



## **ECOLOGIA DE PAISAGEM: UMA ANÁLISE ESTRUTURAL DA FRAGMENTAÇÃO DOS REMANESCENTES FLORESTAIS PERTENCENTES AO PROJETO CONSERVADOR DO MOGI**

### **Tecnologia Ambiental**

#### ***Resumo***

Este trabalho avaliou fragmentos florestais e áreas a serem recuperadas, um total de dezoito áreas, denominados como fragmentos fonte, com o objetivo de entender a situação ecológica da região de estudo por meio das estruturas das manchas florestais, e como o projeto Conservador do Mogi pode ser necessário diante das problemáticas ambientais causadas pela fragmentação do bioma Mata Atlântica. O estudo foi realizado através do programa Google Earth Pro, sendo todos os fragmentos fonte submetidos às análises de paisagem que os descrevessem por meio da determinação dos índices quantitativos de paisagem: forma, distância entre os fragmentos e corredores ecológicos. Com estas informações foi possível determinar que a região de estudo está presente em um bioma que já sofreu e sofre com ações antrópicas de suas matrizes, tornando a maioria dos fragmentos susceptíveis ao efeito de borda, isolados, com formas alongadas e com atuações de trampolins de ligação. O projeto Conservador do Mogi mostrou-se totalmente necessário para reduzir o cenário e os efeitos consequentes de um ecossistema fragmentado, mesmo em uma escala local, pois os fragmentos e as áreas a serem recuperadas atuam como corredores ecológicos e/ou trampolins de ligação de vegetação nativa, identificados em sua maioria.

**Palavras-chave:** Mata Atlântica; Índices de paisagem; Distância entre fragmentos; Corredores ecológicos; Fragmentação florestal.



## INTRODUÇÃO

Os estudos voltados à análise de paisagem abrangem a ecologia e a geografia, formando uma ciência que se faz necessária em tempos de degradação ambiental, a ecologia de paisagem. Através dessa ciência é possível entender como os padrões e elementos espaciais de uma paisagem interferem nos processos ecológicos. Os índices ou métricas de paisagem são uma das maneiras para entender a situação ecológica de uma região, o que torna possível a análise dos elementos e a determinação das relações dos processos funcionais, ecológicos e dos padrões espaciais da paisagem.

Uma paisagem possui elementos base em sua composição: os corredores, que são fragmentos de formas alongadas, a matriz, elemento mais conectado e presente na paisagem, e as manchas, representadas por fragmentos florestais arredondados e que apresentam características distintas umas das outras, sendo influenciadas pelo tipo de vizinhança, pela distância entre elas, a conectividade e, principalmente, por suas formas e tamanhos (PINHEIRO; VIANA, 1998; SOARES FILHO, 1998; VIANA et al.1992).

Nesse contexto, este trabalho avaliou fragmentos florestais e áreas a serem recuperadas com o objetivo de entender a situação ecológica da região de estudo por meio das estruturas das manchas florestais, e como um projeto de pagamentos por serviços ambientais, o Conservador do Mogi, pode ser efetivo e necessário diante das problemáticas ambientais causadas pela fragmentação de ecossistemas em um dos biomas mais desmatados do Brasil, a Mata Atlântica, e em prol da conservação ambiental.

## METODOLOGIA

A região de estudo está localizada no município de Inconfidentes, MG, presente no bioma Mata Atlântica e na Bacia Hidrográfica do Rio Grande. Para este estudo foram escolhidos dezoito fragmentos florestais (Figura 1) protegidos (cercados) pelo Projeto Conservador do Mogi no ano de 2019, denominados neste trabalho como fragmentos fonte, os quais foram submetidos às análises de paisagem.

Realização



Figura 1 - Fragmentos e áreas a serem restauradas do Projeto Conservador do Mogi.

Para visualização e obtenção de dados quantitativos dos fragmentos florestais e das áreas a serem recuperadas, e para aplicação dos índices de paisagem é necessário considerar uma escala de grande proporção. Para tal, o presente estudo fez uso do programa Google Earth Pro em todas as etapas de análises, sendo todos os fragmentos delimitados manualmente e consultados visualmente, com uma altura de voo de  $\pm 500$  metros.

