Segundo Metzger (1999), a estrutura da paisagem pode ser definida por métricas de área, forma e disposição espacial de suas unidades interativas (ecossistemas, unidades de vegetação ou de uso e ocupação do solo). Destacando assim, a necessidade de trabalhos sobre revisão sistemática de literatura, com a finalidade de obter informações sobre a localidade dos principais fragmentos e consequentemente os seus respectivos resultados.

Para maiores entendimentos sobre o gênero textual do estudo, vale salientar que, existem diferentes tipos de estudos de revisão de literatura, e dentre estes, está a revisão sistemática proposta por Pickering e Byrne (2014), que possui como objetivo a padronização na busca de todos os artigos encontrados, para posteriormente realizar uma análise quantitativa. Este tipo de revisão proporciona ao pesquisador identificar a ocorrência dos estudos, seus principais resultados e suas limitações, contribuindo para o avanço das pesquisas, além de poder verificar as possíveis discrepâncias metodológicas (BORENSTEIN et al., 2009).

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo estudar os fragmentos florestais no bioma Mata Atlântica, a fim de verificar as suas principais características, ecologia da paisagem, desenvolvimento e grau de fragmentação, mediante a precisão dos resultados dos trabalhos selecionados, com intuito de informar e colaborar para conservação e proteção desse bioma.

3. METODOLOGIA

Revisões sistemáticas da literatura são importantes por estabelecer e agregar resultados de estudos por meio da pesquisa, avaliação e crítica, abordando todos esses quesitos em apenas um documento, com a finalidade de conceber novos conhecimentos (MORANDI, CAMARGO, 2015). A revisão do presente trabalho tem como tema principal o estudo da fragmentação florestal e a ecologia da paisagem no bioma Mata Atlântica. O enfoque principal em que esse trabalho se concentra é basicamente a seguinte: Quais as principais metodologias e variáveis utilizadas para o estudo dos fragmentos florestais na Mata Atlântica?

A princípio, para realização desse trabalho utilizou-se como fonte de dados todos os artigos publicados em revistas científicas que apresentavam correlação com o conteúdo abordado, disponibilizados no período entre 2000 a 2020 em plataformas de busca, como: SciELO, Google acadêmico e portal de periódicos da CAPES.

A seleção dos trabalhos ocorreu através de estudos mais recentes, visando identificar os fragmentos florestais com maior degradação na atualidade e que consequentemente, mais se enquadrava com a temática do trabalho. Os termos inseridos para busca foram: “Estudos dos fragmentos florestais no bioma Mata Atlântica” e “Ecologia da paisagem em fragmentos florestais”. Foram analisados todos os artigos científicos encontrados, não levando em consideração trabalhos nos formatos de teses, livros e resumos em congressos.

Os trabalhos foram selecionados de acordo com vários aspectos, como, ano de publicação, o meio de divulgação, os locais em que foram realizados os estudos, as principais ferramentas utilizadas para executar o trabalho, além de, obter conhecimento do tipo vegetacional dos fragmentos florestais. Por fim, foram avaliadas as metodologias utilizadas, para detectar as

semelhanças ou diferenças entre as mesmas, com intuito de selecionar aquelas que mais se aproximavam umas das outras (INKOTTE et al., 2019).

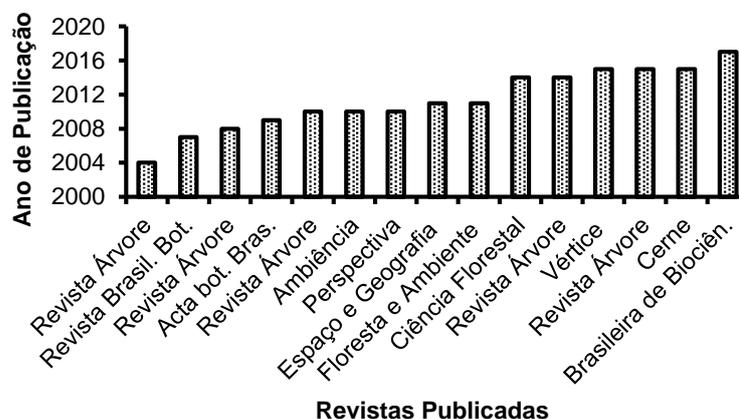
4. RESULTADOS

A princípio para o estudo sobre a fragmentação florestal considerando a busca “Estudo dos fragmentos florestais na Mata Atlântica”, foram encontrados em média 240 artigos. Por outro lado, buscando através do título “Ecologia da paisagem em fragmentos florestais”, foram encontrados 150 artigos. Após a leitura minuciosa dos seus respectivos resumos foram escolhidos 15 artigos científicos que se enquadraram nas características pré-estabelecidas do atual estudo.

