Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura

Avaliação da influência da matriz no efeito de borda em fragmentos de floresta
estacional semidecidual em Piracicaba-SP

Mariane Martins Rodrigues

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ecologia
Aplicada

Piracicaba
2018

Mariane Martins Rodrigues
Bacharela em Gestão Ambiental

**Avaliação da influência da matriz no efeito de borda em fragmentos de floresta estacional
semidecidual em Piracicaba-SP**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **CIRO ABBUD RIGHI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ecologia
Aplicada

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Rodrigues, Mariane Martins

Avaliação da influência da matriz no efeito de borda em fragmentos de floresta estacional semidecidual em Piracicaba-SP / Mariane Martins Rodrigues. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018.

109 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

1. Fragmentação 2. Desmatamento 3. Proteção 4. Matriz I. Título

DEDICATÓRIA

A todos aqueles que, minimamente, acreditam em um planeta sincronizado e em harmonia com o meio ambiente e tudo que nele habita.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir viver para este momento e por cuidar de mim em todos os momentos difíceis de campo.

Aos meus pais, por me proverem uma educação imprescindível nos dias de hoje e por tudo o que fizeram e fazem para sempre me darem o melhor em todos os sentidos.

Ao meu noivo, Antônio, por me apoiar e me fornecer força e incentivo quando mais foi preciso.

Ao meu orientador, Ciro Abbud Righi, sem o qual jamais conseguiria chegar até aqui. Obrigada pela paciência, conselhos, incentivos, preocupação, sabedoria, puxões de orelha quando necessários, por sempre buscar soluções para os problemas, enfim... Por acreditar em mim até o final, SEMPRE lhe serei grata.

Aos meus colegas de campo: Jhinmy, Kolinós, Gustavo Casadei, Gari, Gabriella, meu irmão Marcos e principalmente ao Cássio, que me acompanhou em quase todos os locais de campo para a identificação das árvores.

Aos meus co-orientadores Jefferson e Prof. Thadeu, do Departamento de Ciências Florestais. Jefferson sempre solícito e disponível para ajudar, não sei o que seria dos meus mapas sem ele! E Thadeu por ajudar no início do delineamento de todo o projeto, com sugestões (acatadas) de materiais e métodos e análise de resultados, além da estatística.

À toda a equipe do Pelotão Ambiental, que me acompanhou em vários locais, sempre prezando pela minha segurança, e em especial ao Subinspetor João Alves, encarregado do Pelotão, que autorizou todo esse apoio.

Ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada (PPGI - EA) e à Mara Casarin, sempre atenta aos prazos, solícita e simpática em todos os momentos.

E principalmente ao CNPQ pelo financiamento do projeto de pesquisa, sem o qual seria impossível a realização deste lindo trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. A MATA ATLÂNTICA	15
1.2. FRAGMENTAÇÃO DE FLORESTAS	17
1.3. EFEITO DE BORDA.....	19
1.4. INTERAÇÃO MATRIZ X FRAGMENTO	22
2. OBJETIVO	25
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3. HIPÓTESE	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1. ÁREA DE ESTUDO	29
4.2. AMOSTRAGEM DE CAMPO	31
4.3. AVALIAÇÃO DA BORDA E DO CENTRO.....	34
4.3.1. <i>Composição florística</i>	35
4.3.2. <i>Biodiversidade</i>	35
4.3.3. <i>Estoques de carbono e biomassa</i>	36
4.3.4. <i>Somatório da Área Basal das árvores</i>	36
4.3.5. <i>Cobertura do dossel e cobertura por lianas</i>	37
4.3.6. <i>Mapeamentos</i>	39
4.3.7. <i>NDVI</i>	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1. EFEITO DE BORDA.....	41
5.2. COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA	43
5.2.1. <i>Avaliação da borda</i>	44
5.2.2. <i>Avaliação do centro do fragmento</i>	47
5.3. BIODIVERSIDADE.....	51
5.3.1. <i>Avaliação da borda</i>	51
5.3.2. <i>Avaliação do centro do fragmento</i>	52
5.3.3. <i>Índice de Shannon</i>	53
5.4. CLASSE DIAMÉTRICA	54
5.5. ÁREA BASAL.....	57
5.6. BIOMASSA E CARBONO.....	59
5.7. COBERTURA DO DOSSEL.....	63
5.7.1. <i>Comparação dos métodos</i>	63
5.7.2. <i>Variação da cobertura em função das interfaces</i>	65
5.8. COBERTURA POR LIANAS.....	69
6. MAPAS	71
6.1. FRAGMENTOS FLORESTAIS	73
6.2. CANA-DE-AÇÚCAR.....	76
6.3. PASTAGENS	80
6.4. EUCALIPTO	81

7. NDVI	83
8. CONCLUSÕES	85
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS	89
ANEXOS	97

RESUMO

Avaliação da influência da matriz no efeito de borda em fragmentos de floresta estacional semidecidual em Piracicaba-SP

O desmatamento se faz presente na história do Brasil desde a era colonial. Dados recentes evidenciam que o cenário só piorou nos últimos anos, especialmente no bioma da Mata Atlântica. No estado de São Paulo a cobertura por florestas decaiu de 80% para apenas 16,3% em um período de tempo relativamente curto. O processo de desmatamento resultou um grande arquipélago de pequenos fragmentos florestais sem conexão. Criou-se assim uma necessidade de se identificar os efeitos da fragmentação florestal e entender qual a relação existente entre esses remanescentes e o seu entorno. A importância dos efeitos da matriz circundante sobre os fragmentos tem implicação direta sobre as estratégias de conservação nas paisagens fragmentadas. Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de borda de fragmentos florestais divididos em duas classes de tamanho e analisar como diferentes tipos de ocupação antrópica influenciam no estado de manutenção da biodiversidade e nos estoques de carbono, partindo do pressuposto de que diferentes tipos de matrizes influenciam o efeito de borda de maneira distinta. Foram analisadas as seguintes situações de interface: 1. cana-de-açúcar, 2. pastagem e 3. eucalipto, presentes no entorno de fragmentos de floresta Estacional Semidecidual localizados no município de Piracicaba-SP. O intuito desta pesquisa foi verificar quais situações são mais ou menos favoráveis à proteção do fragmento, verificando as alterações de estrutura, composição florística e estoques de carbono e biomassa. No contexto, analisou-se os principais mapeamentos existentes de uso e ocupação do solo do município de Piracicaba, verificando a porcentagem de áreas de floresta, cana-de-açúcar, pastagens e plantios monoculturais de eucalipto. Os fragmentos avaliados apresentaram claros indícios de efeito de borda até os 50 m. A interface de eucalipto apresentou maior riqueza de espécies e maior estabilidade de estoque de carbono na borda e no centro. Quanto à composição da paisagem, há a predominância do componente agropecuário no município de Piracicaba. A quase totalidade destes remanescentes estão circundados por estas ocupações, havendo pouca ou nenhuma conexão entre eles. Procura-se assim verificar a possibilidade de se utilizar as áreas de produção também como forma de preservação.

Palavras-chave: Fragmentação; Desmatamento; Proteção; Matriz

ABSTRACT

Evaluation of the influence of the matrix on the edge effect in seasonal semideciduous forest fragments in Piracicaba-SP

Deforestation is present in Brazil's history since colonial era. Recent data shows that the scenario has worsened in the last years, especially in the Atlantic Forest biome. In São Paulo the coverage by forests declined from 80% to only 16,3% over a relatively short time. The deforestation process resulted in a large archipelago of small forest fragments with no connection. Thus, has created a need to identify the effects of forest fragmentation and understand which is the relationship between these remains and their surrounding. The importance of the effects of the surrounding matrix on the fragments have direct implications on strategies for conservation in fragmented landscapes. This study aimed to evaluate the effect of edge of forest fragments divided into two size classes and analyze how different types of anthropic occupation influence in maintenance of biodiversity and carbon stocks, on the assumption that different types of matrices influence the effect of edge differently. The following interface situations was analyzed: 1. sugar cane, 2. grassland and 3. eucalyptus, present in around of seasonal semideciduous forest fragments, located in Piracicaba-SP. The purpose of this research was to verify which situations are more or less favorable to the protection of the fragment, checking the structural alterations, floristic composition and carbon and biomass' stocks. In addition, was analyzed the main mapping of land use and occupation of the municipality of Piracicaba, verifying the percentage of areas of forest, sugarcane, pasture and monoculture eucalyptus plantations. The fragments evaluated presented clear signs of edge effect up to 50 m. The eucalyptus interface presented greater species richness and greater stability of carbon stock at the edge and at the center. Regarding the composition of the landscape, there is predominance of the agricultural component (sugar cane and pasture) in the municipality of Piracicaba. Almost all of these remnants are surrounded by these occupations, with little or no connection between them. This study seeks to verify the possibility of using the production areas also as a way of preservation.

Keywords: Fragmentation; Deforestation; Protection; Matrix

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. BALANÇO HÍDRICO DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA. FONTE: ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CAMPUS LUIZ DE QUEIROZ DE PIRACICABA, SP (2016)	29
FIGURA 2. MACROZONAS URBANA E RURAL DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA. MODIFICADO DE IPPLAP (2014) .	30
FIGURA 3. IMAGEM DE SATÉLITE DO GOOGLE EARTH DE PARTE DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA, COM OS FRAGMENTOS FLORESTAIS CONTORNADOS EM VERMELHO (2010)	30
FIGURA 4. MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO DA UGRHI 5 (PCJ) - ESCALA 1:25.000, COM O TAMANHO DOS FRAGMENTOS DETALHADOS NA LEGENDA - COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL, INSTITUTO GEOLÓGICO, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2013	32
FIGURA 5. MAPEAMENTO DOS FRAGMENTOS NO MUNICÍPIO DE PIRACICABA COM OS 18 FRAGMENTOS SELECIONADOS. LEGENDA: PONTOS AMARELOS = INTERFACE COM PLANTIOS DE CANA-DE-AÇÚCAR; PONTOS LARANJAS = INTERFACE COM PASTAGENS E PONTOS VERDES = INTERFACE COM PLANTIOS DE EUCALIPTO. O NÚMERO POSTERIOR INDICA A CLASSE DE TAMANHO, OU SEJA, 1 = CLASSE 1 (3 A 15 HA) E 2 = CLASSE 2 (20 A 50 HA)	33
FIGURA 6. ESQUEMA DOS TRANSECTOS	34
FIGURA 7. MEDIÇÃO COM QUADRO RETICULADO NA POSIÇÃO HORIZONTAL E ORTOGONAL	38
FIGURA 8. FOTOGRAFIA HEMISFÉRICA TIRADA EM ÁREA DE BORDA DE UM FRAGMENTO COM INTERFACE DE PASTO	39
FIGURA 9. FRAGMENTO FLORESTAL COM INTERFACE DE PASTAGEM	41
FIGURA 10. FRAGMENTO FLORESTAL COM INTERFACE DE EUCALIPTO.....	42
FIGURA 11. FRAGMENTO FLORESTAL COM INTERFACE DE CANA-DE-AÇÚCAR	42
FIGURA 12. CURVA DE RAREFAÇÃO CONSTRUÍDA A PARTIR DO SOFTWARE PAST. SAMPLE = Nº DE TRANSECTOS E TAXA = Nº DE ESPÉCIES.....	43
FIGURA 13. PORCENTAGEM DE INDIVÍDUOS DE ESPÉCIES PIONEIRAS E NÃO PIONEIRAS EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS	44
FIGURA 14. DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES NAS BORDAS DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE CANA-DE-AÇÚCAR	45
FIGURA 15. DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES NAS BORDAS DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE PASTAGEM....	46
FIGURA 16. DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES NAS BORDAS DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE EUCALIPTO....	47
FIGURA 17. PORCENTAGEM DE INDIVÍDUOS DE ESPÉCIES PIONEIRAS E NÃO PIONEIRAS NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE CANA-DE-AÇÚCAR	48
FIGURA 18. PORCENTAGEM DE INDIVÍDUOS DE ESPÉCIES PIONEIRAS E NÃO PIONEIRAS NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE PASTAGEM.....	48
FIGURA 19. PORCENTAGEM DE INDIVÍDUOS DE ESPÉCIES PIONEIRAS E NÃO PIONEIRAS NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE EUCALIPTO	49
FIGURA 20. DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE CANA-DE-AÇÚCAR	50
FIGURA 21. DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE PASTAGEM	50
FIGURA 22. DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE EUCALIPTO	51
FIGURA 23. DISTRIBUIÇÃO DA CLASSE DIAMÉTRICA DAS ÁRVORES EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE CANA-DE-AÇÚCAR	55
FIGURA 24. DISTRIBUIÇÃO DA CLASSE DIAMÉTRICA DAS ÁRVORES EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE PASTAGEM.....	55

FIGURA 25. DISTRIBUIÇÃO DA CLASSE DIAMÉTRICA DAS ÁRVORES EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE EUCALIPTO	56
FIGURA 26. ÁREA BASAL DAS ÁRVORES EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	57
FIGURA 27. ÁREA BASAL DAS ÁRVORES EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE PASTAGEM	58
FIGURA 28. ÁREA BASAL DAS ÁRVORES EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE EUCALIPTO	58
FIGURA 29. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE BIOMASSA POR TIPO DE MATRIZ	59
FIGURA 30. RELAÇÃO DA BIOMASSA E DO CARBONO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	60
FIGURA 31. RELAÇÃO DA BIOMASSA E DO CARBONO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE PASTAGEM	60
FIGURA 32. RELAÇÃO DA BIOMASSA E DO CARBONO EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE EUCALIPTO	61
FIGURA 33. ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS DE BIOMASSA NO INÍCIO DA BORDA (ATÉ 10 M) POR TIPO DE MATRIZ	61
FIGURA 34. GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE FOTOS HEMISFÉRICAS (EIXO “X”) E QUADRO RETICULADO (EIXO “Y”) PARA A ESTAÇÃO ÚMIDA.....	63
FIGURA 35. GRÁFICO DE COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE FOTOS HEMISFÉRICAS (EIXO “X”) E QUADRO RETICULADO (EIXO “Y”) PARA A ESTAÇÃO SECA	64
FIGURA 36. PORCENTAGEM DE COBERTURA DO DOSSEL EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA NOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE CANA-DE-AÇÚCAR NAS ESTAÇÕES ÚMIDA E SECA	66
FIGURA 37. PORCENTAGEM DE COBERTURA DO DOSSEL EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA NOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE PASTAGEM NAS ESTAÇÕES ÚMIDA E SECA	67
FIGURA 38. PORCENTAGEM DE COBERTURA DO DOSSEL EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA NOS FRAGMENTOS COM INTERFACE DE EUCALIPTO NAS ESTAÇÕES ÚMIDA E SECA	68
FIGURA 39. RELAÇÃO DA PORCENTAGEM DE COBERTURA POR LIANAS E COBERTURA DO DOSSEL.....	70
FIGURA 40. CLASSIFICAÇÃO DO USO DA TERRA DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP (BARRETTO ET AL., 2006) ...	71
FIGURA 41. USO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP SEGUNDO DADOS DO LAFIG (2014)	72
FIGURA 42. USO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP SEGUNDO DADOS DO MAPBIOMAS (2015)	72
FIGURA 43. MUNICÍPIO DE PIRACICABA COM A ÁREA DE APLICAÇÃO DA LEI DA MATA ATLÂNTICA 11.428/06 DESTACADA, QUE OCUPA CERCA DE 51% (71.307 HA) DA ÁREA DO TERRITÓRIO PIRACICABANO	73
FIGURA 44. MAPA FLORESTAL DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP (INSTITUTO FLORESTAL, 2010).....	74
FIGURA 45. MUNICÍPIO DE PIRACICABA, COM OS FRAGMENTOS FLORESTAIS CONTORNADOS EM VERMELHO	75
FIGURA 46. GRÁFICO DE COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP EM HECTARES NO PERÍODO DE 2000 A 2016	76
FIGURA 47. MUNICÍPIO DE PIRACICABA COM ÁREA DESTINADA À CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	78
FIGURA 48. ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR NO MUNICÍPIO DE PIRACICABA COM LEGENDA DE SUAS RESPECTIVAS CLASSES	79
FIGURA 49. ÁREA EM HECTARE CULTIVADA COM AS DIFERENTES CLASSES DE CANA-DE-AÇÚCAR DO ANO DE 2003 A 2013	79
FIGURA 50. ÁREAS DE PASTAGEM DESTACADAS EM LARANJA SEGUNDO DADOS DO LAFIG (2014).	80

