

Análise espaço-temporal dos fragmentos de remanescentes florestais com base em métricas de paisagem nos anos de 1990 e 2011 no município de Mogi Mirim-SP

Maria Paula da Silva¹
Téhrrie König¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{mariapaula.silva; tehrrie.pacheco}@inpe.br

Abstract: The development of human society is associated with the expansion of land use over natural areas. Vegetation can be obliterated by urban expansion and agriculture. Therefore, the aim of this study is to identify, using temporal analysis and landscape metric, the natural vegetation remaining in Mogi-Mirim/SP. Images from Landsat5-TM system sensor were acquired and an RGB composite color, using Envi 5.3 software, were performed. Further processes included segmentation and classification, to separate the different objects, using *e-cognition* software. The classification process is based on the Object-Based Image Analysis (OBIA) paradigm. Landscape metric were calculated, by the extension Vector-based Landscape Analysis Tools (V-Late) 2.0 beta in Arcgis 10.3 software. The metrics analyzed were area, form, proximity and nearest neighbor. The results show that natural vegetation in 2011 have been obliterate due urban, agriculture expansion when compare with 1990. Besides the major number of fragments in 2011, because the confusion between natural vegetation and Pinus, in this year the landscape were more fragmented. As a consequence of fragmentation, there's changes in biological diversity and animal fluxes. These remote sensing techniques are efficient to identify remaining forest fragments and evaluate the state of landscape with landscape metrics, and can be effective to landscape monitoring. Future works recommendations include try different segmentation algorithms.

Palavras-chave: landscape ecology, image interpretation, landscape metrics, ecologia de paisagens, interpretação de imagens, métricas de paisagem.

1. Introdução

O desenvolvimento da sociedade humana sempre esteve associado à expansão do uso da terra sobre áreas naturais, levando a formação de pequenas e isoladas áreas florestais em uma matriz de área desenvolvida (Thomazini, 2000). Além do estabelecimento de atividades humanas, a extração contínua de recursos naturais também contribui para o processo de fragmentação florestal (Araújo, 2009).

Entende-se por fragmentação florestal o processo de transformação de uma grande área de vegetação em pequenas manchas, com área menor e isoladas umas das outras por uma matriz diferente do habitat original (Fahrig, 2003), causando a diminuição do fluxo de animais, pólen e sementes (Benedetti e Zani Filho, 1993). Os efeitos da fragmentação são observados desde mudanças na frequência dos genes de uma população, até mudanças na distribuição de espécies e ecossistemas e podem causar extinções locais, mudanças nos processos ecológicos e na biodiversidade (Meffe e Carroll, 1994).

Devido a sua função reguladora de processos, a cobertura florestal é um importante indicador das condições ambientais, sendo preponderante nas ações de monitoramento, planejamento, conservação e recuperação ambiental (Lima e Rocha, 2011). A ecologia de paisagem estuda os padrões da paisagem e como estes mudam ao longo do tempo (McGarigal e Marks, 1994) e uma das formas de se fazer isso é através da análise das métricas de paisagem tais como área total, área nuclear, forma do fragmento, e conectividade destes.

Para Santos (2000), o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são técnicas essenciais na ecologia de paisagens por terem a capacidade de caracterizar no espaço e no tempo os padrões de uso e cobertura da terra, especialmente quando permitem a manipulação de modelos e dados reais.

Mogi Mirim, município escolhido como área de estudo, possui vegetação nativa típica de cerrado (Pilla, Amorozo e Furlan, 2006), caracterizado por arbustos retorcidos e, em sua