Os índices de paisagem avaliados foram fator de forma, distância entre os fragmentos e corredores ecológicos. Para obter a área e o perímetro, dados fundamentais para determinar um índice de forma, os fragmentos foram consultados após o processo de

Realização



delimitação dos polígonos no Google Earth Pro. Com o objetivo de caracterizar a forma estrutural dos fragmentos, utilizou-se a equação e classificação de Fator de Forma dos Remanescentes Florestais (FF) de Pinheiro e Viana (1998) (Equação 1 e Tabela 1), sendo todos os dezoito fragmentos florestais submetidos para a análise de forma.

Equação 1:  $FF = \sqrt{(AF/AC)}$ , onde: FF = fator de forma (adimensional); AF = área do remanescente (em metros<sup>2</sup>); AC = área de uma circunferência de mesmo perímetro do fragmento (em metros<sup>2</sup>).

Tabela 1 - Classificação dos remanescentes segundo o fator de forma

FATOR DE FORMA	CLASSIFICAÇÃO	EFEITO BORDA
0,1 - 0,61	Muito Alongado	Mais sujeito ao efeito borda
0,61 - 0,8	Alongado	Sujeito ao efeito borda
0,81 - 1	Arredondado	Menos sujeito ao efeito borda

(Fonte: Adaptado de Pinheiro e Viana, 1998).

Para a determinação da distância entre os fragmentos de vegetação nativa foi estabelecido, a partir do fragmento fonte, um raio de procura de 3 quilômetros para encontrar todos os fragmentos com área entre 5 a 20 hectares (ex. Figura 02), pois de acordo com Blumenfeld (2008) fragmentos menores apresentam um efeito de borda mais abrupto. A métrica do raio de busca foi baseada em uma média utilizada pelos autores Pereira et al. (2011) e Moraes (2019). O nível de isolamento dos fragmentos florestais na paisagem pode ser expresso pela distância média dos vizinhos mais próximos, sendo considerado isolados a partir de distâncias superiores a 200 metros.

Para verificar a presença de corredores de vegetação nativa na paisagem do projeto Conservador do Mogi foram realizadas três avaliações: Conectividade dos fragmentos fonte; trampolins de ligação e corredores ecológicos. A conectividade dos fragmentos fonte foi avaliada usando a metodologia de distância entre fragmentos dentro de um raio de procura de 3 quilômetros. Todos os fragmentos dentro do raio de 3 quilômetros tiveram sua distância para o fragmento fonte mensuradas, não sendo considerados os fragmentos que se encontravam atrás de um fragmento já identificado. O grau de conectividade foi

Realização



identificado utilizando uma distância fixa de até 100 metros, seguindo a metodologia de Moraes et al. (2015). Os fragmentos fonte foram classificados quanto a suas formas de atuação em: (a) trampolins de ligação: fragmentos com largura inferior a 100 metros; (b) corredores ecológicos: fragmentos com largura mínima de 100 metros, conforme recomendação da Resolução CONAMA nº 9, de 24 de outubro de 1996.



Figura 02 - Metodologia para determinação da distância entre os fragmentos, sendo: Polígono vermelho, o Fragmento fonte 1; Linha azul, distância entre os fragmentos; Círculo amarelo, raio de 3 quilômetros de busca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises referentes a forma dos dezoito fragmentos do Conservador do Mogi podem ser observados na tabela 02. A área dos fragmentos foi avaliada seguindo a classificação de Freitas (2012). Observou-se que nove, dos 18 fragmentos fonte, se caracterizam com uma área de 1,1 a 5 hectares (50 %), oito fragmentos fonte com área de 0,10 a 1 hectare (44,4%), e, apenas um fragmento fonte apresentou área superior a 5 hectares (Tabela 02). Esses resultados, de acordo com Freitas (2012), representam para a paisagem do Projeto Conservador do Mogi uma matriz com fragmentos muito pequenos.

Realização



Tabela 02 - Caracterização física dos fragmentos florestais.