FIGURA 51. MUNICÍPIO DE PIRACICABA COM AS ÁREAS PLANTADAS COM EUCALIPTO DESTACADAS EM MARROM (MAPBIOMAS, 2015)	81
FIGURA 52. IMAGENS EM NDVI DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA	83
FIGURA 53. ACÚMULO DE LIXO NA BORDA DE UM FRAGMENTO NO BAIRRO JD. ORIENTE (PIRACICABA)	106
FIGURA 54. DESCARTE DE TUBULAÇÕES EM CORPO D'ÁGUA NO INTERIOR DE FRAGMENTO NO BAIRRO JD. NOIVA DA COLINA	106
FIGURA 55. CARÇA DE CARRO DESCARTADA EM VOÇOROCA NA ÁREA DE BORDA DE UM FRAGMENTO EM TUPI	107
FIGURA 56. INSTRUMENTOS HOSPITALARES DESCARTADOS EM CÓRREGO QUE CORTA O FRAGMENTO SITUADO NO BAIRRO SANTANA.....	107
FIGURA 57. CARÇA DE ANIMAL DESCARTADA EM FRAGMENTO EM TUPI	108
FIGURA 58. EQUIPE DO PELOTÃO AMBIENTAL	108
FIGURA 59. EQUIPE DO PELOTÃO AMBIENTAL	109

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. RIQUEZA, NÚMERO DE INDIVÍDUOS E DOMINÂNCIA POR INTERFACE	51
TABELA 2. RIQUEZA, NÚMERO DE INDIVÍDUOS E DOMINÂNCIA POR CLASSE DE TAMANHO E INTERFACE	52
TABELA 3. RIQUEZA, NÚMERO DE INDIVÍDUOS E DOMINÂNCIA NO CENTRO DOS FRAGMENTOS POR INTERFACE	53
TABELA 4. RIQUEZA, NÚMERO DE INDIVÍDUOS E DOMINÂNCIA NO CENTRO DOS FRAGMENTOS POR CLASSE DE TAMANHO E INTERFACE	53
TABELA 5. ÍNDICES DE SHANNON DA BORDA E DO CENTRO DE CADA FRAGMENTO, DIVIDIDOS ENTRE AS CLASSES DE TAMANHO 1 E 2.	54
TABELA 6. TESTE DE TUKEY, MÉDIA DE BIOMASSA (T/HA), NÚMERO DE OBSERVAÇÕES E TIPO DE VIZINHANÇA	60
TABELA 7. TESTE DE TUKEY, MÉDIA DE BIOMASSA (T), NÚMERO DE OBSERVAÇÕES E TIPO DE VIZINHANÇA	62
TABELA 8. TABELA DAS ESPÉCIES ENCONTRADAS NOS DEZOITO FRAGMENTOS ESTUDADOS, DIVIDIDAS POR: FAMÍLIA, NOME CIENTÍFICO, NOME VULGAR, ORIGEM, GS (GRUPO SUCESSIONAL – P: PIONEIRAS; NP: NÃO PIONEIRAS), OCORRÊNCIA (C: CANA; P: PASTAGEM; E: EUCALIPTO), FREQUÊNCIA, NÚMERO E INDIVÍDUOS EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA DA BORDA E NO CENTRO DOS FRAGMENTOS.	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB – Área basal

CAP – Circunferência a altura do peito

DAP – Diâmetro a altura do peito

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPPLAP – Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

PAST – Paleontological Statistics

RPPN – Reservas Particulares do Patrimônio Natural

SAF – Sistema Agroflorestal

SIFESP – Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo

UGRHI – Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos

WWF – World Wildlife Fund

1. INTRODUÇÃO

1.1. A Mata Atlântica

Considerada uma das maiores florestas tropicais existentes no planeta, a Mata Atlântica é também um dos ecossistemas que detém a maior diversidade biológica por apresentar alto grau de endemismo e elevada riqueza de espécies (Galindo-Leal e Câmara, 2005). Por estar presente originalmente em 17 estados brasileiros, este bioma abrange uma grande diversidade ambiental, com diferentes condições de topografia, solo, e uma alta amplitude de temperatura. Essa variação de ambiente, somada à umidade trazida pelo mar, são os principais responsáveis pela grande diversidade de espécies (Santos, 2010).

Dentre as formações vegetais encontradas no bioma está a Floresta Estacional Semidecidual, caracterizada por sua dupla estacionalidade climática: uma tropical com períodos de chuvas intensas seguidas por acentuadas estiagens, e outra subtropical com seca fisiológica provocada pelo inverno (Instituto Florestal, 2005). De acordo com Ribeiro et al. (2009), trata-se da segunda formação mais ameaçada deste bioma, restando somente 7,1% de sua cobertura florestal original.

Apesar de sua importância, o bioma da Mata Atlântica ainda sofre severamente com a pressão de culturas agrícolas e ocupação humana desordenada (Villani, 2007). Os sucessivos ciclos econômicos e a contínua expansão da população na região durante os últimos cinco séculos comprometeram seriamente a integridade ecológica dos ecossistemas singulares deste bioma (Galindo-Leal e Câmara, 2005). Nos últimos 100 anos, ocorreu um avanço acelerado da supressão das florestas no estado de São Paulo. O aumento na intensidade do desmatamento deu-se a partir do final do século XIX quando da época de avanço da cultura do café que, como uma “onda verde”, espalhou-se do Rio de Janeiro para todo o estado de São Paulo, mostrando-se decisivo para o progresso da economia do país na época (Lobato, 2008) e acentuando-se ainda mais com o processo de industrialização (Carvalho, 2007).

Por conta disso, atualmente esse bioma faz parte dos cinco principais *hotspots* do mundo para a conservação da biodiversidade (WWF, 2014). O conceito *hotspot* foi criado em 1988 pelo ecólogo inglês Norman Myers e determina as regiões que contém uma concentração excepcional de espécies com alto grau de endemismo ao mesmo tempo em

que vivenciam altas taxas de esgotamento sendo, portanto, locais onde as ações de conservação seriam mais urgentes (Myers, 1988).

Em 2012, pela primeira vez, o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) expandiu o seu monitoramento para além das fronteiras da Amazônia e apresentou dados de devastação de todo o território brasileiro. Tal avaliação mostrou a situação precária em que se encontra a maior parte dos biomas no país. A Mata Atlântica – originalmente o segundo maior bioma do país – foi apresentada como o mais devastado. Este bioma recobria uma área original de mais de 130 milhões ha (~15% do território nacional). Antes cobrindo grandes áreas, as florestas remanescentes foram reduzidas a inúmeros arquipélagos de fragmentos muito pequenos e bastante espaçados entre si (Gascon et al., 2000). Por conta disso, hoje restam somente 16.266.640 ha (12,4% da área original) considerando-se os fragmentos maiores que três hectares (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2017).

Estima-se que mais de 80% dos remanescentes florestais de Mata Atlântica estejam em propriedades particulares, sendo que apenas cerca de 100 mil hectares estão protegidos na forma de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) (Siqueira e Mesquita, 2007). Isso dificulta o manejo dessas pequenas áreas na medida em que o controle e a fiscalização efetivos são necessários como fundamento básico de qualquer estratégia para conservação (Tabarelli et al., 2005). Além disso, de acordo com Rodrigues (2010), somente 35% dos remanescentes florestais estão em unidades de conservação, a maioria com área superior a 100 hectares. Ademais, esses grandes remanescentes possuem pouca conexão com a paisagem fragmentada e modificada, encontrando-se geralmente imersos em matrizes predominantemente agrícolas (Ribeiro et al., 2009). Ainda segundo esse autor, os fragmentos de Mata Atlântica com área de até 50 ha correspondem à maior parte dos remanescentes (83% do total). Portanto, o que restou deste bioma encontra-se dividido em milhares de pequenos fragmentos. O cenário é ainda mais crítico no estado de São Paulo, no qual predomina o bioma da Mata Atlântica, que originalmente cobria 80% do seu território. Segundo o Relatório Técnico do Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2015-2016 (INPE e Fundação SOS Mata Atlântica, 2017), foi detectado que atualmente somente 16,3% do território paulista é coberto por vegetação nativa. Isso corresponde a uma área de 2.776.513 ha entre campos e florestas em diferentes estágios de conservação. De acordo com Zorzetto (2010), pelo menos 12% do verde paulista, cerca de 531 mil hectares, está fragmentado em pequenos aglomerados de matas, muitas vezes com área inferior a 10

hectares. A maioria desses fragmentos encontra-se em estágio avançado de degradação, com alto grau de interferência antrópica decorrentes de diferentes atividades, como fogo, agricultura e pastagens. Isso dificulta a condição de regeneração desses remanescentes, já que praticamente não existem mais fragmentos não degradados em grande parte do estado (Rodrigues, 1999).

Outro ponto de destaque é a distribuição das florestas. A maior parte encontra-se no litoral em uma faixa de menos de 100 quilômetros de largura, delimitada pela Serra do Mar e pelas praias (Zorzetto, 2010), enquanto que o interior dos estados pouco detém da paisagem nativa. As projeções para o litoral também são desoladoras, na medida em que as áreas nativas estão sendo invadidas por construções irregulares sem qualquer fiscalização (Mello, 2011).

Assim, se aceitarmos o fato de que a maioria das florestas tropicais estão intensamente fragmentadas e que para a conservação da biodiversidade o entorno (matriz) importa, e, além disso, reconhecermos que a matriz consiste de ecossistemas manejados (a grande maioria por agricultura), então a gestão dos ecossistemas agrícolas torna-se crucial para a conservação da biodiversidade (Perfecto et al., 2009). Para Righi¹ (2015), o emprego de Sistemas Agroflorestais (SAFs) pode representar um avanço da vegetação nativa nas áreas antropizadas. Isso modificaria também a estrutura vegetacional e os processos ecológicos que aí ocorrem. Ainda de acordo com Righi, o emprego de SAFs em larga escala poderia modificar toda a relação da matriz com os remanescentes vegetacionais.

Criou-se então uma necessidade de entender como diferentes entornos podem influenciar o efeito de borda nesses remanescentes florestais, podendo amenizá-lo ou intensificá-lo. A importância dos efeitos da matriz circundante sobre os fragmentos tem implicação direta sobre as estratégias de conservação em paisagens fragmentadas (Barros, 2006) e precisam ser minuciosamente estudados e testados.

1.2. Fragmentação de florestas

A fragmentação de florestas, ou seja, a subdivisão do hábitat (Metzger, 2000) com sua desintegração em pequenos lotes, é resultado do desmatamento e da degradação das

¹ Prof. Dr. Ciro Abbud Righi – Departamento de Ciências Florestais, ESALQ-USP – Comunicação pessoal

matas no processo de substituição das paisagens naturais por outros usos da terra, principalmente por motivação econômica, ocasionando inúmeros impactos locais (Valente, 2001; Tonhasca Junior, 2005). A fragmentação age fundamentalmente reduzindo e isolando as áreas propícias à sobrevivência das populações, levando à extinções de espécies (Herrmann et al., 2005). Há consenso entre os cientistas de que a fragmentação florestal e a perda de habitat ocorrem simultaneamente, modificando a biota (Fahrig, 2003).

O processo de fragmentação do ambiente existe naturalmente, mas tem sido intensificado pela ação humana (Rambaldi e Oliveira, 2003). Esse processo caracteriza-se pela redução da área total original e consequente isolamento do ambiente, sendo também responsável pelo aumento da extensão dos habitats de borda (França e Marini, 2009).

Quando uma floresta ou área de campos é desmatada, na maioria dos casos ainda resta alguma extensão de vegetação, por menor que possa ser. Estas áreas têm sido chamadas de fragmentos de florestas para salientar que não mais atuam como florestas intactas, mas sim de uma maneira diferente (Rodrigues, 1998). Viana (1990) define fragmento florestal como uma área de vegetação natural contínua que foi interrompida por barreiras antrópicas (culturas agrícolas, rodovias etc.) ou naturais (lagos, formações vegetais, etc.) capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e sementes. Esse processo compromete as taxas de mortalidade e natalidade de espécies e altera a porcentagem de plântulas presentes no local. Essa mudança é devido ao contato que o fragmento passa a ter com o seu entorno, seja este formado por agricultura, pasto ou área inservível. Forman e Godron (1986) denominam essa vizinhança como uma matriz de ambientes não florestais ou “matriz inter hábitat”. Assim, todo o limite do espaço territorial dessa pequena floresta, ou seja, toda a sua margem, passa a sofrer perturbações nunca antes presenciadas pelas espécies ali constantes.

Desse modo, as áreas limítrofes dos fragmentos, sejam essas abruptas ou graduais, podem representar a primeira frente de transformação do remanescente, podendo indicar uma tendência de retração do ecossistema (Rodrigues e Nascimento, 2006). Neste sentido, as modificações nos ambientes adjacentes aos fragmentos podem catalisar mudanças em todo o ecossistema e nas respectivas comunidades, comprometendo os processos evolutivos que determinam sua sobrevivência (Laurance e Yensen 1991; Rodrigues e Nascimento, 2006). O tipo de vizinhança do fragmento pode funcionar como uma continuidade do habitat, uma

interligação entre os habitats ou como uma fonte de perturbações, podendo afetar profundamente a sustentabilidade da biota nativa (Pivello, 2003).

Portanto, toda área florestada que foi fragmentada, inevitavelmente passará a sofrer os efeitos de borda, ficando sujeita a fatores de estresse em suas linhas limítrofes, que alteram os padrões e estruturas das espécies, bem como as relações ecológicas responsáveis pela manutenção das comunidades biológicas isoladas (Oliveira e Nagamura, 2007). De acordo com Metzger (2000), a fragmentação florestal implica em uma alta densidade de ambientes de bordas, influenciando profundamente a diversidade de espécies e composição das comunidades de árvores.

1.3. Efeito de borda

Embora as bordas sejam componentes comuns de paisagens naturais não perturbadas, estas proliferam rapidamente em ambientes fragmentados e com maior interferência humana (Sisk e Haddad, 2002). Além disso, as bordas existentes em paisagens naturais são uma suave transição entre o ambiente florestado e o não florestado. De acordo com Kramer (1997), o resultado da fragmentação de florestas geralmente são remanescentes imersos em uma matriz de agricultura, vegetação secundária, solo degradado ou área urbanizada. Criam-se então, de forma abrupta, diferentes interfaces entre floresta e área desmatada, sendo que o exterior passa a influenciar a borda do fragmento.

Viana e Pinheiro (1998) e Barros (2006) citam fatores como tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança, histórico de perturbações, frequência e intensidade dos distúrbios antrópicos, e a natureza da vegetação no entorno como os principais responsáveis por alterar a dinâmica e estrutura dos remanescentes florestais. Segundo Sampaio (2011), é difícil determinar o conjunto de eventos que direcionaram a trajetória dos processos ecológicos, o que dificulta a detecção de padrões consistentes. Desse modo, a consequência a longo prazo da existência dos efeitos de borda torna-se desconhecida (Rodrigues e Nascimento, 2006).

Metzger (2003) estabeleceu uma relação entre tamanho e conectividade dos fragmentos. Segundo esse autor, a redução no tamanho dos fragmentos leva a um aumento de seu isolamento, visto que estes ficam cada vez mais distantes uns dos outros.

Consequentemente, isso acarreta também uma redução da conectividade e permeabilidade dos fragmentos, dificultando o trânsito das espécies de fauna e flora (pólen e sementes).

Rodrigues (1998) conseguiu reunir alguns eventos que foram constatados nas áreas de bordas de fragmentos, tais como: maior incidência de luz; menor índice de umidade do que o interior da floresta; maior densidade de plantas; e, quanto mais antiga for a borda, maior é a diferença na composição de espécies entre a borda e o interior. Lima-Ribeiro (2008), Nascimento e Laurance (2006) citam também a maior exposição aos ventos na matriz circundante. Segundo Rodrigues (1998), o acréscimo de radiação solar parece ser a causa primária de efeitos de borda em fragmentos de floresta. Assim, com a maior quantidade de radiação solar presente, determinadas espécies tendem a se desenvolver mais rapidamente em comparação ao interior, onde a disponibilidade da radiação solar é restrita. Dessa forma, a borda passará a apresentar uma quantidade maior de árvores e arvoretas, tornando-se mais densa. Lima-Ribeiro (2008) explica este fato devido à maior produtividade primária, ou seja, à maior quantidade de biomassa produzida pela elevação da fotossíntese (Alvez et al., 2006).

Quanto à diferença na composição de espécies da borda, pode-se inferir que as espécies presentes nessa área serão as mais adaptadas a essa nova condição, portanto, serão diferentes das espécies do interior, onde a conjuntura é outra. Em outras palavras, essas alterações acabam ocasionando uma mudança da composição florística original da borda (Viana e Pinheiro, 1998).