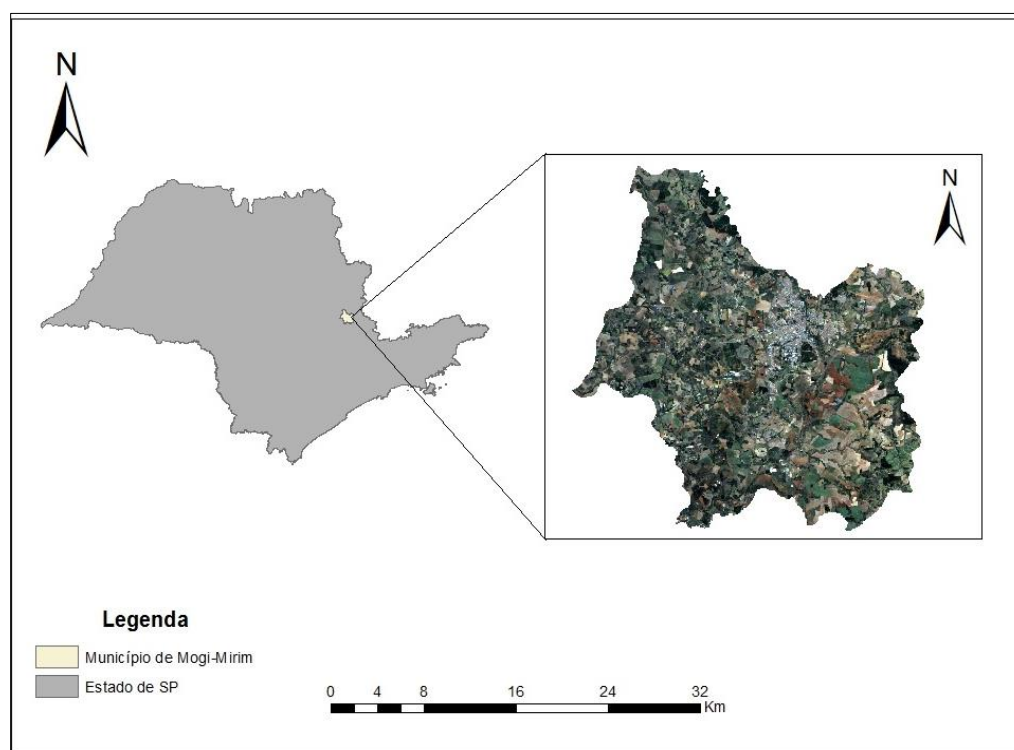
maioria, de médio e pequeno porte como forma de adaptação ao solo ácido. Na parte econômica, por volta da década de 1990 as atividades giravam em torno da agricultura. Posteriormente passou para atividades do setor industrial e atualmente tem grande participação a extração mineral de argila e pedreira.

Diante dessas considerações este trabalho tem como objetivo analisar as mudanças na vegetação natural do município de Mogi Mirim nos anos de 1990 e 2011 com base nas métricas da paisagem e quantificar quanto da vegetação natural foi suprimida em decorrência das mudanças de uso e ocupação do solo.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

Mogi Mirim situa-se na porção leste do estado de São Paulo, nas coordenadas S 22°25'54'' e W 46° 57'58'' (Figura 1). Conforme dados do Censo Demográfico 2010 do IBGE, Mogi Mirim possui uma população de 86.505 habitantes. Recebeu em seu território as estradas de ferro da Companhia Mogiana em 1875, expandindo sua população que, característico aos municípios que passam pelo mesmo processo, passou a ser composta em boa parte por estrangeiros (Câmara Municipal de Mogi Mirim, 2015). As primeiras atividades econômicas eram voltadas para a agricultura, com lavouras de café e algodão (Filho, 2002). A partir de 1995, houve um aumento das atividades do setor industrial, especialmente no setor da metalurgia. Ainda hoje, o município é sede de grandes empresas, como a Ambev.



Outras duas atividades econômicas fortes, são a extração mineral de argila e as pedreiras. A pedreira Degrava, por exemplo, tinha potencial extrativista de 25 anos, mas durante as escavações, ocorreu o extravasamento do lençol freático, e seu funcionamento teve de ser interrompido. E devido a extração mineral, há grandes áreas de solo exposto produto da degradação ambiental (Filho, 2002).

O domínio morfoclimático do cerrado abrange a região, além da porção centro-oeste e noroeste do Estado de Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, oeste da Bahia, partes dos

Estados de Tocantins, Mato Grosso, São Paulo e Mato Grosso do Sul, bem como áreas disjuntas na região Amazônica e Nordeste, perfazendo uma média de 25% do território brasileiro. A vegetação predominante desse bioma é caracterizada por ser arbustiva e ter matas de galeria. Das espécies de fauna e flora, existem diversas que são endêmicas, ressaltando a importância de sua preservação (Ibama, 2005). Além disso, o município possui reflorestamentos de *Pinus* e Eucalipto que pertencem a empresas privadas.