DADOS DOS REMANESCENTES				FF = $\sqrt{(AF / AC)}$			
Remanescentes	Perímetro (m)	Área (ha)	Largura (m)	AF(m <sup>2</sup> )	AC (m <sup>2</sup> )	Fator de Forma (FF)	Classificação do FF
1	545	1,58	95,6	158,00	23636,49	0,82	Arredondado
2	541	1	38,3	100,00	23290,81	0,66	Alongado
3	652	1,59	117	159,00	33828,70	0,69	Alongado
4	402	0,82	75,4	82,00	12860,03	0,80	Alongado
5	671	2,23	145	223,00	35829,04	0,79	Alongado
6	1071	2,43	45,7	243,00	91449,15	0,52	Muito Alongado
7	857	1	69,9	100,00	58449,59	0,41	Muito Alongado
8	670	0,91	13	91,00	35722,32	0,50	Muito Alongado
9	1322	6,26	159	626,00	139076,27	0,67	Alongado
10	512	1,12	66,9	112,00	20860,75	0,73	Alongado
11	1102	1,80	61,9	180,00	96639,19	0,43	Muito Alongado
12	360	0,74	63	74,00	10313,24	0,85	Arredondado
13	1516	2,50	91,3	250,00	182889,40	0,37	Muito Alongado
14	276	0,36	37,4	36,60	6061,89	0,78	Alongado
15	1622	4,1	50,7	410,00	209359,09	0,44	Muito Alongado
16	437	1,32	122	132,00	15196,83	0,93	Arredondado
17	383	0,61	46,6	61,00	11673,13	0,72	Alongado
18	370	0,38	60,8	38,00	10894,15	0,59	Muito Alongado

(Fonte: Autores, 2023)

Realização



O tamanho pequeno desses fragmentos tem impacto negativo na matriz circundante, pois a área de uma mancha florestal é um indicador de qualidade ambiental importante. Os impactos de uma matriz que abriga manchas florestais muito pequenas são inúmeros. Segundo Guaris e Guariz (2020), esses ambientes desmatados podem desfavorecer a agricultura, pelo clima local; destruição dos cursos d'água (assoreamento), diminuição de dispersão de sementes, solo pouco fértil, aumento e disseminação de populações de pragas, entre outros serviços ecossistêmicos diretamente afetados pelo tamanho dos fragmentos e que estão intrinsecamente ligados ao efeito de borda.

Dentre os remanescentes florestais de estudo foram identificadas apenas três (16,7%) com formas arredondadas. Porém, apenas um fragmento apresentou largura superior a 100 metros, o remanescente 16, este com área superior a 1 hectare. De acordo com Almeida (2008), a estrutura apresentada por fragmentos com área maior que 1 hectare apresenta condições propícias para a manutenção da biodiversidade, tendo efeito de borda menos presente. Segundo o mesmo autor, isso se deve ao seu núcleo ser diferente da área de transição da matriz até o centro do fragmento, permitindo que alguns vertebrados adaptados a ambientes de núcleo (área central do fragmento) façam preferência de uso por essa área, para se alimentarem, se reproduzirem e se refugiarem.

Para os demais remanescentes, foi identificado, para a maioria, formas alongadas (44,4%) e muito alongadas (38,9 %). A forma desses fragmentos não permite que o remanescente exerça suas funções antes estabelecidas em uma matriz florestal contínua, por terem maior proporção de borda (HERRMANN et al., 2005), e conseqüentemente possui um geossistema mais afetado do que os arredondados (ROSELÉM, 2010), e também estão expostos a propagação de espécies invasoras, adaptados às condições de margem, como altas temperaturas. Embora sejam considerados totalmente bordas, por causa de suas formas, estes ainda são fundamentais para a manutenção da diversidade da fauna e flora, através do fluxo de sementes, polinização e mobilização dos animais, pois estes remanescentes desempenham funções como corredores de trampolins, por apresentarem formas lineares. Posto que a maioria dos fragmentos apresentam formas lineares, e tamanhos relativamente pequenos (menores que 5 hectares), estes ainda exercem papel importante na dinâmica biológica na paisagem do Projeto Conservador do Mogi, além de

Realização



todos os serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas, como sequestro de carbono, regulação do clima e produção de água, a maioria destes fragmentos estão localizados em topos de morro, com declividades altas, favorecendo a dispersão de sementes para regiões de baixa altitude, que segundo Pirovani et al. (2014), fragmentos localizados em altas altitudes atuam como potenciais colonizadores de florestas secundárias.