Do total de 15 artigos, 5 foram publicados em uma mesma revista, representando 33,33 % e 10 foram publicados em revistas diferentes, representando 66,67 %, ou seja, mais da metade dos trabalhos foram oriundos de diferentes revistas científicas. No entanto, dentre esses 15 artigos, 5 foram escolhidos para serem apresentados no presente trabalho, em virtude da metodologia utilizada e do ano da publicação.

Avaliando as datas de publicação dos trabalhos, é notório que, desde o ano de 2004 a meados do ano 2018 foram encontrados trabalhos publicados. Destacando a ocorrência de difusão do conhecimento, ano após ano em áreas fragmentadas da Mata Atlântica. Portanto, para a publicação dos artigos destacaram-se o ano de 2010 e 2015, ambas com três publicações, representando juntamente 40 % do total dos anos analisados entre os 15 artigos pré-estabelecidos (Figura 1).

Figura 1: Anos de publicações analisadas de acordo com as suas respectivas revistas



Avaliando os cinco trabalhos acima mencionados, quatro deles foram realizados no estado do Espírito Santo, destacando a ocorrência de fragmentos encontrados nessa região e consequentemente a importância de maiores estudos para analisar o estado atual dessas áreas. Além disso, quatro estudos foram realizados próximos a bacias e sub-bacias e apenas um trabalho foi realizado em parque estadual (Tabela 1).

Tabela 1. Principais características dos fragmentos e ferramentas utilizadas nos trabalhos analisados

Referências	Local	Área	% mancha	Escala	Software	Extensão do Software
Bezerra et al. (2011)	Sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES	250,32 ha	19,01 %	1:1500	ArcGis 9.3.	Patch Analyst
Juvanhol et al. (2011)	Parque Estadual de Forno Grande, Espírito Santo, ES	21.749,80 ha	42,60 %	1:1.500	ArcGIS 9.3	Patch Analyst
Pirovani et al. (2014)	Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, Espírito Santo, ES	28.267,18 ha	17 %	1:1.500	ArcGIS 9.3	Patch Analyst
Jesus et al. (2015)	Bacia Hidrográfica do Rio Poxim, Sergipe, SE	9.412 ha	8,05 a 36,32 %	1:100.000	ArcGis 9.3	Patch Analyst 5.0.
Silva et al. (2015)	Sub-bacia hidrográfica do Rio da Prata, Aracruz e Ibirapu, ES	1.355,32 ha	40,69 %	1:5.000	ArcGis 10.2	V-LATE 2.0 beta

Através dos resultados dos trabalhos, nota-se que a área total do fragmento, assim como, a porcentagem da mancha e a extensão do software diferiram entre os autores, porém, o mesmo software para análise da área prevaleceu em todos os trabalhos realizados. Esse software é considerado a base no mapeamento dos fragmentos florestais, para obter o número de fragmentos e o tamanho dos mesmos, mediante a sua extensão, que elabora um arquivo vetorial para cada fragmento florestal (SILVA et al., 2015).

Com base nos resultados referentes às métricas de paisagem (Tabela 2), pode-se concluir que quase todos os fragmentos analisados na área apresentaram tamanho relativamente pequeno (< 5 hectares). Através do tamanho médio da mancha (MPS) e do número de manchas (NUMP), pode-se avaliar o grau de degradação do fragmento. Por meio dos dados abaixo, é evidente que Pirovani et al., (2014), apresentou os maiores índices de número de manchas analisados, isso ocorre principalmente pela área, pois, nesse caso foi considerado fragmentos grandes aqueles com área maior que 50 hectares, interferindo assim na discrepância entre os resultados estabelecidos pelos demais autores.

Tabela 2. Resultados dos índices de ecologia da paisagem dos fragmentos florestais

Índices	Unidades	Referências				
		Bezerra et al. (2011)	Juvanhol et al. (2011)	Pirovani et al. (2014)	Jesus et al. (2015)	Silva et al. (2015)
MPS	Hectare	27,80	10,54	8,61	67229,00	281,77
NUMP	Hectare	9,00	2652,00	3285,00	140,00	164,00
PSSD	Hectare	39,91	200,40	37,35	10,65	37,19
PScoV	Porcentagem	143,49	1900,51	433,85	109,40	13,20
TE	Kilometros ou metros	27690,00	3743922,00	6093977,15	112,00	214,20
MSI	Admensional	1,82	1,71	2,07	2,70	1,77
Área analisada	Hectare	> 100 ha	> 100 ha	> 50 ha	> 100 ha	> 100 há

Em que: MPS (Tamanho médio da mancha); NUMP (Número de manchas); PSSD (Desvio padrão do tamanho da mancha); PScoV (Coeficiente de variação do tamanho da mancha); TE (Total de bordas); MSI (Índice de forma médio).