2.2 Metodologia

As imagens utilizadas no estudo correspondem a órbita/ponto 219/76 e foram obtidas pelo sensor TM a bordo do satélite Landsat 5 em 10 de março de 1990 e 26 de Julho de 2011. As imagens foram baixadas no site www.dgi.inpe.br e cortadas com o shape de Mogi Mirim. Ambas foram segmentadas com parâmetro de similaridade igual a 10 no software *e-cognition*. A segmentação foi realizada com o intuito de separar os diferentes alvos da cena. Sobre o resultado da segmentação, foi feita a classificação supervisionada orientada ao objeto selecionando amostras de treinamento referentes a vegetação nativa, área urbana, agricultura e solo.

Com base em pontos conhecidos da área e características de tonalidade, textura e forma das imagens (Toppa et al., 2006), foi elaborada a chave de classificação das classes de uso de interesse (Figura 2). Foram classificadas como vegetação natural áreas com predomínio de vegetação arbórea, com as formações vegetais de floresta estacional semidecidual, cerradão e vegetação ripária que aparecem como áreas de cor vermelha escura a média, com textura rugosa que caracteriza a densidade do dossel da vegetação (Figura 2b).

Já a área urbana, apesar de apresentar grande variedade de resposta espectral, haja visto que a mesma apresenta diferentes coberturas do solo (asfalto, concreto, telhados de cerâmica, vegetação arbórea, etc.) é um alvo mais fácil de se identificar na cena, uma vez que apresentada altos valores de reflectância na região espectral do visível (Souza, 2012), além disso, destaca-se pelo padrão quadriculado formado pelas ruas e avenidas e as cores apresentam variações entre azul-claro e escuro, devido à presença de vários componentes minerais nos materiais urbanos (Figura 2a). Foi caracterizado como solo exposto, as feições com coloração roxa, textura lisa e formato irregular (Figura 2c). A agricultura e pasto foram agrupados em uma única classe, de acordo com a coloração verde clara, textura lisa e forma regular (Figura 2d).



Figura 2. Amostras de chave de classificação de área urbana (A), vegetação natural (B), solo exposto (C) e agricultura (D).

Após a classificação foi realizada a edição matricial, usando o software acima mencionado a fim de juntar os polígonos referentes ao mesmo fragmento para que não houvessem erros na hora de calcular as métricas. Feita a classificação dos alvos, em cima dos fragmentos, foram calculadas as métricas da paisagem por meio da extensão V-LATE 2.0 beta (*Vector-based Landscape Analysis Tools*) do programa ArcGis 10.3. As métricas analisadas foram: área total, forma do fragmento, proximidade e distância do vizinho mais próximo. Também foi avaliada a supressão dos fragmentos, através da análise das mudanças de uso e cobertura do solo onde, em 1990 havia fragmentos florestais e que não estão mais presentes em 2011.

3. Resultados e Discussão

O mapa de uso e ocupação do solo para os anos de 1990 e 2011 estão representados na Figura 3.