Na unidade de paisagem do projeto Conservador do Mogi, 87,2% dos remanescentes identificados estão a uma distância superior a 200 metros dos fragmentos fonte (Figura 3). Essas distâncias implicam no isolamento das manchas florestais, consequentemente na perda de biodiversidade animal, pois dificulta a mobilidade da fauna, o acesso a recursos básicos e de habitats favoráveis (PINHEIRO e VIANA, 1998). Para a biodiversidade vegetal, longas distâncias dificultam o transporte de pólen, sementes e de dispersores naturais, o que acaba sendo negativo para a manutenção das populações vegetais (PIRES et al., 2006). Para fragmentos com distância inferior a 200 metros foi observado 12,8% dos remanescentes identificados. Esse valor tem impacto positivo para a biodiversidade em geral, pois aumenta as chances de perpetuar suas espécies e os processos ecológicos. Uma distância inferior a 200 metros proporciona ao fragmento, mesmo que baixo, uma certa conexão, por se encontrarem perto um dos outros (CATELANI e BATISTA, 2007).

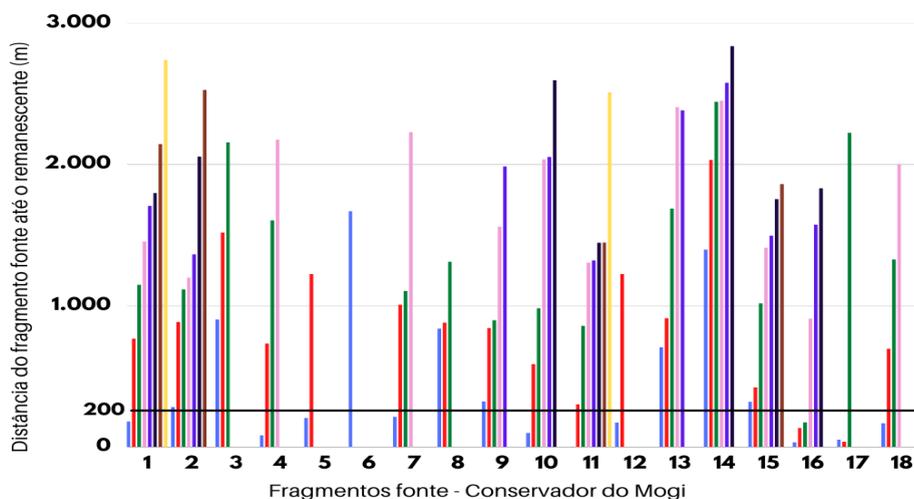


Figura 03 - Distância em metros dos fragmentos fonte "1" a "18" do projeto Conservador do Mogi até os remanescentes identificados.

Realização



Esses resultados demonstram a necessidade de que mais proprietários vizinhos aderem suas terras ao projeto Conservador do Mogi para diminuir a distância entre as manchas florestais. Embora, para grande parte dos fragmentos protegidos pelo Conservador do Mogi estes se encontram na paisagem de maneira isolada, esse projeto se mostra útil na problemática do grau de isolamento dos fragmentos florestais, mesmo que em porcentagens baixas. Sem o projeto, a perda dos fragmentos fonte pelas atividades do homem, principalmente os de formas alongadas, a longo prazo seria um fato, aumentando o grau de isolamento e a distância dos remanescentes analisados. Com a adesão ao projeto, é possível minimizar os efeitos de isolamento das manchas.

A média do grau de isolamento dos fragmentos fonte pode ser observado na figura 04, sendo os fragmentos 4 e 14 os mais isolados e os fragmentos 5 e 16 os menos isolados.