Lima-Ribeiro (2008) afirma que em fragmentos menores, maior é a influência dos parâmetros microclimáticos no interior do fragmento. Isso ocorre por conta da maior proximidade com a borda, o que favorece também a instalação e colonização de espécies pioneiras. Barros (2006) também discorre sobre o tamanho do fragmento, afirmando que quanto menor a sua área, maior é a influência dos fatores externos, de modo que a dinâmica do ecossistema torna-se cada vez mais suscetível às variações ambientais das áreas circundantes.

O efeito de borda ocasiona também alguns impactos indiretos, tais como os efeitos biológicos que envolvem mudanças na interação entre as espécies, como predação, parasitismo, herbivoria, competição, dispersão de sementes e polinização (Lima-Ribeiro, 2008). Outro problema consta na possibilidade de invasão por espécies exóticas, dadas as condições específicas a que a borda do fragmento está submetida, o que pode levar à ocorrência de doenças e pragas não comuns devido à interação com as espécies animais e

vegetais domésticas (Barros, 2006). Além disso, essas espécies invasoras aumentam a competição pelos recursos do habitat, podendo levar à eliminação de alguns organismos. Assim, tais mudanças configuram-se em fenômenos atípicos para uma floresta que anteriormente fazia parte de um núcleo maior e que abruptamente fica sujeita a fatores de degradação.

Outra consequência ainda mais grave é a redução da biodiversidade e consequente extinção de espécies. Além das extinções locais imediatas, a fragmentação também gera efeitos a longo prazo nas populações ao mudar os processos ecológicos naturais, como a polinização, predação e hábitos alimentares. Ademais, os padrões de dispersão de sementes e migração são muitas vezes interrompidos e os fluxos de entrada e saída no ecossistema são alterados, ocorrendo uma progressiva erosão da diversidade biológica (Barros, 2006). Além disso, como o fragmento fica restrito somente à sua área ocupada, as espécies que integram aquele habitat ficam isoladas e distantes de outras florestas, impedindo o fluxo e reduzindo, assim, a diversidade genética entre as espécies habitantes dos outros fragmentos. Um ponto preocupante é que a esmagadora maioria das espécies está restrita aos pequenos fragmentos (Rodrigues, 1998).

Nenhuma população sobrevive ao isolamento. Sendo assim, a taxa de migração entre fragmentos é a chave para manter o sistema todo. Se as taxas de migração declinam, o processo de extinção local pode tornar-se sequencial, levando ao colapso do sistema (Vandermeer, 2011). Perfecto et al. (2009) acrescentam que, para algumas espécies, proteger uma área suficientemente grande para evitar grandes extinções pode não ser efetivo. Portanto cercar um pedaço de floresta não garante a proteção da biodiversidade em perpetuidade, uma vez que migrações (como eventos de dispersão de sementes) de locais distantes são essenciais.

De acordo com Nascimento et al. (2010), apesar de os efeitos de borda serem relativamente bem conhecidos no meio científico, ainda não foram desenvolvidas técnicas de manejo na matriz capazes de evitar ou reverter as alterações nas bordas dos ecossistemas em paisagens fragmentadas. Portanto, existe a necessidade de se progredir nos conhecimentos sobre a dinâmica de bordas em fragmentos florestais, visto que o efeito de borda é um dos componentes-chave que determinam a qualidade do habitat (Sampaio, 2011).

1.4. Interação Matriz x Fragmento

Matriz pode ser definida como a unidade dominante da paisagem (espacial e funcionalmente), na qual se encontra inserido o remanescente florestal. Essa unidade desempenha uma importante influência na relação entre os elementos do ambiente, podendo acelerar ou retardar a perda de biodiversidade (Guisard e Kuplich, 2008). A matriz circundante possui grande influência sobre a conectividade dos fragmentos, ou seja, sobre a capacidade de facilitar quaisquer fluxos biológicos entre fragmentos (Taylor et al. 1993). A noção de conectividade permite integrar aspectos estruturais e funcionais da fragmentação (Metzger, 2003), por isso a importância de se estabelecer relações entre o entorno e o fragmento.

A matriz pode se referir a vários tipos de habitats, naturais ou modificados pelo homem, tais como pastagens, culturas e plantações agrícolas ou florestas em regeneração que circundam os fragmentos. As paisagens que atualmente existem são como um mosaico de diferentes tipos de manchas, portanto, é necessário a compreensão da influência de cada tipo de mancha para entender a ecologia dos habitats de borda (Ries et al., 2004).

Segundo Perfecto et al. (2009), dependendo do tipo de atividade agrícola empregada, esta pode ou não ser favorável à biodiversidade, seja na sua preservação ou atuando como meio de passagem para organismos migrantes entre as ilhas de florestas. Portanto, a forma de gestão dos sistemas agrícolas torna-se crucial para a conservação da biodiversidade. Ainda segundo os autores, a caracterização de quais tipos de agroecossistemas que permitem maior ou menor biodiversidade somente emergiu recentemente como uma questão científica séria.

Vandermeer (2011) acrescenta que o aspecto mais importante da matriz é sua permeabilidade, visto que muitas (senão todas) das espécies que vivem em paisagens fragmentadas provavelmente existem em um contexto de metapopulação. Portanto o potencial migratório possibilitado pela matriz é mais importante para a sobrevivência regional do que para o próprio fragmento. Segundo Gascon et al. (2001), a borda pode atuar como um filtro seletivo para o movimento entre os componentes da paisagem. Esse movimento dos organismos dentro da paisagem será mais ou menos intenso dependendo da permeabilidade da mesma e da capacidade de deslocamento das espécies (Franklin, 1993).

Os remanescentes florestais, em alguns aspectos, pouco se assemelham ao habitat original, principalmente nas paisagens fragmentadas e, na maioria das vezes, estão circundados por uma matriz inhóspita à maioria dos seus organismos característicos. O contraste com a matriz é o fator que mais influencia na manifestação do efeito de borda. Quanto mais distinta for a matriz em relação à floresta, mais acentuado pode ser esse efeito (Lindenmayer e Fischer, 2006), tanto em grau de degradação, quanto em extensão. Nas situações em que a matriz é estruturalmente similar ao interior dos fragmentos, esse efeito pode ser mais ameno, reduzindo o impacto sobre a floresta (Laurance e Yensen, 1991). Deste modo, é possível compreender que nos fragmentos vizinhos a reflorestamentos, espera-se que as mudanças microclimáticas na borda sejam menores do que os que se encontram ao lado de áreas abertas (Sampaio, 2011).

No estudo de Nascimento (2008), a manutenção de uma faixa de eucalipto para proteção da borda de um fragmento florestal trouxe benefícios para a comunidade vegetal, especialmente para o estrato regenerante, que foi preservado durante as operações de colheita. O autor alega que a proteção da faixa de eucalipto amenizou as diferenças microclimáticas entre a borda e o interior do fragmento, além de funcionar como barreira física, visto que as linhas de eucalipto ofereceram proteção efetiva quanto a lesões e quebras das árvores provocadas pelas operações de colheita. Durigan et al. (2007) também encontrou benefícios do plantio de eucaliptos para a amenização do efeito de borda em fragmentos remanescentes no cerrado. Segundo os autores, a silvicultura é o uso do solo menos impactante para a vegetação nativa. Assim, nos ambientes em que a paisagem dominante é ocupada por culturas como cana-de-açúcar ou pastagens, os efeitos benéficos de uma barreira protetora nas bordas dos fragmentos florestais seriam permanentes. Além disso, o cultivo de eucaliptos já é amplamente difundido e empregado no Brasil, o que facilitaria a sua replicação para todo o bioma da mata atlântica (Nascimento, 2008).

Outro benefício associado ao plantio de bordaduras nas vizinhanças dos remanescentes é o aumento de sua área efetiva (Metzger, 2003), através da incorporação e restauração das áreas contíguas (Nascimento et al., 2010). Esses plantios podem incluir sistemas de produção com elevada densidade de espécies arbóreas, preferencialmente espécies de ciclo longo, altas, perenifólias, com flores e frutos que podem alimentar a fauna nativa e ser dispersado por ela, e elevada taxa de retorno econômico para produtores que mantêm áreas de mata em suas propriedades (Viana e Pinheiro, 1998). Portanto, o emprego

de Sistemas Agroflorestais (SAFs) pode representar um avanço da vegetação nativa à áreas antropizadas, modificando a relação da matriz com os remanescentes florestais (Righi², 2015).

Vandermeer (2011) afirma que a biodiversidade em torno do fragmento pode ser manipulada através do planejamento do próprio agro ecossistema em sua volta. Sendo assim, faria sentido inserir a preservação da biodiversidade dentro do contexto de manejo em paisagens agrícolas. Segundo Righi (2016), uma mudança no mosaico da paisagem através da inserção de sistemas diferenciados de produção, como os SAFs, resulta em uma maior permeabilidade da matriz, facilitando a troca e a passagem de animais entre fragmentos isolados. Righi (2016) criou um mecanismo chamado de SAF borda no qual os SAFs são inseridos como forma de produção e também promovendo a proteção do fragmento. Trata-se de um uso diferenciado do entorno que pode auxiliar na proteção dos remanescentes por aumentar seu tamanho efetivo e por promover uma maior conectividade da paisagem. O uso de SAFs apresenta um resultado favorável contra o efeito de borda, na medida em que a qualidade da vizinhança pode ser melhorada com o plantio de bordaduras na parte exterior ao fragmento, aumentando inclusive em área (Viana e Pinheiro, 1998).

Ressalta-se então uma visão da conservação da biodiversidade que tem o foco sobre a área entre fragmentos, ou seja, a matriz. Deve-se enfatizar uma mudança necessária no planejamento da conservação, defendendo a ideia de uma matriz que amenize o efeito de borda e seja permeável às migrações necessárias. A influência da vizinhança pode ser determinante para a autossustentabilidade do remanescente (Sampaio, 2011). Portanto é imprescindível que matrizes favoráveis à proteção e conectividade sejam priorizadas nas áreas próximas à fragmentos florestais.

² Prof. Dr. Ciro Abbud Righi – Departamento de Ciências Florestais, ESALQ-USP – Comunicação pessoal

2. OBJETIVO

Neste trabalho objetivou-se investigar a influência da matriz circundante sobre os fragmentos de florestas estacionais semidecíduas, verificando o seu grau de interferência sobre o fragmento quanto à: estrutura da vegetação, composição florística e estoques de carbono. Foram consideradas três diferentes interfaces mais frequentemente encontradas no Estado de São Paulo: *i.* cana-de-açúcar; *ii.* pastagem; e *iii.* eucalipto. Com isso, procurou-se verificar as situações em que a borda do fragmento sofre maior ou menor alteração em função de sua vizinhança.

2.1. Objetivos Específicos

Para se avaliar e quantificar o efeito de borda nos fragmentos foram levados em consideração os seguintes objetivos específicos:

- a. Avaliar a variação da composição florística na borda dos fragmentos em função da distância da margem com as culturas circundantes e na sua porção central;
- b. Avaliar a biodiversidade existente nos remanescentes florestais em função de seu tamanho e da matriz circundante;
- c. Avaliar a cobertura de dossel e realizar uma comparação dos métodos do quadro reticulado e das fotografias hemisféricas;
- d. Avaliar e quantificar visualmente a incidência de lianas;
- e. Estimar a biomassa e estoques de carbono na vegetação acima do solo utilizando-se de modelos matemáticos;
- f. Estabelecer uma relação entre o tamanho do fragmento e as variáveis estudadas;
- g. Verificar as áreas de floresta, cana-de-açúcar, pastagens e plantios de eucalipto no município de Piracicaba.

3. HIPÓTESE

O presente trabalho parte do pressuposto de que diferentes interfaces com a mata nativa (fragmentos florestais) podem intensificar ou amenizar o efeito de borda nestas, levando a diferentes modificações na sua estrutura, composição florística e estoques de carbono. Desse modo, espera-se que os fragmentos envoltos por uma matriz de eucalipto apresentem menor efeito de borda, maior biodiversidade e maior preservação do que aqueles inseridos em matrizes de pastagem e de cana-de-açúcar.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

Este estudo foi realizado no município de Piracicaba - SP. A vegetação natural da área é classificada no Sistema Fitogeográfico Brasileiro como Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 1992), sendo dominante nas terras delimitadas pelo município, concentrando-se na Depressão Periférica Paulista (Rodrigues, 1999).

Piracicaba localiza-se no interior do Estado de São de Paulo, apresentando relevo suavemente ondulado, com altitude em torno de 550 metros e está situada nas coordenadas 22°47'S e 47°49'W (Nascimento et al., 1998). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é definido como Cwa, ou seja, tropical de altitude, com clima temperado úmido, inverno seco e verão quente. A temperatura do mês mais quente é superior a 23°C e a do mês mais frio inferior a 18°C. A precipitação média anual é de 1.278 mm, sendo 1.000 mm de outubro a março e 278 mm de abril até setembro, como é observado na Figura 1. Os solos são classificados como argissolo vermelho alumínico abruptico (IBGE, 2015).

Figura 1. Balanço hídrico do município de Piracicaba. Fonte: Estação meteorológica do Campus Luiz de Queiroz de Piracicaba, SP (2016)

Piracicaba ocupa uma área de 1.376,91 km² (IBGE, 2010), sendo que 83% (1.147,25 km²) corresponde à área rural e 17% (229,66 km²) de área urbana (IPPLAP, 2014), como é possível observar na Figura 2.

Figura 2. Macrozonas urbana e rural do município de Piracicaba. Modificado de Ipplap (2014)

Os fragmentos florestais que compõem a paisagem da região de estudo são tipicamente pequenos e altamente perturbados. O remanescente da vegetação nativa encontra-se distribuído em cerca de 602 fragmentos, sendo que 75,5% são menores que 10 ha (Instituto Florestal, 2005) - Figura 3.

Figura 3. Imagem de satélite do Google Earth de parte do município de Piracicaba, com os fragmentos florestais contornados em vermelho (2010)

4.2. Amostragem de campo

Para testar as hipóteses e cumprir os objetivos estipulados, inicialmente foi realizado um levantamento dos mapeamentos de cobertura florestal e imagens georreferenciadas do município de Piracicaba-SP a fim de se visualizar os fragmentos florestais existentes. O órgão que realiza o inventário florestal completo do Estado de São Paulo e disponibiliza informações sobre a vegetação natural e tamanhos dos fragmentos para pesquisa é o SIFESP (Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo). O levantamento mais recente realizado pelo SIFESP data do ano de 2010, sendo que o órgão foi devidamente contatado para confirmar essa informação. Desse modo, o mapeamento florestal utilizado para este estudo possui imagens de 2010, tendo sido realizadas verificações em campo e constatação *in lócus* da situação existente. Os shapefiles deste inventário foram plotados no programa Google Earth, sendo possível a visualização dos fragmentos do município e suas respectivas áreas em hectares.

Outro mapeamento consultado foi o de uso e cobertura do solo da UGRHI 5 – Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos – (Figura 4), sendo este um pouco mais recente, do ano de 2013. Entretanto, como este mapeamento não compreendia por completo o município de Piracicaba, foi utilizado como um mapeamento secundário, apenas para fins de comparação com o mapeamento realizado pelo SIFESP.

Figura 4. Mapeamento do uso e cobertura do solo da UGRHI 5 (PCJ) - escala 1:25.000, com o tamanho dos fragmentos detalhados na legenda - Coordenadoria de Planejamento Ambiental, Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2013

Além disso, também foram pesquisadas fotos aéreas e utilizadas as cartas de base (cartas IGC), que são mapeamentos topográficos do estado de São Paulo. Essas informações foram importantes para verificar principalmente o relevo dos fragmentos previamente selecionados, visto que alguns encontravam-se em depressões profundas ou em locais demasiado inclinados, o que dificultaria ou impossibilitaria o trabalho em campo.

Os fragmentos foram divididos em duas classes de tamanho: *i.* 3 a 15 ha e *ii.* 20 a 50 ha. Feito isso, foram selecionados três fragmentos para cada uma das três interfaces desejadas (*i.* cana-de-açúcar; *ii.* pastagem; e *iii.* monoculturas de eucalipto) nas duas classes de tamanho totalizando, portanto, 18 situações (Figura 5). Para se chegar nesses 18 fragmentos selecionados, cerca de 40 fragmentos foram visitados no total. Destes, foram selecionados os que melhor se encaixavam dentre os critérios: forma do fragmento mais próxima da circular; ausência de ribeirões ou cursos d'água maiores cortando o fragmento (o que impossibilitaria a instalação do transecto no centro); relevo plano e local de fácil acesso.