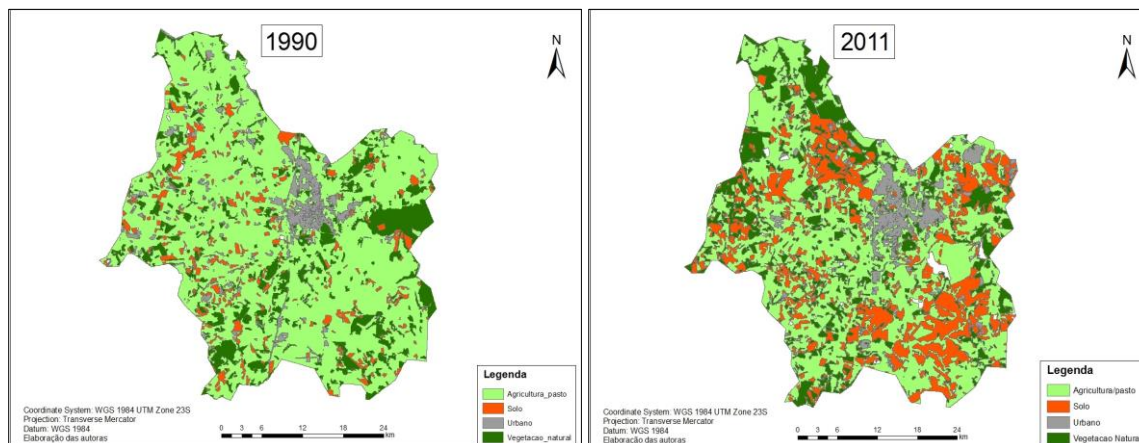


Figura 3. Uso e cobertura do solo no município de Mogi Mirim 1990 e 2011

Quanto aos fragmentos florestais, foram identificados 338 fragmentos, compreendendo área total de 22.264,695 ha em 1990 e em 2011, foram identificados 396 fragmentos, perfazendo uma área total de 20.218,144 ha (Figura 4).

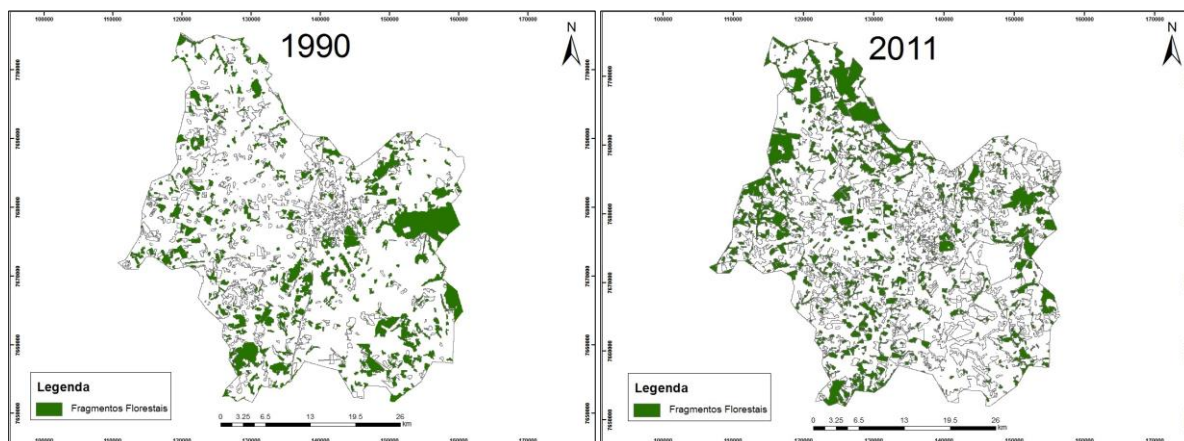


Figura 4. Fragmentos florestais no município de Mogi Mirim 1990 e 2011.

Segundo Macarthur e Wilson (1967), o tamanho do fragmento em hectares serve de base para teoria de biogeografia de ilhas e explica as variações de riqueza das espécies em fragmentos de diferentes tamanhos. Em Mogi Mirim, podemos observar que a maioria dos fragmentos possui tamanho inferior a 40 ha (Figura 5a), sendo que 2011 apresentou mais fragmentos acima de 80 ha que 1990. Isso pode ter ocorrido devido a segmentação e a classificação não terem separado adequadamente a vegetação nativa de *Pinus*. Dessa forma, em 2011 esses maiores fragmentos correspondem ao reflorestamento por *Pinus*.

Além da área, a forma do fragmento (Figura 5b) também é importante na ecologia de paisagens. Segundo Volotão (1998) este índice configura a paisagem por estar diretamente relacionado ao efeito de borda, já que fragmentos com formato arredondado sofrem menos com o este efeito devido à razão borda-área ser menor do que aquela observada em fragmentos mais retilíneos. A forma dos fragmentos foi determinada com a métrica SHAPE, sendo que os fragmentos com formato mais circulares estão entre os índices 1 e 2

(adimensional). A área de estudo apresentou, em ambos os anos, fragmentos com o formato mais arredondado, com índice entre 1 e 2, pois quanto menor o índice, menos irregular é a forma do fragmento e menos suscetível este é ao efeito de borda. Vale destacar que no índice de forma 3, os fragmentos em 2011 apresentaram frequência maior, evidenciando que neste ano apesar de existir mais fragmentos, estes possuem maior efeito de borda.