Pode-se notar que o maior desvio padrão foi encontrado através de Juvanhol et al., (2011), no qual, depois de Pirovani et al., (2014) foi o maior número de manchas encontradas, considerando uma área acima de 100 hectares. Os valores encontrados por Juvanhol et al., (2011), são valores considerados altos, e pode indicar que na área há uma grande variação dos tamanhos dos fragmentos, ou seja, manchas com valores de área muito acima ou muito abaixo do valor médio. Isso ocorre principalmente pelo valor obtido com a média de tamanho de fragmentos médios e grandes (MPS), de 220,4 hectares e desvio padrão do tamanho da mancha (PSSD) de 111,6 hectares.

De acordo com Pereira et al. (2001) o tamanho médio dos fragmentos deve ser analisado examinando-se o desvio padrão, se o desvio padrão for muito alto, é possível que haja grandes fragmentos, mesmo com um tamanho médio relativamente baixo. Sendo assim, o maior coeficiente de variação foi encontrado pelo Juvanhol et al., (2011), devido à quantidade de fragmentos grandes encontrados na área em relação aos demais estudos analisados.

O conceito básico do índice de forma médio (MSI) é quanto mais próximo de um às manchas possuem formato mais circular e quanto maior, maior a irregularidade. Através disso, o autor que evidenciou formato mais regular, foi o Juvanhol et al. (2011) e o formato mais irregular foi Jesus et al. (2015) com um valor de 2,70, esse mesmo autor também apresentou o maior índice de tamanho médio da mancha (MPS), com um valor muito superior dos demais autores. No entanto, todos os fragmentos apresentaram efeitos considerados irregulares, ou seja, maiores que um, constatando a degradação presente nos locais analisados. O tamanho e as formas dos fragmentos estão diretamente relacionados à borda, afinal, quanto menor o fragmento ou mais alongado, mais intenso será o efeito de borda (PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

Contudo, em paisagens da Mata Atlântica é comum encontrar maior quantidade de pequenos fragmentos florestais, e um dos principais problemas é exatamente o efeito de borda (TABANEZ e VIANA, 2000). A relação do número de fragmentos e da área que estes ocupam na maioria das vezes é divergente, ou seja, os grandes fragmentos possuem percentual menor em número, porém, representam uma área maior dos remanescentes florestais. Assim como, os fragmentos pequenos possuem maior número de unidades, mas, a soma de suas áreas representa menor percentual da área total dos fragmentos florestais mapeados e estão mais relacionados ao efeito de borda (JESUS et al., 2019).

Além disso, é importante abordar que o efeito de borda favorece não apenas o desenvolvimento de espécies das extremidades, mas, muitas vezes predadores, parasitas e espécies generalistas que tendem a excluir, por competição ou predação, as espécies de seu interior (METZGER, 2009). No entanto, analisando a origem da fragmentação nos diferentes estudos, é evidente que, dentre os cinco autores, apenas dois apresentaram a origem da fragmentação, sendo esses Bezerra et al., (2011) e Silva et al., (2015). As causas foram através da desordenada ocupação de terra/cafeicultura e através da ação antrópica, respectivamente. Portanto, para que houvesse maior informação para os leitores, era fundamental destacar a causa da fragmentação, uma vez que, pode fomentar para técnicas relacionadas à preservação da área com o intuito de minimizar os efeitos desfavoráveis nas regiões.

O tipo vegetacional dos fragmentos florestais (Tabela 3) é outro elemento importante para análise, especialmente quando se trata de um bioma que está ameaçado de extinção no mais alto grau, como é o caso da Mata Atlântica.

Tabela 3. Tipo vegetacional dos fragmentos florestais dos trabalhos analisados

Referências	Vegetação
Bezerra et al. (2011)	Floresta Estacional Semidecidual.
Juvanhol et al. (2011)	Floresta Ombrófila Densa Montana e Altomontana, com transição para a Floresta Estacional Semidecidual
Pirovani et al. (2014)	-
Jesus et al. (2015)	Restinga, manguezais e fragmentos de Floresta Tropical Úmida
Silva et al. (2015)	Remanescente da Mata Atlântica

Em que: - : não especificado o tipo vegetacional.

Entretanto, nem todos os autores apresentaram o tipo vegetacional, isso pode ter ocorrido devido a extensão das áreas analisadas, mas, a informação seria extremamente relevante e contribuiria para situar qual a principal vegetação do local. No qual, ter conhecimento da fisionomia, a situação da distribuição das florestas, e os fragmentos remanescentes, é essencial para analisar, manter e garantir a biodiversidade e a conservação dos recursos hídricos (PEREIRA et al., 2017). Outro tópico importante que merecia ser destacado é o tipo de solo da região, em que, se optar pela revitalização da área, é necessário ter conhecimento para selecionar as espécies que se adaptam bem ao local.