Nos casos em que as áreas encontravam-se em propriedade particular, os proprietários foram contatados para a necessária liberação para a condução da pesquisa.

Figura 5. Mapeamento dos fragmentos no município de Piracicaba com os 18 fragmentos selecionados. Legenda: pontos amarelos = interface com plantios de cana-de-açúcar; pontos laranjas = interface com pastagens e pontos verdes = interface com plantios de eucalipto. O número posterior indica a classe de tamanho, ou seja, 1 = classe 1 (3 a 15 ha) e 2 = classe 2 (20 a 50 ha)

Após a seleção dos fragmentos de estudo, foi realizada uma caracterização dessas áreas quanto ao tamanho e tipo de vizinhança. Essa fase foi realizada com base em imagens georreferenciadas e também visitas para verificação e entrevistas diretas com os proprietários das áreas (quando havia), a fim de se conhecer possíveis impactos sofridos por cada remanescente.

A distância de borda que foi considerada para o estudo é de 50 m, sendo que a avaliação em cada situação de matriz foi feita por amostragem, utilizando-se o método de transecções. Foram instalados dois transectos radiais perpendiculares à borda de cada fragmento florestal selecionado (com início na borda indo em direção ao interior da floresta) de dimensões 10x50 m. As parcelas foram instaladas distando no mínimo 100 m umas das outras. Também foi instalado um 3º transecto na região central de cada fragmento, para fins de referência – assumindo-se que esta é a porção menos impactada do fragmento. Cada transecto foi ainda subdividido em cinco unidades amostrais de 10 m cada (Figura 6), para

melhor controle e análise das variáveis em função da distância da borda. Segundo Rodrigues (1991), o transecto permite um mapeamento mais rápido e eficiente das árvores no campo, e se mostra satisfatório ao avaliar a profundidade do efeito de borda em comunidades arbóreas.

Figura 6. Esquema dos transectos

Os transectos foram demarcados com estacas de madeira de 1,20m de comprimento, pintadas de vermelho para melhor visualização. Os vértices foram unidos com barbante, formando um retângulo. Para a orientação do caminhamento foi utilizado um aparelho de celular com GPS via aplicativo do Google Earth sendo o alinhamento das parcelas feito utilizando-se de trena para medição das distâncias.

4.3. Avaliação da borda e do centro

Todas as árvores presentes no interior das parcelas com CAP (circunferência a altura do peito, avaliado a 1,3 m de altura em relação ao terreno) maior que 15 cm foram marcadas utilizando-se placas de metal numeradas para identificação florística. Feita essa primeira etapa, iniciou-se a coleta de dados com a medição do CAP. A escolha da medição do CAP ao invés do DAP (diâmetro a altura do peito) usualmente utilizado, foi devido ao fato de algumas árvores nativas serem tortuosas, de modo que a fita métrica torna-se mais fiel às medidas do que a suta utilizada para medição de DAP.

4.3.1. Composição florística

A identificação florística foi realizada com a colaboração dos estudantes de pós-graduação Cássio Toledo e Gabriel Colletta. As espécies que não puderam ser identificadas em campo tiveram galhos com folhas e/ou flores coletados e levados ao Herbário da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) para sua posterior identificação, confrontando-as com as ali catalogadas.

4.3.2. Biodiversidade

Após a identificação das espécies florestais, foi utilizado o software PAST (Paleontological Statistics) para a análise estatística de diversidade de espécies.

Para estudar as relações quantitativas entre riqueza e abundância das espécies dentro das áreas amostrais, o software foi utilizado para gerar a riqueza (número de espécies), abundância (número total de indivíduos), dominância e índice de biodiversidade de Shannon - Weaver (Shannon e Weaver, 1949).

A dominância de uma amostra varia de 0 (todos os táxons presentes em iguais quantidades) a 1 (um táxon domina completamente a comunidade) (Hammer et al., 2001). Esse índice é utilizado em situações em que a comunidade não pode ser amostrada por inteira. Quanto maior for o valor de H' , maior será a diversidade florística da população.

O índice de Shannon foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i$$

Onde:

p_i = abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra, e:

$$p_i = n_i/N$$

Onde:

n_i = número de indivíduos da espécie i

N = Número de indivíduos total da amostra.

4.3.3. Estoques de carbono e biomassa

Para realizar a quantificação da biomassa e estoques de carbono nas parcelas em sua porção acima do solo foram utilizados os modelos de equações já elaborados e desenvolvidos por Lacerda et al. (2009) com espécies nativas amplamente utilizadas em áreas de restauração florestal no Estado de São Paulo, presentes no bioma da Mata Atlântica.

Para a quantificação da biomassa total da parte aérea (tronco e galhada), em kg, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\ln(bT) = -1,19829 + 1,98391 \ln(d) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$\ln$ – logaritmo neperiano;

bT – biomassa total da parte aérea: tronco + galhada (kg);

d – diâmetro à altura do peito (cm)

O modelo de equação alométrica selecionado para a estimativa de carbono neste trabalho foi a de carbono total da parte aérea, ou seja, tronco e galhada, estimado em kg:

$$\ln(cT) = -1,84511 + 1,98505 \ln(d) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$\ln$ – logaritmo neperiano;

cT – carbono total da parte aérea: tronco + galhada (kg);

d – diâmetro à altura do peito (cm)

Os valores de CAP foram transformados em DAP através da fórmula:

$$DAP = CAP/\pi$$

4.3.4. Área Basal

A Área Basal (AB) das árvores, $CAP > 15$ cm, existente em cada transecção foi obtida pelo somatório das áreas transversais de seus troncos (Poggiani et al., 1996). Posteriormente

os valores encontrados nas parcelas foram extrapolados para um hectare. A fórmula utilizada para calcular a AB de uma árvore é:

$$AB = \pi \cdot (DAP)^2 / 4 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

DAP = diâmetro do tronco medido à altura do peito (m)

AB = área basal (m²)

π = razão entre perímetro e diâmetro de uma circunferência (~3,1416)

4.3.5. Cobertura do dossel e cobertura por lianas

A avaliação da cobertura foliar foi feita com o auxílio do quadro reticulado. Trata-se de um quadro feito de madeira com uma lâmina plástica transparente com medidas 50x50 cm, o qual possui 100 quadrículas desenhadas. Esse método baseia-se na contagem do número de quadrículas que contém estruturas foliares em 50% ou mais de sua área. A partir disso é possível obter uma estimativa da cobertura do dossel em porcentagem (Poggiani, 1996). Carvalho (2007) e Lima et al. (2012) também utilizaram este método em seus respectivos trabalhos. Na sub-parcela (10x10 m), foi escolhido um ponto amostral central, sendo feita um total de cinco contagens em cada ponto, da seguinte maneira: com o quadro reticulado na posição horizontal acima da cabeça foi feita a primeira contagem, após isso, as quatro medidas restantes foram feitas em direções ortogonais com inclinação de cerca de 45° (Figura 7). Com os dados das cinco contagens calcula-se a média, que será o índice de cobertura expresso em porcentagem para aquele ponto. Para calcular o índice de cobertura da área como um todo, calcula-se a média dos resultados obtidos nos diversos pontos amostrados (Poggiani, 1996).

Figura 7. Medição com quadro reticulado na posição horizontal e ortogonal

Os pontos de amostragem da cobertura do dossel foram medidos nas posições: 5, 25 e 45 m de distância de seu início em cada transecto.

Os dados obtidos com o uso do quadro reticulado foram comparados e mesclados com os dados adquiridos de fotografias hemisféricas. Foi utilizada uma câmera fotográfica da marca Canon, modelo EOS 7D, com lente hemisférica EF 8-15mm f/4L *"fish-eye"* USM. As fotos foram tiradas com a lente na posição de 8mm o que fornece a abertura de 180°. As fotos foram tiradas exatamente nos mesmos pontos de cada sub-parcela onde foi realizada a leitura do quadro reticulado. As fotografias foram tiradas na estação úmida (janeiro a março) e na estação seca (julho a setembro). Pode-se observar um exemplo da foto hemisférica na Figura 8.

Figura 8. Fotografia hemisférica tirada em área de borda de um fragmento com interface de pasto

Para determinar a cobertura do dossel florestal foi utilizando o software *Gap Light Analyzer* vs. 2 (1999) para processamento das imagens das fotografias hemisféricas e geração de dados. Este programa foi desenvolvido especialmente para a análise de dosséis a partir de imagens hemisféricas. Com este programa é possível obter informações como porcentagem de céu, abertura de dossel, índice de área foliar, dentre outros. O software realiza os cálculos das dimensões foliares considerando a área com base na escala e na resolução da fotografia. Desse modo, ele classifica os pixels da fotografia como folha (considera troncos e galhos) ou não folha (Frazer, 1999).

A estimativa de cobertura por lianas foi feita visualmente em cada sub-parcela, verificando-se a magnitude (porcentagem) de lianas na área amostrada, sendo esta classificada com 0%, 25%, 50%, 75% ou 100% de lianas. A estimativa foi realizada durante a estação úmida.

4.3.6. Mapeamentos

Foi realizado um compilamento dos principais mapeamentos existentes de uso e ocupação do solo do município de Piracicaba e a partir disso foram destacadas no mapa de

Piracicaba as áreas de floresta, cana-de-açúcar, pastagem e monocultivos de eucalipto. Posteriormente, foi analisada cada uma dessas áreas individualmente, avaliando a distribuição e área ocupada em relação ao território do município.

Os mapeamentos do município de Piracicaba utilizados foram o do Atlas Rural de Piracicaba (Barretto et al., 2006); do Projeto Lapig-maps, do Lapig - Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (UFG), com imagens de satélite de 2014; do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomass), com imagens de satélite de 2015 e do SIFESP com informações do Instituto Florestal, com imagens de 2010. Os shapefiles do Atlas Rural de Piracicaba (2006) foram devidamente solicitados aos profissionais envolvidos e plotados no programa Google Earth para melhor visualização das áreas e comparação com os outros mapeamentos.

4.3.7. NDVI

A utilização de índices de vegetação como o NDVI (da sigla em inglês, Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) tem sido largamente utilizadas. Trata-se de um indicador sensível que verifica a quantidade e condição da vegetação (Boratto e Gomide, 2013) e, desse modo, facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como por exemplo a obtenção da biomassa florestal (Jensen, 2009). Segundo Ponzoni (2001), a aparência da cobertura vegetal em um determinado produto do Sensoriamento Remoto é derivada de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais. Dos valores de NDVI, quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação; o valor 0 (zero) indica superfície menos densa ou até mesmo não vegetada ou desnuda (Rosendo, 2005).

Foram utilizadas as imagens do satélite RapidEye. Trata-se de um sistema de origem alemã que opera cinco satélites capazes de captar e gerar imagens multispectrais de todo o país para o Ministério de Meio Ambiente. As imagens foram baixadas e foi produzido o NDVI utilizando-se o software QGIS 2.14.18. Embora o satélite esteja atualmente em operação, ainda não estão disponíveis as imagens do município de Piracicaba datadas da mesma época da coleta de dados, que ocorreu entre janeiro e março de 2016. Assim, foram utilizadas as imagens da mesma época, porém, de anos anteriores.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Efeito de borda

De uma maneira geral, os fragmentos selecionados encontram-se em diferentes níveis de degradação e interferência antrópica. Os dezoito fragmentos avaliados apresentavam claros indícios de efeito de borda até os 50 m, tais como: árvores mortas (principalmente nos 10 primeiros metros); alta incidência de lianas; borda densa e de difícil acesso; presença de bambuzais e troncos carbonizados em áreas com interface de cana-de-açúcar. Segundo Silveira et al. (2008), o segundo fator de maior influência para o risco de incêndios florestais é o tipo de matriz em que o fragmento está inserido. Durante este estudo, houve dois relatos de proprietários sobre a ocorrência de incêndios florestais em fragmentos com interface de cana-de-açúcar. Em cerca de 30% dos fragmentos, o interior também apresentava indícios de degradação, indicando que em alguns casos o efeito de borda se estende até o interior da mata.

Nas figuras 9, 10 e 11 pode-se observar as três interfaces estudadas.

Figura 9. Fragmento florestal com interface de pastagem

Figura 10. Fragmento florestal com interface de eucalipto

Figura 11. Fragmento florestal com interface de cana-de-açúcar

Sampaio (2011) encontrou resultados semelhantes em seu estudo. Seus resultados das variáveis do meio físico demonstraram haver um efeito de borda evidente até pelo menos 50 m no remanescente estudado, sendo atenuado após essa distância. Fontoura et al. (2006) também encontrou a extensão de 50 m para o efeito de borda, analisando alguns dos

mesmos parâmetros utilizados neste trabalho. Paciência e Prado (2004) encontraram no início da borda (primeiros 20 m) o efeito mais significativo em relação à riqueza de espécies de pteridófitas em uma borda com pastagem. Didham e Lawton (1999) encontraram diferenças marcantes nas áreas de floresta que possuíam bordas abertas e fechadas, sendo que a penetração dos fatores microclimáticos foi até cinco vezes maior nas bordas abertas. Entretanto, há também trabalhos em que não são encontradas grandes relações, como Queiroga (2001), que em sua pesquisa sobre efeito de borda no cerrado não encontrou relação significativa entre a distância da borda, composição florística e estrutura da vegetação. Nascimento e Laurance (2006) também não encontraram diferença no efeito de borda na margem e no interior do fragmento, quanto à densidade e biomassa de árvores de espécies tardias.

5.2. Composição florística

Para verificar a eficiência do método de amostragem para a quantificação da riqueza de espécies, foi construída uma curva de rarefação, utilizando-se o programa PAST version 3.15 (Hammer et al., 2001) (Figura 12).

Figura 12. Curva de rarefação construída a partir do software PAST. Sample = nº de transectos e Taxa = nº de espécies

De acordo com o gráfico, a curva tende a se estabilizar após o número de 50 transectos. Portanto, o número de transectos (amostras) utilizado neste estudo foi satisfatório.

Do total de 54 transectos foram identificados 2529 indivíduos, distribuídos em 204 espécies diferentes, pertencentes a 54 famílias. Do total de indivíduos, 93 estavam mortos, 80 não puderam ser identificados e 45 foram identificados somente a nível de família. A lista de espécies completa encontra-se exposta na Tabela 8 nos ANEXOS.

5.2.1. Avaliação da borda

Foi analisada a composição florística nas bordas e no centro dos fragmentos de acordo com as três interfaces estudadas. Analisou-se também a porcentagem de espécies pioneiras e não pioneiras, apresentadas no gráfico da Figura 13.

Figura 13. Porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras e não pioneiras em função da distância da borda e no centro dos fragmentos

As espécies pioneiras mais abundantes foram, respectivamente: *Casearia sylvestris* (186 indivíduos), *Moquiniastrum polymorphum* (183), *Casearia gossypiosperma* (92), *Croton floribundus* (88), *Bauhinia forficata* (68) e *Eucalyptus* sp. (60).

Como pode-se perceber, uma alta concentração de espécies pioneiras foi encontrada na borda e, conforme se adentrava em direção ao interior, a diferença entre pioneiras e não pioneiras foi diminuindo. Mesmo assim, quase metade das espécies presentes no interior dos fragmentos são pioneiras. Essas informações sugerem um alto grau de degradação à que os fragmentos da região estão submetidos. A maior densidade de pioneiras em toda a transecção e principalmente até os 20m amostrados é um claro indicativo de

perturbação que a floresta está sujeita (Silva et al., 2016), geralmente associadas a perturbações antrópicas recentes (Nascimento et al., 1998).

A baixa densidade de espécies não pioneiras também configura-se em um problema, visto que por ocorrerem em baixa população nos fragmentos estudados, tornam-se mais suscetíveis à extinção local devido à fatores como variações microclimáticas e ambientais, perda de variabilidade genética e catástrofes naturais (Shafer, 1981; Gilpin e Soulé, 1986).

Quanto à composição de espécies da borda, as espécies mais representativas encontradas nas bordas dos fragmentos com interface de cana-de-açúcar são apresentadas no gráfico da Figura 14.

Figura 14. Distribuição das espécies nas bordas dos fragmentos com interface de cana-de-açúcar

O conjunto de fragmentos que fazem interface com cana-de-açúcar apresentou um predomínio de duas espécies pioneiras na borda: *Moquiniastrum polymorphum* (cambará) e *Psidium guajava* (goiaba), representando respectivamente 170 ind.ha⁻¹ e 110 ind.ha⁻¹. As duas espécies de maior representatividade perfazem quase um terço (30,3%) do total de indivíduos amostrados. Gaem-Barbosa (2017) também encontrou predomínio de *Moquiniastrum polymorphum* em sua pesquisa, além de *Lithrea molleoides*, também encontrada neste estudo, porém em menor abundância.