A conectividade e a distância do vizinhos mais próximo (Figuras 5c e 5d) descrevem o comportamento espacial dos fragmentos na paisagem, sendo que o primeiro revela o grau de isolamento dos fragmentos de vegetação natural através do padrão de distribuição destes (Araújo, 2009). Já o segundo, corresponde a distância entre dois fragmentos, correspondendo a outra medida para proximidade, uma vez que quantifica a distância entre os fragmentos (Moraes, 2013). Analisando a conectividade e proximidade, observa-se que em 1990 os fragmentos estão mais conectados, o que resulta em maior possibilidade de movimentação na paisagem.

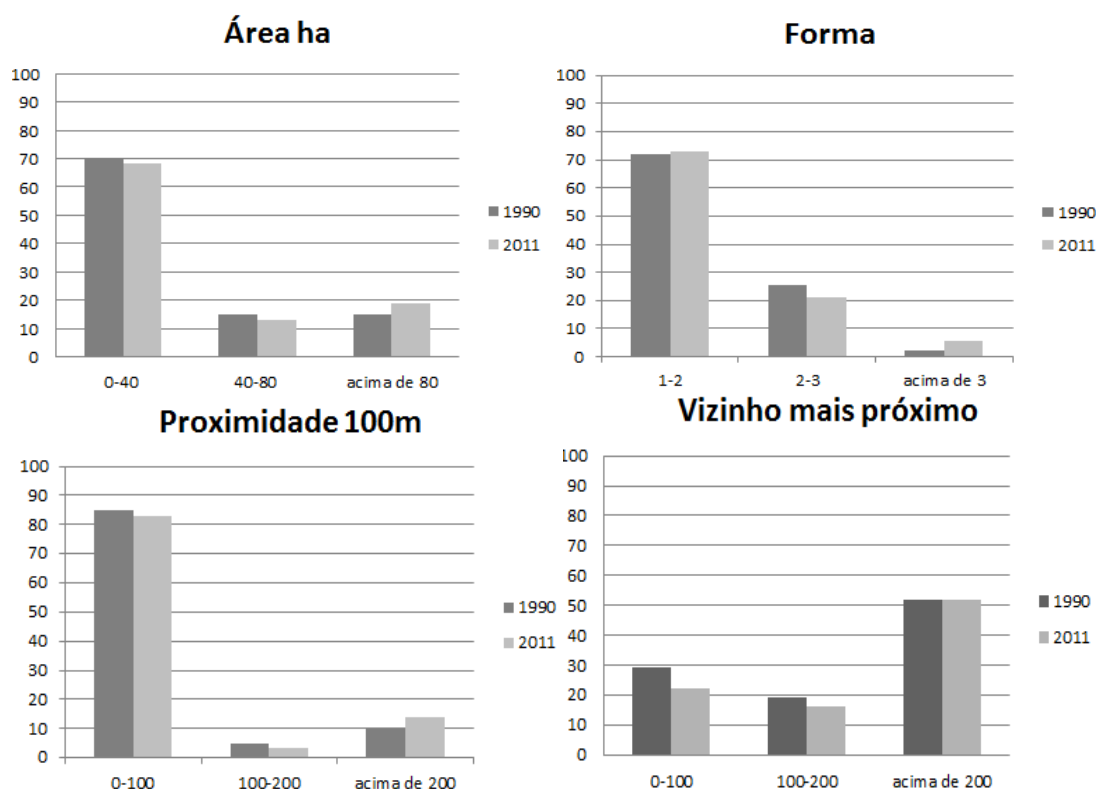


Figura 5. Resultados obtidos em 1990 para a) área dos fragmentos, b) índice de forma, c) Proximidade em 100m e d) distância do vizinho mais próximo.

De forma geral, observa-se que houve a supressão da vegetação entre os anos de 1990 e 2011, pois o número de fragmentos, assim como suas características (área, forma e conectividade), mostraram resultados piores em 2011.

4. Conclusão

O uso do sensoriamento remoto para cálculo das métricas de paisagem em ecologia se mostrou uma importante ferramenta nos que diz respeito ao uso de imagens para identificação dos fragmentos. As imagens Landsat TM com 30 metros de resolução espacial foram suficientes para identificação dos remanescentes florestais e a extensão V-LATE permite o cálculo rápido. Entretanto, vale destacar a dificuldade entre classificar vegetação nativa de Eucalipto e *Pinus*, por conta da resposta espectral semelhante. Para tal, a utilização de sensores hiperespectrais é mais recomendado (Schramm e Vibrans, 2007).