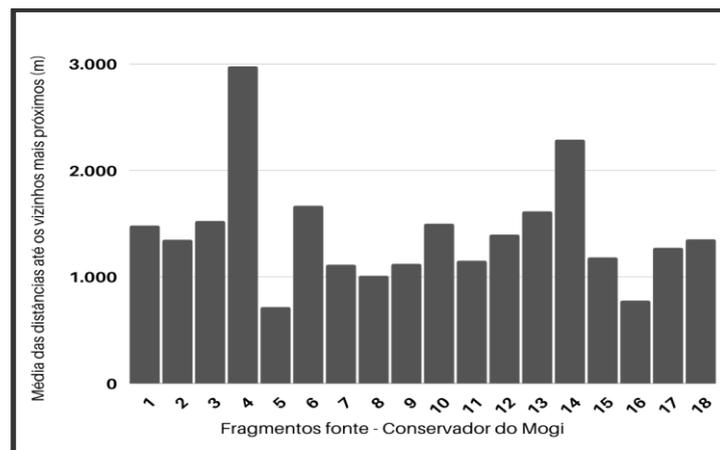


Figura 04 - Média do grau de isolamento dos fragmentos dentro do raio de análise.

Apenas 27,8 % dos fragmentos (os fragmentos 4, 10, 11, 16 e 17) apresentam distâncias de até 100 metros até o vizinho mais próximo, podendo serem considerados com alta conectividade, mesmo não estando interligados entre si. O 11 tem o vizinho mais perto, com aproximadamente 5 metros de distância. O restante dos fragmentos (1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14 e 15 e 18) (72,2 %) apresentaram baixa conectividade por estarem a uma distância de seus vizinhos mais próximos superior a 100 metros. Isso mostra que a paisagem do Conservador do Mogi se encontra com baixos percentuais de algum elemento de conexão por manchas de vegetação nativa.



Para uma análise mais detalhada foi consultado a Tabela 02 para descobrir quais fragmentos apresentam as melhores condições estruturais e físicas para atuar como possível corredor ecológico (fragmentos 9, 5 e 3, respectivamente, por apresentarem maiores larguras) e trampolins de ligação na paisagem (fragmentos 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 17 e 18). Contudo, dos fragmentos do projeto Conservador do Mogi, apenas 16,7% atuam como corredor ecológico com habitat favorável, embora as distâncias do vizinho mais próximo excedam 100 metros, e 66,7% atuam na paisagem como trampolins de ligação, por apresentarem largura inferior a 100 metros e formas lineares. Ainda assim, estes fragmentos são de extrema importância, pois, é somente através desses trampolins que a biodiversidade não adaptada às condições e à alta porosidade da matriz encontra território para se deslocar para fragmentos maiores e menos afetados ao efeito de borda, onde encontram recursos básicos para sua sobrevivência. Com a perda de habitat natural, os trampolins ecológicos são uma alternativa para reverter a fragmentação e o isolamento de populações.

A paisagem de estudo mostrou-se com baixa conectividade entre as manchas florestais identificadas para cada fragmento fonte. Isso tem impacto no isolamento das manchas e na capacidade que a biodiversidade têm em se deslocar e se estabelecer na paisagem. O projeto Conservador do Mogi deve considerar a necessidade em buscar alternativas e dar prioridade em recuperar e proteger novas áreas próximas ao três fragmentos fonte (9, 5 e 3) para que esses remanescentes exerçam melhor suas funções como corredores, já que se encontram isolados a uma distância desfavorável, e também em outras áreas próximas aos demais fragmentos fonte, para que a taxa de conectividade possa ser mais alta, aumentando o potencial ecológico e demais serviços ecossistêmicos oferecidos pela biodiversidade. Propor alternativas para que os corredores e os trampolins exerçam melhor suas funções na paisagem, minimiza as distâncias entre as manchas, aumentando a chance de espécies locais e até daquela que requerem grande território escaparem da extinção, se descolando com mais facilidade. Vale ressaltar que as análises realizadas neste tópico exercem domínio apenas de forma estrutural da paisagem, ignorando a questão da resposta e interação dos organismos diante dessas estruturas de conexão (conectividade funcional). Destaca-se que, a adesão às terras para o projeto é de total

Realização



anuência dos proprietários rurais, por esse motivo existe a dificuldade em optar por áreas prioritárias a serem protegidas ou recuperadas.

## CONCLUSÕES

Os fragmentos fonte demonstraram-se inseridos em um contexto de alta fragmentação, resultando no isolamento para a maioria das manchas florestais, e em um alto índice de efeito borda, devido às formas e tamanhos identificados, fatores que influenciam diretamente na adaptação e perpetuação das espécies de animais e vegetais ao longo do tempo. Com isso, a paisagem estudada do projeto Conservador do Mogi apresenta-se como um geossistema sob pressões antrópicas e sujeito a mudanças que podem ser caracterizadas de maneira negativa sendo capaz de causar desequilíbrio ecológico.