Em um dos transectos, a espécie *M. polymorphum* dominou 78,6% do total indivíduos amostrados dentro do transecto. A área amostral em questão possuía borda

completamente aberta, inclusive com invasão de braquiárias até os 30 m de distância da borda.

Quanto às classes de tamanho, as três espécies mais abundantes nos fragmentos da classe 1 foram: *Moquiniastrium polymorphum*, *Luehea divaricata* e *Lonchocarpus cultratus*, respectivamente. Nos fragmentos da classe 2, as três espécies que mais foram representadas foram, respectivamente: *Psidium guajava*, *Machaerium amplum* e *Casearia gossypiosperma*.

No caso das florestas imersas em pastagem, os resultados são apresentados no gráfico da Figura 15.

Figura 15. Distribuição das espécies nas bordas dos fragmentos com interface de pastagem

As espécies mais representativas nestes fragmentos foram: *Casearia sylvestris* (guaçatonga), *Pinus sp.* e *Bauhinia forficata* (pata-de-vaca), com densidades de 128,3 ind.ha⁻¹; 111,6 ind.ha⁻¹ e 81,6 ind.ha⁻¹, respectivamente. As três espécies, juntas, somam 35% do total dos indivíduos amostrados. Neste caso, a alta incidência do *Pinus* pode ser explicada pelo fato de que dois dos seis fragmentos com interface de pasto fazem parte da Estação Experimental de Tupi, na qual foi feito um reflorestamento com pináceas e eucalipto na década de 80, posteriormente desbastadas.

Quanto às classes de tamanho, as três espécies mais abundantes nos fragmentos menores foram: *Bauhinia forficata*, *Guazuma ulmifolia* e *Annona sylvatica*, respectivamente.

Nos fragmentos maiores, as três espécies que mais foram representadas foram, respectivamente: *Casearia sylvestris*, *Pinus* e *Casearia gossypiosperma*.

Nas florestas em contato com o monocultivos de eucaliptos, os resultados constam no gráfico da Figura 16.

Figura 16. Distribuição das espécies nas bordas dos fragmentos com interface de eucalipto

No caso da interface com eucalipto, as duas espécies mais representativas, *Moquiniastrium polymorphum* (100 ind.ha⁻¹) e *Protium heptaphyllum* (65 ind.ha⁻¹), perfazem 17% do total de indivíduos amostrados, número relativamente inferior se comparado com as interfaces anteriores. Isso demonstra não haver um predomínio de poucas espécies, sendo todas melhor distribuídas.

Nos fragmentos menores, as espécies três mais abundantes foram: *Cecropia pachystachya*, *Moquiniastrium polymorphum* e *Centrolobium tomentosum*, respectivamente. Nos fragmentos maiores, as três espécies que mais foram representadas foram, respectivamente: *Croton floribundus*, *Moquiniastrium polymorphum* e *Protium heptaphyllum*.

Cabe ressaltar que algumas das espécies encontradas neste estudo compõe a lista de espécies da flora ameaçadas de extinção da Portaria nº 443 de 2014, caso da *Cariniana legalis* (4 indivíduos), presente na categoria “em perigo”; *Cedrela fissilis* (14 indivíduos) e *Dalbergia nigra* (2 indivíduos), ambas presentes na categoria “vulnerável” da portaria em questão.

5.2.2. Avaliação do centro do fragmento

Foi analisada inicialmente a porcentagem de espécies pioneiras e não pioneiras presentes no transecto instalado no interior dos fragmentos. Os resultados das interfaces de cana-de-açúcar e pastagem são apresentados, respectivamente, nas Figuras 17 e 18, separados por classe de tamanho:

Figura 17. Porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras e não pioneiras no centro dos fragmentos com interface de cana-de-açúcar

Figura 18. Porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras e não pioneiras no centro dos fragmentos com interface de pastagem

No caso das interfaces de cana-de-açúcar e pastagem, os resultados se assemelham, embora nos fragmentos imersos em cana o número de indivíduos foi superior ao de

pastagem. Já no caso do eucalipto, os resultados apresentados diferem-se da situação anterior, como é possível observar no gráfico da Figura 19.

Figura 19. Porcentagem de indivíduos de espécies pioneiras e não pioneiras no centro dos fragmentos com interface de eucalipto

Como pode-se perceber analisando-se os três gráficos apresentados, em todas as situações o número de pioneiras foi maior no interior dos fragmentos, exceto nos fragmentos de classe 2 com interface de eucalipto. Nestes, o centro da mata é composto em sua maioria (73%) por espécies não pioneiras. Isso pode ser explicado pelo fato de que, com uma orla de eucaliptos, há um aumento em área efetiva do fragmento, diminuindo o alcance do efeito de borda para o interior do mesmo.

A teoria dos grupos sucessionais preconiza que a vegetação de borda do fragmento tende a ser composta por espécies iniciais de sucessão, que são as pioneiras. Já no interior dos fragmentos deveriam prevalecer as espécies não pioneiras, geralmente com maior dominância na floresta e maior diâmetro do tronco. Além disso, quanto maior a área do remanescente florestal, teoricamente maior é o número de espécies não pioneiras, enquanto que as pioneiras seriam favorecidas em ambientes fragmentados e perturbados (Schaadt e Vibrans, 2015), que é o caso deste estudo. A fragmentação florestal e consequente efeito de borda favoreceram o crescimento das pioneiras, as quais se desenvolveram intensamente em locais abertos, como as bordas e clareiras (Almeida, 2000).

Quanto à composição de espécies, as mais representativas encontradas nos centros dos fragmentos são apresentadas nos gráficos das Figuras 20 (interface cana-de-açúcar), 21 (interface pastagem) e 22 (interface eucalipto).

Figura 20. Distribuição das espécies no centro dos fragmentos com interface de cana-de-açúcar

Figura 21. Distribuição das espécies no centro dos fragmentos com interface de pastagem

Figura 22. Distribuição das espécies no centro dos fragmentos com interface de eucalipto

As espécies exóticas como *Pinus* e *Eucalyptus* estiveram presentes somente nos centros dos fragmentos com interface de cana e pastagem.

5.3. Biodiversidade

5.3.1. Avaliação da borda

Em cada fragmento foram amostrados dois transectos na borda. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Riqueza, número de indivíduos e dominância por interface

Interface	Cana	Pastagem	Eucalipto
Riqueza	63	80	110
Nº indivíduos	553	548	562
Dominância	0,07283	0,05871	0,03563

De maneira geral, as bordas com interface de eucalipto apresentaram maior riqueza de espécies, seguido pela interface de pastagem e, por último, cana-de-açúcar. O número de indivíduos foi parecido nos três ambientes e estes indivíduos estão bem distribuídos entre as

espécies existentes, embora em alguns fragmentos houve poucas espécies que dominaram o transecto, como no caso da interface de cana.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados divididos entre as classes de tamanho.

Tabela 2. Riqueza, número de indivíduos e dominância por classe de tamanho e interface

Interface	CLASSE 1			CLASSE 2		
	Cana	Pastagem	Eucalipto	Cana	Pastagem	Eucalipto
Riqueza	45	52	61	38	46	78
Nº indivíduos	192	241	276	361	307	286
Dominância	0,1562	0,0705	0,04729	0,0805	0,1224	0,04387

Analisando-se as interfaces quanto às classes de tamanho, percebe-se uma relação inversamente proporcional entre tamanho do fragmento e riqueza de espécies nas interfaces de cana e pastagem, ou seja, nos fragmentos menores, a riqueza foi maior. Em contra partida, no ambiente de eucalipto a relação foi diretamente proporcional: nos fragmentos maiores houve maior riqueza de espécies.

Analisando-se a abundância, percebe-se um fato interessante. O número de indivíduos aumentou consideravelmente na borda dos fragmentos maiores que fazem interface com cana. O aumento neste caso foi de 169 indivíduos. Na interface de pastagem, a diferença de indivíduos nas bordas dos fragmentos menores e maiores foi de 66 indivíduos e no caso da borda com eucalipto a diferença foi de apenas 10 indivíduos. Isso demonstra uma maior estabilidade da mata quando esta encontra-se rodeada por monocultivos de eucalipto.

5.3.2. Avaliação do centro do fragmento

No centro de cada fragmento foi instalado apenas um transecto. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Riqueza, número de indivíduos e dominância no centro dos fragmentos por interface

Interface	Cana	Pastagem	Eucalipto
Riqueza	66	57	78
Nº indivíduos	309	216	330
Dominância	0,04044	0,04715	0,03047

De maneira geral, o centro dos fragmentos com interface de eucalipto apresentou maior riqueza de espécies, seguido por cana e pastagem, respectivamente. A abundância de indivíduos foi menor no centro dos fragmentos com pastagem e nenhum dos três casos apresentou dominância significativa de alguma espécie.

Na Tabela 4 são apresentadas as variáveis analisadas de acordo com a classe de tamanho.

Tabela 4. Riqueza, número de indivíduos e dominância no centro dos fragmentos por classe de tamanho e interface

	CLASSE 1			CLASSE 2		
Interface	Cana	Pastagem	Eucalipto	Cana	Pastagem	Eucalipto
Riqueza	45	29	41	38	39	53
Nº indivíduos	114	80	161	195	136	169
Dominância	0,04566	0,05875	0,0444	0,05476	0,08618	0,04653

Analisando-se as classes de tamanho, somente na interface de cana a relação entre riqueza e área foi inversamente proporcional. Já nos ambientes de pastagem e eucalipto, a riqueza no centro aumenta nos fragmentos de maior área.

5.3.3. Índice de Shannon

Foram calculados os índices de Shannon dos dois transectos da borda e um do centro. Os resultados são apontados na Tabela 5.

Tabela 5. Índices de Shannon da borda e do centro de cada fragmento, divididos entre as classes de tamanho 1 e 2.

CLASSE 1			CLASSE 2		
Borda	Centro	Interface	Borda	Centro	Interface
1,4173	2,681	CANA	1,4495	1,438	CANA
2,3105	2,856		2,1245	1,964	
1,8355	1,773		1,9535	2,495	
1,5745	1,997	PASTO	1,5255	2,34	PASTO
2,5015	2,201		1,673	1,794	
1,9415	2,404		2,091	2,493	
2,4405	2,946	EUCALIPTO	1,5865	2,118	EUCALIPTO
1,788	1,833		2,202	2,326	
2,4945	2,922		3,2185	3,16	

De uma maneira geral, nota-se que a porção central dos fragmentos, geralmente, apresentou um índice mais elevado que o restante. Essa informação corrobora o fato de que o centro dos fragmentos, mesmo nos menores, é a porção mais preservada das matas e a que possui maior diversidade de espécies.

Quanto à interface, é possível observar que os índices dos fragmentos que fazem interface com monocultivos de eucaliptos são maiores do que os índices dos fragmentos imersos em áreas de cana e pasto. Esse dado demonstra que tais fragmentos possuem maior diversidade florística em relação aos outros.

Nas classes de tamanho, a diferença entre os índices pode ser melhor percebida nos fragmentos com interface de eucalipto, nos quais os índices dos fragmentos de classe 2 são maiores do que os fragmentos de classe 1.

Barros (2006) encontrou um índice relativamente alto de 4,10 em seu estudo em um fragmento de floresta ombrófila densa em Nova Friburgo. Outros levantamentos realizados em fragmentos de floresta estacional semidecidual encontraram valores de 3,411 (Sobrinho et al., 2009); 3,31 (Pinto et al., 2007); 3,48 (Arruda e Daniel, 2007), dentre outros. Segundo Meira-Neto e Martins (2000) o índice para esta formação florestal varia de 3,2 a 4,2.

5.4. Classe diamétrica

Os diâmetros a altura do peito das árvores foram divididos em cinco classes: **i.** DAP de 5 a 15cm; **ii.** DAP de 16 a 30 cm; **iii.** DAP de 31 a 45 cm; **iv.** DAP de 46 a 60 cm; e **v.** DAP

maior que 60 cm. Os resultados são apresentados nos gráficos das Figuras 23 (interface cana-de-açúcar), 24 (interface pastagem) e 25 (interface eucalipto).

Figura 23. Distribuição da classe diamétrica das árvores em função da distância da borda e no centro dos fragmentos com interface de cana-de-açúcar

Figura 24. Distribuição da classe diamétrica das árvores em função da distância da borda e no centro dos fragmentos com interface de pastagem

Figura 25. Distribuição da classe diamétrica das árvores em função da distância da borda e no centro dos fragmentos com interface de eucalipto

Percebe-se uma semelhança entre as três situações analisadas. Nota-se que a primeira classe, árvores com DAP de 5 a 15 cm, possui a maior concentração de indivíduos em toda a borda e também na área central, diminuindo gradualmente da borda em direção ao interior. A distribuição de maior número de indivíduos nas classes de menor diâmetro e número reduzido de indivíduos nas classes maiores de diâmetro demonstram que a comunidade arbórea é constituída principalmente por indivíduos de menor porte (Barros, 2006). Ainda segundo a autora, a presença de poucos indivíduos com diâmetros maiores acarreta em intervalos de classes amplos e concentra muitos indivíduos com diâmetros menores.

Dos indivíduos com DAP maior ou igual a 46 cm, mais da metade (52%) eram exóticas (*Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*), o restante que apresentou diâmetros elevados pertenciam às espécies: *Ceiba speciosa* (95 cm), *Enterolobium contortisiliquum* (78 cm), *Tabernaemontana hystrix* (77 cm), *Protium heptaphyllum* (72 cm), *Ficus guaratinica* (67 cm), *Senegalia polyphylla* (63 cm), dentre outras.

Outros estudos sobre distribuição diamétrica em florestas tropicais apresentaram resultados semelhantes a este trabalho. Czelusniak (2014) encontrou em seu estudo que aproximadamente 60% das árvores que se localizavam nos 5 m de borda pertenciam à classe de diâmetro de 15 cm, e na faixa de até 10 m da borda a maior parte das árvores apresentaram indivíduos com 15 cm de diâmetro (63,1%) e 25 cm de diâmetro (16,3%).

Barretto e Catharino (2015) observaram uma elevada quantidade dos indivíduos com diâmetros menores, principalmente entre 5-10 cm, e uma progressiva diminuição do número de árvores conforme se aumentava o diâmetro. Souza et al. (2012) encontraram em seu estudo em uma floresta ombrófila mista a maior parte dos indivíduos (43%) com diâmetros entre 4,77 e 9,77 cm.

5.5. Área Basal

A distribuição de área basal (ver equação 3, página 39) pode ser observada nos gráficos das Figuras 26 (interface cana-de-açúcar), 27 (interface pastagem) e 28 (interface eucalipto).

Figura 26. Área basal das árvores em função da distância da borda e no centro dos fragmentos com interface de cana-de-açúcar

Figura 27. Área basal das árvores em função da distância da borda e no centro dos fragmentos com interface de pastagem

De uma maneira geral, a área basal dos fragmentos com interface de cana-de-açúcar e pastagem apresentaram-se um comportamento semelhante, com um valor maior presente na borda, decrescendo até os 50 m e voltando a aumentar na parte do interior dos fragmentos.

Figura 28. Área basal das árvores em função da distância da borda e no centro dos fragmentos com interface de eucalipto

Já no caso do eucalipto a curva permaneceu mais estável, o valor de área basal presente nestes fragmentos apresentou valores semelhantes no decorrer de todo o transecto e no interior, apesar de uma leve decaída nos 20 m da borda.

Cunha et al. (2009) encontrou valores médios de 30,19 m²/ha de área basal nos fragmentos florestais de Mata Atlântica estudados, valor próximo do encontrado neste estudo. Viana e Tabanez (1996) em sua pesquisa comparou a área basal a diferentes distâncias da borda de um fragmento circundado em parte por pastagem e em parte por talhões de *Pinus*. Concluíram que as áreas que eram circundadas por pastagem estavam sujeitas a um efeito de borda mais intenso, visto que as médias das áreas basais apresentaram um aumento significativo a partir da borda. Tabanez (1995) analisou 5 fragmentos de floresta mesófila semidecídua em Piracicaba-SP (mesma cidade do presente estudo), com diferentes áreas, e encontrou valores de área basal variando de 8,41 a 15,62 m²/ha, valores menores do que os apresentados nos resultados.

5.6. Biomassa e carbono

Foi realizada uma análise de variância dos dados de biomassa, apresentada na Figura 29.