Diante disso, vale salientar a importância de métodos que visem conter a extensão desses ambientes, como os corredores ecológicos, que possuem o objetivo de mitigar os efeitos da fragmentação dos ecossistemas promovendo a ligação entre diferentes áreas (MMA). No entanto, nenhum autor citou a importância desse recurso, para conter os avanços em suas respectivas áreas, afinal, os resultados apresentados nos trabalhos não demonstraram índices satisfatórios. Aliás, é eminente, que essa técnica desempenha papel fundamental para minimizar os danos causados pela interrupção de uma área verde, que agregaria para o bem-estar de presentes e futuras gerações.

5. CONCLUSÃO

Os trabalhos avaliados com a temática do estudo da fragmentação e ecologia da paisagem apresentaram alto grau de fragmentação, ou seja, possuem fragmentos menores que 5 hectares, além disso, todos os fragmentos apresentam efeito de borda irregular. Necessitando, portanto, de medidas que visem à conservação da biodiversidade em todos os locais, para que haja a restauração ecológica da paisagem e conservação da fauna e da flora em uma área representativa do bioma Mata Atlântica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 e Geografia**, v. 14, n. 2, 2011.

BORENSTEIN, M. et al. **Introduction to metaanalysis**. Londres: Wiley, 2009. 421 p.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 493-502, 2007.

INKOTTE, J.; MARTINS, R. C. C.; SCARDUA, F. P.; PEREIRA, R. S. Métodos de avaliação da ciclagem de nutrientes no bioma Cerrado: uma revisão sistemática. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 988-1003, abr./jun. 2019.

JESUS, E. N.; FERREIRA, R. A.; ARAGÃO, A. G.; SANTOS, T. I. S.; ROCHA, S. L.; Estrutura dos fragmentos florestais da Bacia Hidrográfica do rio Poxim-SE, como subsídio à restauração ecológica. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.3, p.467-474, 2015.

JESUS, J. B.; GAMA, D. C.; JÚNIO, J. M. N.; FERNANDES, M. R. M.; FERNANDES, M. M. Fragmentação florestal em região semiárida no Nordeste do Brasil. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 39, e201801683, p. 1-10, 2019.

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**, n.18, v.4, p.253-264, 2011.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, n. 3, p. 445-463, 1999.

Ministério do Meio Ambiente (MMA) – Corredores Ecológicos. Disponível em: <www.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/corredores-ecologicos> Acessado em 25 mar. 2020

METZGER, J. P. Editorial conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, Boston, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, 2009.

MORANDI, M. I. W. M.; CAMARGO, L. F. R. Revisão sistemática da literatura. In: DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. **Design science research: método e pesquisa para avanço da ciência e da tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MORAES, M. C. P.; MELLO, K.; TOPPA, R. H. Análise da paisagem de uma zona de amortecimento como subsídio para o planejamento e gestão de unidades de conservação. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 1-8, 2015.

LINDENMAYER, D. B.; HOBBS, R. J.; DRAKE, R. M.; ALEXANDRA, J.; BENNT, A.; BURGAMN, M.; CALE, P.; CALHOUN, A.; CRAMER, V.; CULLEN, P.; DISCOLL, D. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. **Ecology Letters**, Oxford, v. 11, n. 1, p. 78-91, 2008.

PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALÊS, M.C.; ROBERTS, D.A.; VENTURIERI, A. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, v.26, n. 1, 2001.

PEREIRA, M. P. S; FRANCELINO, M. R.; QUEIROZ, J. M. A cobertura florestal em paisagens do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017.

PIROVANI, D. B.; SILVA, A.G.; SANTOS, A. R.; CECÍLIO, R. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, S.V. Análise espacial de fragmentos florestais na Bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, v. 38, p. 271-281, 2014.

PICKERING, C. M.; BYRNE, J. The benefits of publishing systematic quantitative literature reviews for PhD candidates and other early career researchers. **Higher Education Research and Development**, Londres, v. 33, p. 534-548, 2014.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Rodrigues, 2001. p. 327.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Boston, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; ARAÚJO, E. J. G.; ANDRADE, C. F. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista brasileira Biociência**, Porto Alegre, v. 15, n.3, p. 151-158, jul./set. 2017.

SILVA, S. F.; MENDES, N. G. S.; BERMUNDES, W. L.; SANTOS, A. R.; GARCIA, G. O. Análise espacial dos fragmentos florestais da subbacia hidrográfica do Rio da Prata em Ibirajú e Aracruz - ES, Brasil. **Vértices**, Campos dos Goytacazes/RJ, v.17, n.1, p. 121-132, jan./abr. 2015.

TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M. Patch structure within Brazilian Atlantic Forest fragments and implications for conservation. **Biotropica**, n.32, v.4, p.925-933, 2000.