O projeto Conservador do Mogi mostrou-se totalmente necessário para reduzir o cenário e os efeitos consequentes de um ecossistema fragmentado, mesmo em uma escala local, pois, os fragmentos conservados e as áreas delimitadas para serem recuperadas atuam como corredores ecológicos e/ou trampolins de ligação de vegetação nativa, identificados em sua maioria, permitindo a ligação de diferentes ambientes e o fluxo gênico da biodiversidade com mais facilidade, e ainda por garantir que esses fragmentos fonte fiquem protegidos do desmatamento, garantindo a prestação de serviços ambientais.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná.** 2008, 72 f. Dissertação - Mestrado em Gestão do Território, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BLUMENFELD, E. C.; et al. **Relações entre vizinhança e efeito de borda em fragmento florestal.** 2008. 86 f. Dissertação - Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BRASIL, Resolução Conama nº 9, 24 de outubro de 1996. Dispõe sobre os corredores de vegetação entre remanescentes como área de trânsito para a fauna. **Diário Oficial da União**, Distrito Federal, 7 de novembro de 1996, p. 1.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T. Análise do tamanho e distância entre fragmentos florestais na bacia hidrográfica do Rio Una Celso de Souza Catelani Getulio Teixeira Batista. **IPABHI**, Taubaté, p. 75-81, 2007.

Realização





FREITAS, E. P. **Análise integrada do mapa de uso e ocupação das terras da microbacia do Rio Jundiá-Mirim para fins de gestão ambiental.** 2012. 110f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)–Instituto Agronômico de Campinas-IAC, Campinas.

GOOGLE EARTH PRO. Versão 7.3. Google Inc, 2021.

GUARIS, H. R.; GUARIZ, F. R. Avaliação do tamanho e forma de fragmentos florestais por meio de métricas de paisagem para o Município de São Roque do Canaã, Noroeste do Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.05, p. 2239-2153, 2020..

HERMMANN, B. C.; RODRIGUES, E.; LIMA, A. A paisagem como condicionadora de borda de fragmentos florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 1, p. jan./abr. 2005.

MORAES, P. P. **Fragmentação da paisagem e corredores ecológicos na região de Matopiba.** 2019. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

MORAES, M. C. P.; et al. Análise de paisagem de uma zona de amortecimento de subsídio para o planejamento e gestão de unidades de conservação. **Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 1 - 8, 2015.

PEREIRA, J. L. G.; et al. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, Rio Claro, v. 26, n. 1, p. 59 - 90, abril, 2011.

PINHEIRO, L.A.F.V.; VIANA, V.M. Conservação da Biodiversidade em Fragmentos Florestais. **Série Técnica IPEF**, São Paulo, v. 12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998.

PIRES, A.S.; FERNANDEZ, F.A.S.; BARROS, C.S. 2006. Vivendo em um mundo em pedaços: Efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações de animais. In. Rocha, C.F.D; Bergallo, H.G.; Van-Sluys, M.; Alves, M.A.S. (Ed.). **Biologia da conservação: essências.** Rima Editora, São Carlos, p.231-260.

PIROVANI, D. B.; *et al.* Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do rio Itapemirim, ES. **Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 271-281, 2014.

ROSOLÉM, N. P.; ARCHELA, R. S. **Geossistema e paisagem como método de análise geográfica.** In: Seminário Latino-Americano de Geografia Física e Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, 6, 2010, Coimbra. Anais... Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010.

SOARES FILHO, B. S. S. Análise de paisagem: fragmentação e mudanças. Instituto Geociências -UFMG, Belo Horizonte, p. 1-90, 1998.

TRINDADE, A. L.; et al. **Florestas do Brasil em resumo.** Brasília: MAPA/SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2019.

VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J.; MARTINS, J.L.A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. In: **Congresso Nacional sobre Essências Nativas**, 2, São Paulo, 1992. Anais. São Paulo: Instituto Florestal de São Paulo, 1992. p. 400-407.

Realização