Figura 29. Análise de variância dos dados de biomassa por tipo de matriz

Também foi realizado o Teste de Tukey (Tabela 6), Teste de Box-Cox e GLM procedure, em nível de significância de 5%. Entretanto, não houve diferenças estatísticas

entre os parâmetros avaliados (tipo de interface e transectos da borda e do centro), mesmo com os dados transformados. Vale ressaltar que a fórmula utilizada considera todas as árvores de forma igualitária, não considerando as diferentes densidades da madeira de cada espécie.

Tabela 6. Teste de Tukey, média de biomassa (t/ha), número de observações e tipo de vizinhança

GRUPO	MÉDIA (t/ha)	Nº	TIPO
A	104.00	18	PASTO
A			
A	101.51	18	CANA
A			
A	79.15	18	EUCALIPTO

Graficamente, foi encontrada uma maior biomassa no início da borda dos fragmentos envoltos por cana-de-açúcar e pastagem, decrescendo até os 50 m e atingindo um valor intermediário de biomassa na parte central dos fragmentos (Figuras 30 e 31).

Figura 30. Relação da biomassa e do carbono em função da distância da borda e no centro dos fragmentos com interface de cana-de-açúcar

Figura 31. Relação da biomassa e do carbono em função da distância da borda e no centro dos fragmentos com interface de pastagem

No caso do eucalipto o efeito foi mais estável. O montante de biomassa nesses fragmentos manteve-se com valores semelhantes no decorrer de todo o transecto, conforme pode-se observar na Figura 32.

Figura 32. Relação da biomassa e do carbono em função da distância da borda e no centro dos fragmentos com interface de eucalipto

Dessa forma, foi realizada uma análise estatística dos valores de biomassa no início da borda (até 10 m) – Figura 33, distância em que foi encontrada a maior diferença de estoques de carbono e biomassa entre as diferentes interfaces.

Figura 33. Análise de variância dos dados de biomassa no início da borda (até 10 m) por tipo de matriz

Analisando-se o resultado da análise na Tabela 7, percebe-se uma diferença estatística entre os fragmentos com interface de cana, pasto e eucalipto.

Tabela 7. Teste de Tukey, média de biomassa (t), número de observações e tipo de vizinhança

GRUPO		MÉDIA (t)	Nº	TIPO
	A	1831.1	12	CANA
	A			
B	A	1483.8	12	PASTO
B				
B		799.5	12	EUCALIPTO

A distribuição de biomassa e carbono encontrada nos fragmentos com interface de cana e pasto pode ser explicada pelo maior grau de radiação solar a que a borda é submetida. Nessas interfaces, as árvores da borda recebem uma maior incidência de radiação lateralmente, visto que não há obstáculo à luz solar devido às espécies agrícolas geralmente possuírem reduzida altura e biomassa (Rodrigues, 1998). Matlack (1993) e Kapos (1989) também encontraram um incremento de radiação em bordas de fragmentos, sendo que essa foi se reduzindo a medida que se distanciava da borda, estabilizando após 20 m de distância da borda. Já na interface de eucalipto isso não ocorre, já que o monocultivo imita a estrutura da floresta e impede que os raios cheguem diretamente à floresta, protegendo o fragmento.

Com uma maior incidência de luz solar na borda, há crescimento acelerado de certas espécies nesta área, dada a alta taxa de recrutamento e regeneração (Dislich, 2002). As mudanças microclimáticas, aliadas à competição com cipós e espécies adaptadas faz com que os indivíduos adultos não acostumados a essa situação morram, abrindo clareiras na mata e dando sequência ao efeito de borda, que avança para o interior (Murcia, 1995). Nascimento et al. (2010) realizaram um estudo sobre barreira de eucaliptos em um fragmento florestal e constataram que esta reduz em até 35% a luminosidade na área de borda do fragmento, diferença significativa quando comparada com uma situação sem barreira de proteção.

A maior biomassa das três interfaces deve-se à indivíduos com classe diamétrica baixa, com árvores de 5 a 15 cm de diâmetro. Os valores de biomassa encontrados foram semelhantes a outros estudos em áreas de floresta estacional semidecidual. O estudo de Hentz et al. (2014) encontrou a quantidade de 153,53 t ha⁻¹; Drumond et al. (1997) encontrou 112,00 ha⁻¹ e Boina (2008) estimou 225,80 t ha⁻¹ de biomassa, valor próximo ao encontrado

neste estudo na borda com interface de cana-de-açúcar. Uma maior densidade de árvores é um efeito visível nas bordas de fragmentos (Barros, 2006).

Os valores de carbono encontrados também se assemelham a outros anteriormente realizados. Brun et al. (2005) estimou um valor de 65,47 t ha⁻¹ de carbono estocado nas árvores vivas acima do solo em uma Floresta Estacional Decidual em RS. Em florestas estacionais semidecíduas, estudos realizados encontraram valores de carbono nas quantidades de 108,6 t ha⁻¹ (Britez et al., 2006) e 112,87 t ha⁻¹ (Boina, 2008), valores semelhantes ao encontrado neste estudo no início da borda com interface de cana-de-açúcar.

5.7. Cobertura do dossel

5.7.1. Comparação dos métodos

Os dados de cobertura do dossel das fotos hemisféricas e do quadro reticulado foram mesclados e foi obtida uma correlação de 0,44 tanto para a estação úmida, quanto para a estação seca. Em 98,45% das amostragens de cobertura do dossel, os dados provenientes das fotos hemisféricas apresentaram valores de cobertura menores do que os dados provenientes do quadro reticulado.

Na estação úmida os dados se concentraram na classe de 80% a 100% de cobertura do dossel e na estação seca encontram-se mais espaçados. Os resultados são apresentados nos gráficos das Figuras 34 e 35.

Figura 34. Gráfico de comparação dos métodos de fotos hemisféricas (eixo “x”) e quadro reticulado (eixo “y”) para a estação úmida

Figura 35. Gráfico de comparação dos métodos de fotos hemisféricas (eixo “x”) e quadro reticulado (eixo “y”) para a estação seca

Um dos fatores que influenciam no microclima florestal é a atenuação da radiação solar pelo dossel das florestas, que atuam diretamente no balanço de energia e, conseqüentemente, nas condições ambientais (Hernandes, 2004). Durante estação úmida, quando o dossel florestal encontra-se quase completamente preenchido pelas folhas, a interceptação da radiação solar incidente pode chegar a 95%, ou seja, apenas 5% da radiação consegue alcançar o piso florestal (Geiger, 1950).

No caso da floresta estacional semidecídua, a estação possui muita influência sobre o microclima desta formação florestal, devido à deciduidade da formação vegetal. Portanto algumas variáveis podem ser intensificadas durante o período seco. Reschke (1997), por exemplo, verificou que a diferença entre os fluxos de calor no solo sob floresta e em pastagem é maior na estação seca, o que pode ser explicado, provavelmente, pela maior umidade do solo no verão, além da presença de nuvens, o que reduz a radiação solar. De acordo com Vilani et al. (2010), as condições de nebulosidade estão diretamente relacionadas com a precipitação e, conseqüentemente com a estação do ano, influenciando na refletância e transmitância da atmosfera.

Pezzopane (2001) encontrou valores semelhantes a este estudo em sua pesquisa, na qual avaliou o microclima de uma floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa (MG). O autor verificou que na estação seca, a atenuação da radiação solar foi de 83,1%. Já na estação úmida, a atenuação média encontrada foi de 90%, o que demonstra a influência dos estratos superiores na disponibilidade energética no sub-bosque da floresta.

Desse modo, a magnitude do efeito de borda pode ser alterada durante o período mais seco, tanto pela deciduidade das folhas, quanto pelo ângulo da incidência solar, afetando a estrutura florestal (Sampaio, 2011).

5.7.2. Variação da cobertura em função das interfaces

Quanto às diferentes interfaces, não houve diferença significativa nos transectos das bordas vizinhas a cana-de-açúcar, pastagem ou eucalipto. Os dados utilizados para estruturar os gráficos de cobertura foram provenientes das fotos hemisféricas. A média de cobertura nas bordas das três interfaces manteve-se entre 78-80% de cobertura na estação úmida e na estação seca houveram diferenças maiores. Os gráficos das Figuras 36 (interface cana-de-açúcar), 37 (interface pastagem) e 38 (interface eucalipto) ilustram a situação de cada interface, inclusive com os valores de cobertura do interior dos fragmentos.

Figura 36. Porcentagem de cobertura do dossel em função da distância da borda nos fragmentos com interface de cana-de-açúcar nas estações úmida e seca

Figura 37. Porcentagem de cobertura do dossel em função da distância da borda nos fragmentos com interface de pastagem nas estações úmida e seca

Figura 38. Porcentagem de cobertura do dossel em função da distância da borda nos fragmentos com interface de eucalipto nas estações úmida e seca

A borda que apresentou maior variação de cobertura entre as estações úmida e seca foi a interface com cana-de-açúcar, seguida pela de pastagem e eucalipto. Em alguns casos, como na interface de pastagem ou, mais ainda, no eucalipto durante a estação úmida, pode-se perceber que a cobertura tende a aumentar da extrema borda conforme se avança para os 50 m de distância e depois para o interior do fragmento.

Já é sabido que as bordas dos fragmentos possuem maior índice de radiação solar direta, principalmente se o ambiente vizinho não houver barreiras à luz solar. Segundo Barros (2006), em ambientes com áreas agrícolas ou pastagens, o sub-bosque da floresta também torna-se mais exposto e a radiação solar alcança o solo no período da manhã e final da tarde.

Trata-se de um importante fator microclimático que pode afetar substancialmente a fauna e flora local.

No estudo de Sampaio (2011), que avaliou algumas variáveis climáticas na borda de um fragmento, foi encontrado que a temperatura máxima do ar e a intensidade relativa de luz diminuíram quase linearmente até os 50 m de distância da borda, estabilizando-se após essa distância. Esse fato pode ser um indicativo da distância de penetração de um dos fatores do efeito de borda.

De uma maneira geral, pode-se perceber que as variações de cobertura são sentidas até os 50 m de distância da borda e, em alguns casos, até no interior do fragmento. Este fato pode ser explicado pela existência de clareiras no interior do fragmento, evento encontrado em alguns dos fragmentos deste estudo. Segundo Sampaio (2011), clareiras podem interferir nas variáveis bióticas e abióticas. A autora encontrou clareiras a uma distância de 170 m da borda, o que explicaria as variações microclimáticas no interior do fragmento. Essas alterações são atribuídas não especificamente ao efeito de borda, mas sim a distúrbios naturais que provocam a formação de clareiras no interior da floresta (Martins, 2010).

Os menores índices de cobertura foram encontrados na distância de 5 m da borda, ou seja, na quase extremidade da borda. Resultado semelhante foi encontrado por Müller (2010), que verificou uma influência mais acentuada da umidade relativa do ar aos 10 m de distância da borda e valores menos contrastantes a partir dos 20 m. MacDougall e Kellman (1992) também encontraram os efeitos mais intensos na margem de 7 a 12 m de distância da borda.

Quanto às classes de tamanho dos fragmentos, não foram encontradas diferenças significativas entre os fragmentos menores e os maiores.

5.8. Cobertura por lianas

Nas subparcelas de 10 m² avaliadas, as lianas estavam presentes em 68,14%. Em 13 subparcelas a classificação visual foi de 100%.

Não houve correlação com a cobertura do dossel, como pode-se observar no gráfico da Figura 39.

Figura 39. Relação da porcentagem de cobertura por lianas e cobertura do dossel

De acordo com Laurence (1997) e Engel et al. (1998), o aumento da luminosidade nos ambientes de borda estimula tanto o crescimento de pioneiras, como a abundância de lianas, principalmente as de diâmetros menores.

6. MAPAS

Este item destina-se à parte dos mapeamentos do uso e cobertura do solo do município de Piracicaba. Foi realizado um compilamento dos mapas existentes acerca das áreas de floresta, cana-de-açúcar, pastagem e monocultivos de eucalipto.

O último mapeamento completo do município de Piracicaba foi realizado por Barretto et al. (2006), no chamado “Atlas Rural de Piracicaba”, detalhando o meio físico (clima, relevo, solo e hidrografia) e o uso da terra. Este último apresentado na Figura 40.

Figura 40. Classificação do uso da terra do município de Piracicaba-SP (Barretto et al., 2006)

Segundo o Atlas Rural, a área ocupada por cana-de-açúcar era de 63.371 ha; as áreas de pastagem ocupavam 34.967 ha e a cobertura florestal totalizou 27.662 ha. Desde então outros inventários foram realizados, como o projeto Lapig-maps, do Lapig, com imagens de satélite de 2014 e do MapBiomass, com imagens de satélite de 2015. A partir das informações fornecidas por esses dois mapeamentos, foi possível a construção do mapa de uso do solo do município de Piracicaba, apresentado nas Figuras 41 e 42.

Figura 41. Uso do solo do município de Piracicaba-SP segundo dados do Lapig (2014)

Figura 42. Uso do solo do município de Piracicaba-SP segundo dados do MapBiomas (2015)

Como pode-se observar, as áreas ocupadas por culturas de cana-de-açúcar ou pastagem são claramente superiores às áreas ocupadas por florestas, apesar de haver algumas diferenciações entre os mapeamentos. Outro ponto de destaque, que melhor se observa na Figura 39, é que a quase totalidade dos fragmentos estão circundados por essas duas ocupações (cana ou pasto).

Nos subitens a seguir serão detalhados os levantamentos feitos de acordo com cada classe estudada: fragmentos florestais, áreas com cultivo de cana-de-açúcar, áreas de pastagem e áreas com monocultivos de eucalipto.

6.1. Fragmentos florestais

Segundo o Atlas dos Municípios da Mata Atlântica divulgado em 2016, da área abrangida pela Lei da Mata Atlântica (Figura 43), Piracicaba detém apenas 3% de sua cobertura florestal nativa, cerca de 3.244 ha de florestas, sendo que a cobertura original do bioma nesta área do município era de 52% (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA E INPE, 2016). Este levantamento levou em consideração apenas os fragmentos com vegetação nativa acima de 3 hectares.

Figura 43. Município de Piracicaba com a área de aplicação da Lei da Mata Atlântica 11.428/06 destacada, que ocupa cerca de 51% (71.307 ha) da área do território piracicabano

O mapeamento principal utilizado pelo presente estudo foi o inventário florestal realizado pelo SIFESP, a partir de levantamentos feitos pelo Instituto Florestal, com imagens de 2010. A fotointerpretação, mapeamento e quantificação das diferentes fitofisionomias vegetacionais remanescentes basearam-se na utilização de imagens orbitais dos satélites LANDSAT 5 e 7 e fotografias aéreas coloridas digitais, na escala 1:35.000 da região da Mata Atlântica Litorânea de São Paulo (SIFESP, 2010). Este mapeamento original é apresentado na Figura 44, sendo que neste caso a área mínima mapeada foi de 5 ha.

Figura 44. Mapa florestal do município de Piracicaba-SP (Instituto Florestal, 2010)

De acordo com este mapeamento, Piracicaba detém uma área florestal remanescente de apenas 6.117,94 ha, ou seja, 4,52% em relação à área total do município (SIFESP, 2010). Os shapefiles deste inventário foram devidamente solicitados ao órgão e plotados no programa Google Earth, onde foi possível a visualização dos fragmentos do município e suas respectivas áreas em hectares, como pode ser observado na Figura 45. Deste modo, foi possível a classificação dos fragmentos florestais escolhidos em função da classe de tamanho.

Figura 45. Município de Piracicaba, com os fragmentos florestais contornados em vermelho

O mapeamento realizado pelo MapBiomias é detalhado no gráfico da Figura 46, onde é apresentada a variação da cobertura florestal do município de Piracicaba, do ano 2000 até o ano de 2016, indicando que desde então houve um aumento da cobertura florestal do município.

Figura 46. Gráfico de cobertura florestal do município de Piracicaba-SP em hectares no período de 2000 a 2016

De acordo com o gráfico, a área de cobertura florestal foi maior entre 2015 e 2016, com 32.481,61 ha de florestas e o menor em 2004 com 18.064,63 ha. Esses valores de cobertura florestal são próximos dos valores encontrados pelo Atlas Rural de Piracicaba de 2006, que mapeou o município encontrando uma área de aproximadamente 27.600 ha de florestas. Entretanto, no caso desta categoria, não há diferenciação quanto à fisionomia ou origem da floresta (plantada, secundária ou nativa). Portanto, incluiu-se desde as florestas bem preservadas até capoeiras que começaram a se formar em pastagens abandonadas, por exemplo. Desse modo o fator comum entre as áreas é a presença de árvores predominando sobre os demais tipos de vegetação (Barretto et al., 2006). Assim, pode-se compreender por que o valor encontrado pelo mapeamento do Atlas Rural e do MapBiomas diferem-se tanto do valor mapeado pelo SIFESP, de apenas 6.117,94 ha de florestas.