A comparação dos resultados obtidos em 1990 e 2011 ressalta o que é tendência no país, a vegetação natural dos municípios é substituída por outras atividades como agricultura e área urbana. Essas modificações podem acarretar em alterações na diversidade biológica e nos fluxos de animais, pólen e sementes, causando o aumento da vulnerabilidade ecológica dos fragmentos florestais. O diagnóstico dos fragmentos, através do cálculo das métricas, pode auxiliar no monitoramento e preservação dos mesmos, além de pautar ações de preservação. Recomendações para trabalhos futuros incluem o teste de diferentes algoritmos de decisão para a separação entre *Pinus* e vegetação nativa.

Agradecimento

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte de bolsas de pesquisa.

Referências Bibliográficas

Araujo, R. A.; Costa, R. B.; Felfili, J. M.; Gonçalves, I. K.; Sousa, R. A. T. M.; Dorval, A. Florística e estrutura de fragmento florestal em área de transição na Amazônia Matogrossense no município de Sinop. **Acta Amazon.** Manaus, v.39, n.4, 2009.

Benedetti, V.; Zani Filho, J. Metodologia para caracterização de fragmentos florestais em projetos agro-silviculturais. In: **Anais Congresso Florestal Brasileiro.** Curitiba-PR. v.2. p.400-401, 1993.

Câmara Municipal de Mogi Mirim. Disponível em: <<http://www.camaramogimirim.sp.gov.br>>. Acesso em 09 Nov 2016.

Fahring, L. Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. **Ecol. Appl.** v.12 p.346–53, 2003.

Filho, M. M. **Contribuição dos Recursos Minerais para o Planejamento urbano de Mogi Mirim: Revisão do Plano Diretor.** Dissertação (Mestrado em Geociências), Universidade Estadual de Campinas, 2002.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra.** Disponível em: <http://www.serradacanastra.com.br/wp-content/themes/serradacanastra-child/arquivos/pdf/2_pn.pdf>. Acesso 15 Nov 2016.

Macarthur, R. H.; Wilson, E. O. **The theory of island biogeography.** Princeton: Princeton University Press, 1967.

Mcgarigal, K.; Marks, B. J. **FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure.** Corvallis, Oregon State University, 1994, 67p.

Meffe, G. K.; Carroll, C. R. **Principles of conservation biology.** Sinauer, 1994.

Moraes, M. C. P. **Dinâmica da paisagem da Zona de Amortecimento do Parque Estadual de Porto Ferreira como subsídio para a revisão do plano de manejo.** 2013. 91p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

Pilla, M. A. C.; Amorozo, M. C. de M.; Furlan, A. Obtenção e uso de plantas medicinais no distrito de Martim Francisco, Município de Mogi Mirim, SP, Brasil. **Acta bot. bras.** v.20. p. 789-802, 2006.

Santos, M. Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal. **Record**, Rio de Janeiro, 2000.

Schramm, V. F.; Vibrans, A. C. **Uso de imagens hiperespectrais (EO-1 Hyperion) para Detalhamento da Detecção das Formações Florestais na bacia do Itajaí**. Dynamis Revista técnico-científica, v. 13, n. 1, p. 59 a 69, 2007.

Souza, I. M. **Sensoriamento Remoto Orbital aplicado a Estudos Urbanos**. INPE, São José dos Campos, São Paulo, SP. 2012.

Thomazini, M. J; Thomazini, A. P. B. W. A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas. **Rio Branco: Embrapa Acre**. 21p, 2000.

Toppa, R. H. et al. Mapeamento e caracterização das fitofisionomias da Estação Ecológica de Jataí. In: Santos, J. E.; Pires, J.S.R.; Moschini, L. E. (Org.). **Estudos integrados em Ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí**. São Carlos: EdUFSCar, 2006.

Volotão, S. C.F. **Trabalho de análise espacial: Métricas do Fragstats**. INPE, São José dos Campos, São Paulo, SP. 1998.