6.2. Cana-de-açúcar

Dada a sua grande extensão territorial, o Brasil é um dos produtores mais tradicionais de cana-de-açúcar. A cultura atualmente é cultivada em vários tipos de solos e sob a influência de diferentes climas, o que resulta em inúmeros ambientes para a produção

desta cultura (Dias, 1997). A região de Piracicaba é uma das pioneiras na produção canavieira do Estado de São Paulo, dada a sua secular plantação de cana com grandes extensões de terra plana e favorável ao plantio e colheita mecanizada (IPPLAP, 2014). Segundo dados do censo agropecuário (IBGE, 2014), em 2013 a região destacou-se por apresentar uma das maiores produções de cana-de-açúcar do Estado, com uma área cultivada correspondente a 60.000 ha, o equivalente a 44% da área do município de Piracicaba. Alcançou o patamar de terceiro maior produtor do Estado em termos de área e sétimo em produção, com um rendimento médio de 80.000 kg.ha⁻¹. No ano de 2015, Piracicaba foi o sétimo maior produtor do Estado, com área correspondente a 49.000 ha e rendimento médio de 65.000 kg.ha⁻¹ (IBGE, 2015).

Segundo o Atlas Rural de 2006, a produção de cana-de-açúcar em Piracicaba concentrava-se na parte leste do município, envolvendo toda a parte urbana consolidada. Seguindo no sentido oeste, existiam mais duas áreas significativas do plantio: na região sudoeste e na região centro-oeste. Atualmente a produção ainda ocupa as mesmas áreas, pois trata-se das porções mais planas do território de Piracicaba, em vista da elevada necessidade de utilização de máquinas na exploração (Barretto et al., 2006).

Os shapefiles do Atlas Rural de Piracicaba (2006) foram devidamente solicitados aos profissionais envolvidos e plotados no programa Google Earth para melhor visualização das áreas cultivadas com cana-de-açúcar, como se pode observar na Figura 47. A área ocupada pela cultura era de 63.371 ha, um total de 46% em relação à área total do território municipal.

Figura 47. Município de Piracicaba com área destinada à cultura de cana-de-açúcar

O mapeamento oriundo do MapBiomas calculou uma área de 15.749,76 ha para cana-de-açúcar, encontrada na classe de cultura semi-perene. Entretanto, o programa possui uma classe denominada de “agricultura ou pastagem” com um montante correspondente a 42.218,87 ha, indicando que a área ocupada denominada por cana-de-açúcar possivelmente seja maior.

Existe também o Projeto CANASAT-INPE (Rudorff et al., 2010), que produziu mapas das áreas cultivadas com cana-de-açúcar em Piracicaba nos anos de 2003 a 2010. Trata-se de um monitoramento anual do cultivo da cana-de-açúcar nas seguintes classes: soca, expansão, em reforma (18 meses) e reformada (18 meses). O mapeamento é realizado anualmente através de imagens obtidas pelos satélites Landsat, CBERS e Resourcesat-I e processadas no software SPRING. As áreas cultivadas com cana-de-açúcar na safra de 2013 são apresentadas no mapa da Figura 48.

Figura 48. Áreas cultivadas com cana-de-açúcar no município de Piracicaba com legenda de suas respectivas classes

O montante da área cultivada com cana-de-açúcar é ilustrado no gráfico da Figura 49, com as respectivas classes da cultura.

Figura 49. Área em hectare cultivada com as diferentes classes de cana-de-açúcar do ano de 2003 a 2013

Essas informações demonstram o quanto o cultivo da cana é tradicional no município e ocupa uma área expressiva do território, o que torna-se um ponto preocupante tendo o exposto sobre a influência da matriz de cana sobre os remanescentes florestais.

6.3. Pastagens

Por conta da extensão territorial de Piracicaba, cuja área é a 19ª maior do estado de São Paulo, a agricultura divide seu espaço com vastas áreas de pastagem na zona rural (IPPLAP, 2014).

Segundo o Atlas Rural de 2006, as áreas de pastagem possuíam a maior concentração na região noroeste do município e, em menor intensidade, na parte centro-oeste. Atualmente, as áreas de pastagem expandiram-se para toda a parte oeste do território piracicabano. De acordo com os shapefiles deste mapeamento, as áreas de pasto exposto ocupavam uma área de 34.967 ha, ou seja, 25% da área total do município.

Em 2014 foi criado o Programa Pastagem, do LAPIG (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento), que fornece um mapeamento e monitoramento das áreas de pastagens no Brasil. Na Figura 50 são destacados os 46.987 ha ocupados por pastagem.

Figura 50. Áreas de pastagem destacadas em laranja segundo dados do Lapig (2014).

Analisando-se esses mapeamentos, percebe-se que as áreas destinadas à pastagens também possuem uma expressiva participação nas classes de uso do solo do município.

6.4. Eucalipto

Segundo o inventário florestal do Estado de São Paulo, Piracicaba possui 1.037,66 ha (0,77% da área total do município) consideradas de reflorestamento (SIFESP, 2010). A área medida pelo Lapig (2014) foi de 997,53 ha de monocultivos de eucalipto e os dados do MapBiomas (2015) mensuraram uma área de 1.275,30 ha, como é possível observar no mapa da Figura 51.

Figura 51. Município de Piracicaba com as áreas plantadas com eucalipto destacadas em marrom (MapBiomas, 2015)

Os monocultivos de eucalipto não são expressivos no município, sendo considerada uma cultura secundária tendo em vista a dominância da cana-de-açúcar e pastagem presentes no território.

7. NDVI

As imagens do satélite RapidEye foram baixadas e foi produzido o NDVI através do software QGis 2.14.18. Alguns exemplos são apresentados nas imagens da Figura 52.

Figura 52. Imagens em NDVI do município de Piracicaba

As imagens de NDVI geradas foram correlacionadas com os dados de biomassa coletados. Esse tipo de relação já foi realizado em pesquisas, tais como no estudo de Zhu e Liu (2014), em que obtiveram forte correlação entre o NDVI e a biomassa florestal, principalmente na estação seca. Powell et al. (2010) também utilizaram o NDVI como um dos índices espectrais para a quantificação da biomassa florestal.

No presente estudo, dado o detalhamento das análises, não foi encontrada correlação significativa dos valores de NDVI com os dados de biomassa coletados. Isso pode ser explicado pelo fato de o satélite captar as imagens vistas de cima, o que nem sempre traduzem a realidade das florestas. Os fragmentos escolhidos possuem em sua maioria árvores de diâmetro menores, principalmente com CAP de 5 a 15 cm. Embora esses indivíduos possuam um tronco mais fino, sua copa na maioria das espécies é ampla e forma um dossel mais denso em alguns locais. A alta incidência de lianas em alguns fragmentos também contribui para um maior fechamento do dossel, dando uma falsa impressão de floresta conservada vista de cima. Além disso, os índices de cobertura do dossel encontrados neste estudo (ver gráficos de cobertura nas páginas 72 a 74) foram relativamente altos, o que também pode ter influenciado para um maior fechamento das copas das árvores.

Foi realizada uma estimativa dos estoques de carbono e de biomassa presentes no município de Piracicaba, considerando o mapeamento realizado pelo SIFESP (2010) de 6.117,94 ha de área ocupada pelos remanescentes florestais.

De acordo com os cálculos realizados foi encontrado para as florestas rodeadas por cana-de-açúcar um valor médio de 38,47 t/ha de carbono e 101,51 t/ha de biomassa; no caso dos remanescentes com vizinhança de pastagem o valor foi de 39,40 t/ha de carbono e 104 t/ha de biomassa; e nos fragmentos com interface de eucalipto, foi encontrada uma média de 30,07 t/ha de carbono e 79,15 t/ha de biomassa.

Dessa forma, foi possível a extrapolação dos valores de carbono e biomassa para o município de Piracicaba de acordo com a interface dos remanescentes florestais presentes no território municipal. Assim, totalizou-se um valor de 344.202,56 toneladas na forma de estoques de carbono e um montante de 615.336,87 toneladas de biomassa presente nas florestas do município de Piracicaba.

8. CONCLUSÕES

A matriz circundante possui grande influência sobre o efeito de borda em fragmentos florestais. Embora foram encontrados claros indícios de efeito de borda nas três interfaces estudadas, verificou-se uma estabilidade nos fragmentos vizinhos ao eucalipto. Nestes, constatou-se uma maior biodiversidade, tanto na área da borda quanto no centro.

Observou-se uma predominância de espécies pioneiras em todas as situações de interface e classe de tamanho, exceto nos fragmentos maiores que 20 ha com interface de eucalipto. Nestes, o interior apresentava maior densidade de espécies não pioneiras. As espécies mais abundantes foram, respectivamente: *Casearia sylvestris*, *Moquiniastrum polymorphum*, *Casearia gossypiosperma*, *Croton floribundus*, *Bauhinia forficata* e *Eucalyptus sp.* (exótica). Os fragmentos menores (até 15 ha), mesmo quando circundados por árvores (eucalipto), não apresentaram sinais de uma maior preservação.

Verificou-se uma maior estabilidade nos estoques de carbono e de biomassa nos fragmentos vizinhos ao eucalipto. Já naqueles imersos em uma matriz de cana-de-açúcar ou de pastagem foi observada uma maior biomassa na borda (até os 20 m). Foi encontrada uma menor biomassa nas interfaces dos fragmentos circundados por árvores (35,5 t/ha) do que naqueles com interface de cana e pasto (63,5 t/ha e 63,1 t/ha respectivamente).

O município de Piracicaba detém apenas 6.117,94 ha (4,52% de sua área total) de florestas preservadas subdivididas em fragmentos de pequenas dimensões. A quase totalidade desses remanescentes está circundada por plantios de cana-de-açúcar e de pastagens havendo pouca ou nenhuma conexão entre estes. A cultura de cana-de-açúcar ocupa uma área de 49.000 ha (35,58%) enquanto que as pastagens abrangem uma área de 46.987 ha (34,12%). Uma ínfima parte dos fragmentos faz interface com eucalipto, visto que esta cultura ocupa apenas 1.037,66 ha (0,77%).

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo corrobora a ideia de que a implantação de uma barreira de árvores na borda de remanescentes florestais aumenta a proteção dos mesmos. Os efeitos da fragmentação são reduzidos quando a estrutura da matriz assemelha-se à da floresta, o que não ocorre em áreas cultivadas com cana-de-açúcar ou pastagem. Além disso, os reflorestamentos podem diminuir o risco de incêndios florestais, principalmente em locais onde o cultivo de cana-de-açúcar é intenso como é o caso no município de Piracicaba. Desta maneira, como sugerido por Righi (2015) é importante pensar o uso diferencial do entorno de fragmentos florestais como forma de produção e proteção por aumentar o interesse econômico nessas áreas. Com isso, haveria um aumento da área efetiva do fragmento (manutenção da estrutura) pela ampliação de sua periferia proporcionando assim uma modificação menos abrupta do ambiente florestal. Ao mesmo tempo ocorreria uma aproximação entre os remanescentes dado seu maior tamanho. O emprego dos Sistemas Agroflorestais nestes casos pode representar um avanço da vegetação nativa nas áreas antropizadas. Isso modificaria também a estrutura vegetacional e os processos ecológicos que aí ocorrem.

Desta forma, há claros indícios de que pode-se utilizar a matriz em que estão inseridos os fragmentos florestais de modo a protegê-los. Deve-se pensar em fazer da matriz, que em muitos locais suplanta a área de matas nativas, como um local em que ocorre processos ecológicos e que também favorece a conectividade da paisagem. A presença do eucalipto nas interfaces dos fragmentos pode ajudar na preservação desses – tanto em sua composição florística como pela estabilidade da biomassa. É necessário assim avançar nos estudos de SAFs realizados em larga escala, como o projeto LEAF (Larga Escala em Sistemas Agroflorestais) conduzido pelo Prof. Ciro A. Righi. O emprego de tais sistemas em larga escala poderia modificar toda a relação do entorno com os remanescentes vegetacionais, criando assim uma matriz conectante.

Uma questão importante de se ressaltar é que nos fragmentos localizados próximos à área urbana foram encontradas várias situações de descarte e acúmulo de lixo, carcaças e placas de veículos possivelmente furtados, presença de lixo hospitalar em córrego que corta o fragmento, desmatamento ilegal, materiais de rituais religiosos e duas ocorrências de drogas ilícitas (as imagens encontram-se em “ANEXOS”). Tal situação denuncia o alto nível de

insegurança presente nas áreas verdes próximas a conglomerados urbanos. A situação dos remanescentes no município de Piracicaba carece de um programa de conservação. As poucas áreas remanescentes da paisagem original de Mata Atlântica encontram-se desprotegidas e sem fiscalização. Alguns dos remanescentes estudados encontram-se em bairros periféricos e, nestas áreas, é evidente o descaso com a floresta.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA ESTADO. **IBGE traça o retrato do desmatamento no Brasil**. Disponível em: < <http://epocanegocios.globo.com/Informacao/Acao/noticia/2012/06/ibge-traca-o-retrato-do-desmatamento-no-brasil.html>>. Acesso em: 29 de jul. de 2014.
- ALMEIDA, D.S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus, BA: Editus, 2000
- ALVEZ, J.; COSTA, N.; MACHADO, R. **Estudo da produtividade primária líquida (PPL) do campus**. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2006. 8 p.
- ARRUDA, L.; DANIEL, O. Florística e diversidade em um fragmento de floresta estacional Semidecidual aluvial em Dourados, MS. **Floresta**. Curitiba, PR, v.37, n.2, 2007.
- BARRETO, A.G.O.P.; SPAROVEK, G.; GIANOTTI, M. **Atlas rural de Piracicaba**. Piracicaba: IPEF. 2006. 76 p.
- BARRETTO, E.H.P.; CATHARINO, E.L.M. Florestas maduras da região metropolitana de São Paulo: diversidade, composição arbórea e variação florística ao longo de um gradiente litoral-interior, Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, v.42, n.3, p. 445-469, 2015.
- BARROS, F.A. **Efeito de Borda em Fragmento de Florestas Montana, Nova Friburgo – RJ**. 2006. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Pró Reitoria de Pós-Graduação Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.
- BOINA, A. **Quantificação de estoques de biomassa e de carbono em Floresta Estacional Semidecidual, Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. 2008. 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- BORATTO, I.M.de P.; GOMIDE, R.L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.
- BRASIL. Portaria n. 443, de 17 de dezembro de 2014. Lista nacional oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção. **Diário Oficial**. Brasília, 18 dez. 2014. Seção 1, p. 110-121.
- BRITEZ, R.M. et al. Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do Sul do Brasil. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2006. 165p.
- BRUN, E.J. et al. Variação sucessional do acúmulo de biomassa em Floresta Estacional Decidual, Santa Tereza, RS. **Biomassa e Energia**, v.2, n.1, p. 47-56, 2005.
- CARVALHO, D.F. Café, ferrovias e crescimento populacional: o florescimento da região noroeste paulista. **Histórica**, n.27, 2007.
- CATHARINO, E.L.M. **Estudos fisionômicos-florísticos e fitossociológicos em matas residuais secundárias no Município de Piracicaba, SP**. 1989. 189 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- CUNHA, G.M.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; VELLOSO, A.C.X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da mata atlântica na região norte do estado do rio de janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** [em linea], v.33, 2009.

- CZELUSNIAK, B.H. **Efeito da exclusão de faixas de borda na estrutura diamétrica de um fragmento urbano de floresta ombrófila mista em matrizes de transição**. 2014. 82 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- DIAS, F.L.F. **Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na Região Noroeste do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1997. 64p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- DIDHAM, R.K.; LAWTON, J.H. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. **Biotropica**, v.31, p. 17-30. 1999.
- DISLICH, R. 2002. **Análise da vegetação arbórea e conservação na Reserva Florestal da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira", São Paulo, SP**. 251 p. Tese (Doutorado em Ciências: área de concentração ecologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- DRUMOND, M.A.; BARROS, N.F.; SILVA, A.F. Composição florística e fitossociológica de uma mata secundária de um trecho da Mata Atlântica na região do Médio Rio Doce – MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 48, 1997, Crato. Resumos... Crato: Sociedade Brasileira de Botânica - SBB, 1997.
- ENGEL, V.L.; FONSECA, R.C.B.; OLIVEIRA, R.E. Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v.12, p. 43-64, 1998.
- FAHRIG, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v.34, p. 487-515.
- FONTOURA, S.B.; GANADE, G.; LAROCCA, J. Changes in plant community diversity and composition across an edge between Araucária forest and pasture in South Brazil. **Revista Brasileira de Botanica**. v.29, p. 79-91, 2006.
- FORMAN, R.T.T.; GODRON, R. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1986. 712 p.
- FRANÇA, L.C.; MARINI, M.A. Teste do efeito de borda na predação de ninhos naturais e artificiais no Cerrado. **Zoologia**, v.26, n.2, p. 241–250, jun. 2009.
- FRANKLIN, J.F. Preserving biodiversity: species, ecosystems or landscapes? **Ecological Applications**, Washington, v.3, n.2, p. 202-205, 1993.
- FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. **Manual do Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0**: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York. 1999. 36 p.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/>>. Acesso em: 29 de jul. de 2014.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2015-2016. **Relatório Técnico**. São Paulo. 2017.
- GAEM-BARBOSA, P.H. et al. Tree structure of a small native fragment as an aid to conservation of urban green areas in salto de Pirapora, São Paulo, Brazil. Simpósio de Biologia Vegetal. 2017.

- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. de G. (Ed.) **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Tradução de Edma Reis Lamas. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica — Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005. 472 p.
- GASCON, C.; WILLIAMSON, G.B.; FONSECA, G.A.B. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science**, v.288, n.5470, p. 1356-1358, 2000.
- GASCON, C.; LAURANCE, W.F.; LOVEJOY, T.E. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia Central. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Org.) **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. Petrópolis: Ed. Vozes, 2001. p. 112-127.
- GEIGER, R. The climate near the ground. 2nd ed. Cambridge: Harvard University Printing Office, 1950. 482 p.
- GILPIN, M.E.; SOULÉ, M.E. Minimum viable populations: processes of species extinction. In: M. E. Soulé (ed.), **Conservation biology, the science of scarcity and diversity**, Sinauer Press, Massachusetts, p. 19-34, 1986.
- GUISARD, D.M.P.; KUPLICH, T.M. Fragmentação da cobertura florestal no município de São José dos Campos (SP) entre 1973 e 2004. **Geografia**, Londrina, v.33, n.2, p. 319-329, 2008.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; P. D. RYAN, 2001. PAST: **Paleontological Statistics software package for education and data analysis**. Palaeontologia Electronica v.4, n.1, 9 p.
- HERNANDES, J. L. et al. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.28, n.2, p. 167-172, 2004.
- HERRMANN, B.C.; RODRIGUES, E.; LIMA, A. de. A paisagem como condicionadora de bordas de fragmentos florestais. **Floresta**, Curitiba, v.35, n.1, jan./abr. 2005.
- HENTZ, A.M.K. et al. Técnicas de sensoriamento remoto para estimativa de biomassa em ambientes florestais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.10, n.18, p. 2810, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. n.1, 92 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de pedologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 3ª Ed: Rio de Janeiro. 2015. 430 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA - IPPLAP. **Cadus 7. Ordenamento territorial: macrorregiões de desenvolvimento sócio-econômico-espacial**. Piracicaba, 2014. 75 p.
- INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente/Instituto Florestal, 199 p. 2005.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE); FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica período 2015-2016**. São Paulo, 2017. 69 p. Relatório Técnico.
- JENSEN, J.R. (1949) Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres / tradução José Carlos Neves Epiphany et al. São José dos Campos. SP. 2009
- KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of Tropical Ecology**. v.5, p. 173-185, 1989.

- KRAMER, E.A. **Measure landscape changes in remnant tropical dry forests**. In: Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. Laurance, W.F. & Bierregaard, R.O. (ed.). London: The University of Chicago Press. 1997. 616 p.
- KRONKA, F.J.N. (Org.). **Inventário florestal das áreas reflorestadas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente: Instituto Florestal, 2002.
- LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS E GEOPROCESSAMENTO – LAPIG. Disponível em: <<https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- LACERDA, J.S.; COUTO H.T.Z do; HIROTA M.K.; PASISHNYK N.; POLIZEL J.L. **Estimativa da biomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas**. METRVM, Piracicaba, n.5, p. 1-23, 2009.
- LAURANCE, W.F.; YENSEN, E. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. **Biological Conservation**, v.55, p. 77-92. 1991.
- LAURANCE, W.F. Hyper-disturbed Parks: edge effect and the ecology of isolated rainforest reserves in Australia. **In: Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Laurance, W.F. e Bierregaard, R.O. (ed.). London: The University of Chicago Press, 616 p. 1997.
- LIMA, N.L. et al. Medição dos índices relativos de luz e cobertura do dossel em área de vegetação nativa, Goiânia – GO. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 64., 2012, São Luís. Anais... São Luís: SBPC, 2012. p. 2250.
- LIMA-RIBEIRO, M.S. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de Cerradão no Sudoeste Goiano. **Acta Botanica Brasilica**, v.22, n.2, p. 535-545, 2008.
- LINDENMAYER, D.B.; FISCHER, J. **Habitat Fragmentation and Landscape Change**. Londres: Island Press, 2006. 352p.
- LOBATO, M. **A onda verde**. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2008. 136 p.
- MACDOUGALL, A.; KELLMAN, M. The understorey light regime and patterns of tree seedlings in tropical riparian forest patches. **Journal of Biogeography**, Oxford, v.19, n.6, p. 667-675, 1992.
- MATLACK, G.R. Microenvironmental variation within and among forest edge sites in the eastern United States. **Biological Conservation**, v.66, p. 113-123, 1993.
- MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DO SOLO DA UGRHI 5 (PCJ) - ESCALA 1:25.000 - COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL, INSTITUTO GEOLÓGICO, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2013
- MARTINS, L.A. **Estrutura da dinâmica sucessional de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual com diferentes históricos de perturbação**. 2010. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- MEIRA-NETO, J.A.A.; MARTINS, F. Estrutura da mata da silvicultura, uma floresta estacional semidecidual Montana no município de Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.24, n.2, p. 151-160, 2000.
- MELLO, D. Municípios do litoral norte paulista sofrem com invasões em áreas de Mata Atlântica. **Agência Brasil**, Brasília, 16 jul. 2011.
- METZGER, J.P. Tree functional group richness and landscape structure in Brazilian tropical fragmented landscape. **Ecological Applications**, v.10, n.4, p. 1147 - 1161. 2000.

- METZGER, J.P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (Ed). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 49-76.
- MULLER, A; BATAGHIN, F.A.; SANTOS, S.C. Efeito de borda sobre a comunidade arbórea em um fragmento florestal de floresta ombrófila mista, Rio Grande do Sul, Brasil. **Perspectiva**, Erechim, v.34, n.125, p. 29-39, 2010.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree**, v.10, n.2, p. 58-62, 1995.
- MYERS, N. Threatened biotas: "Hot spots" in tropical forests. **The Environmentalist**, v.8, n.3, p. 187-208, 1988.
- NASCIMENTO, H.E.M.; DIAS, A. da S., TABANEZ, A.A.J.; VIANA, V.M. Estrutura e dinâmica de populações arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.59, n.2, p. 329-342, 1998.
- NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W.F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Revista Acta Amazônica**, v.36, n.2, p. 183-192, 2006.
- NASCIMENTO, M.I.; POGGIANI, F.; DURIGAN, G.; IEMMA, A.F.; FILHO, D.F.S. Eficácia de barreira de eucaliptos na contenção do efeito de borda em fragmento de floresta subtropical no estado de São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.86, p. 191-203, jun. 2010.
- NASCIMENTO, M.I. **Manutenção de uma faixa de eucaliptos para proteção da borda de um fragmento florestal**. 2008. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- OLIVEIRA, G.P. de; NAGAMURA, J.C.A. **Experiência do Instituto Ecoar para a cidadania e da Associação Ecoar Florestal na conservação da sociobiodiversidade no estado de São Paulo**. 2007. Disponível em: <http://refloresta.org.br/PDF/livro_bio_0409.pdf>. Acesso em: 5 de jun. de 2014.
- PACIENCIA, M.L.B.; PRADO, J. Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região do Uma, sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**. v.27, p 641-653, 2004.
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.H.; WRIGHT, A. **Nature's Matrix**: Linking agriculture, conservation, and food sovereignty. Cromwell Press Group, London. 2009.
- PEZZOPANE, J.E.M. **Caracterização microclimática, ecofisiológica e fitossociológica em uma floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa, MG**. 2001. 225 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- PINTO, S.I.C. et al. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo de dois estágios sucessionais de floresta estacional Semidecidual na reserva florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**. v.31, n.5, p. 823-833, 2007.
- PIVELLO, V.R. **Estudos para a conservação dos recursos biológicos do cerrado – o exemplo da "Gleba Pé-de-Gigante" (Parque estadual de Vassununga, Santa Rita do Passo-Quatro, SP)**. 2003. 107 p. Tese (Livre-docência) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- POGGIANI, F.; OLIVEIRA, R.E.; CUNHA, G.C. **Práticas de ecologia florestal**. Piracicaba: Departamento de Ciências Florestais, ESALQ/USP, 1996. 44 p.

- PONZONI, F.J. Comportamento Espectral da Vegetação. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p. 157-199, 2001.
- POWELL, S.L. et al. Quantification of live aboveground forest biomass dynamics with Landsat time-series and field inventory data: A comparison of empirical modeling approaches. **Remote Sensing of Environment**. v.114, p. 1053-1068, 2010.
- PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DA COBERTURA E USO DO SOLO NO BRASIL – MAPBIOMAS. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 24 jun. 2017.
- QUEIROGA, J.L. Efeito de borda em fragmentos de cerrado em áreas de agricultura do Maranhão, Brasil. 2001. 168 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2001.
- RAMBALDI, D.M.; OLIVEIRA, D.A.S. (Org.) **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**, Brasília: MMA/SBF, 2003, 99 p.
- RESCHKE, G.A. **Influência do desmatamento no balanço de radiação e nos fluxos de calor sensível e calor latente em Ji-Paraná, Rondônia**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 51p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F., HIROTA, M.M. Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, p. 1141–1153, 2009.
- RIES, L.; FLETCHER, R.J.J.; BATTIN, J. e SISK, T.D. **Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models and variability explained**. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. v.35, p. 491–522, 2004.
- RIGHI, C.A.; FOLTRAN, D.E. Broomcorn [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] responses to shade: an agroforestry system interface simulation. **Agroforestry Systems**, v.1, p. 1-12, 2016.
- RODRIGUES, E. Efeito de Borda em Fragmentos de Floresta. **Cadernos de Biodiversidade**, v.1, p. 1-5, 1998.
- RODRIGUES, P.J.F.P.; NASCIMENTO, M.T. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeito de borda. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.57, n.1, p. 63-74, 2006.
- RODRIGUES, R.R. **Análise de um remanescente de vegetação natural às margens do rio Passa Cinco, Ipeúna, SP**. 1991. 325 p. Dissertação (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.
- RODRIGUES, R.R. A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, v.189, p. 1-17, ago. 1999.
- RODRIGUES, R.R. O verde clandestino. [Entrevista]. **Revista Fapesp**, n.170, p. 50-53, abr. 2010.
- ROSENDO, J. dos S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.
- RUDORFF, B.F.T. et al. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sens**. v.2, p. 1057-1076. 2010.

- SAMPAIO, R.C.N. **Efeito de borda em um fragmento de florestal estacional semidecidual no interior do estado de São Paulo**. 2011. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2011.
- SANTOS, R.C.M. **Mata Atlântica: características, biodiversidade e a história de um dos biomas de maior prioridade para conservação e preservação de seus ecossistemas**. Belo Horizonte, 2010, 31 p.
- SCHAADT, S.S.; VIBRANS, A.C. O uso da terra no entorno de fragmentos florestais influencia a sua composição e estrutura. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.4, p. 437-445, 2015.
- Série de Dados Climatológicos do Campus Luiz de Queiroz de Piracicaba, SP. Departamento de Engenharia de Biosistemas. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/postoaut.html>>. Acesso em: 15 mar. 2016.
- SHAFFER, M.L. Minimum population sizes for species conservation. **Bioscience**, v.31, p. 131-134, 1981.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana: University of Illinois Press. 1949. 117p.
- SIFESP – SISTEMA DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/index.htm>>. Acesso em: 28 de maio de 2014.
- SILVEIRA H.F.L.; VETTORAZZI C.A.; VALENTE R.O.A. Avaliação multicriterial no mapeamento de risco de incêndios florestais, em ambiente SIG, na Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p. 259-268. 2008.
- SIQUEIRA, L.P.; MESQUITA, C.A.B. Meu pé de Mata Atlântica: experiências de recomposição florestal em propriedades particulares no corredor central. 1ª edição, Rio de Janeiro: Instituto BioAtlântica, 2007, 188 p.
- SILVA, M.A.; RODRIGUES, M.M.; RIGHI, C.A. Cobertura de lianas no dossel florestal e seus efeitos sobre a regeneração de espécies arbóreas. **Revista do Instituto Florestal**, v.28, n.1, p. 37-47, 2016.
- SISK, T.D.; HADDAD, N.M. **Incorporating the effects of habitat edges into landscape models: effective area models for crossboundary management**. In: Jingo, L. e Taylor, W.W. Integrating landscape ecology into natural resource management. p. 208-240, 2002.
- SOBRINHO, F.A.P.; CHRISTO, A.G.; GUEDES-BRUNI, R.R.; SILVA, A.F. Composição florística e estrutura de um fragmento de floresta estacional Semidecidual aluvial em Viçosa (MG). **Floresta**. v.39, n.4, p. 793-805, dez. 2009.
- SOUZA, R.P.M. et al. Estrutura e aspectos da regeneração natural de Floresta Ombrófila Mista no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Hoehnea**, v.39, n.3, p. 387-407, 2012.
- TABANEZ, A.A.J. **Ecologia e manejo de eco-unidades em um fragmento florestal na região de Piracicaba. SP**. 1995, 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M.M.; BEDÊ, L.C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v.1, n.1, jul. 2005, p. 132-138.
- TAYLOR, P.D.; FAHRIG, L.; HENEIN, K.; MERRIAM, G. Connectivity is a vital element of landscape structure. **Oikos** v.68, n.3, p.571-572, 1993.
- TONHASCA JUNIOR, A. Ecologia e história natural da Mata Atlântica. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2005. 197 p.

- VALENTE, R.O.A. **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. 2001. 144 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- VANDERMEER, J.H. **The ecology of agroecosystems**. Jones and Bartlett Publishers. 2011. 386 p.
- VIANA, V.M. Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, 1990. p. 113-118.
- VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J. Biology and conservation of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: Forest patches in tropical landscapes. Washington: Island Press, 1996. p. 151-167.
- VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. SÉRIE TÉCNICA IPEF, v.12, n.32, p. 25-42, dez. 1998.
- VILANI, M.T.; SANCHES, L.; PINHEIRO, M.R.; JUNIOR, O.B.P. Estimativa da radiação de onda longa incidente em uma floresta semidecídua tropical da Bacia amazônica. **Ciência e Natura**, UFSM, v.32, n.1, p. 65-81, 2010.
- VILLANI, J.P. **Zona de amortecimento do parque estadual da serra do mar – núcleo santa virgínia**: subsídio ao manejo sustentável dos fragmentos de mata atlântica. 2007. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2007.
- ZORZETTO, R.O verde clandestino. **Revista Fapesp**, n.170, p. 50-53, abr. 2010.
- WWF BRASIL. Disponível em: < http://www.wwf.org.br/wwf_brasil/>. Acesso em: 14 de jan. de 2015.
- ZHU, X., LIU, D. Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series. **ISPRS J. Photogram. Remote Sensing**, v.102, p. 222-231, 2015.

ANEXOS

Tabela 8. Tabela das espécies encontradas nos dezoito fragmentos estudados, divididas por: família, nome científico, nome vulgar, origem, GS (grupo sucessional – P: pioneiras; NP: não pioneiras), ocorrência (C: cana; P: pastagem; E: eucalipto), frequência, número de indivíduos em função da distância da borda e no centro dos fragmentos.

Família	Nome Científico	Nome Vulgar	Origem	GS	Ocorrência	Freq.	Nº Indivíduos						Total
							0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	Centro	
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvestris</i>	Guaçatonga	Nativa	P	C, P, E	61,1%	20	36	30	27	18	55	186
Asteraceae	<i>Moquiniastrum polymorphum</i>	Cambará	Nativa	P	C, P, E	44,4%	36	28	31	38	31	19	183
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Nativa	NP	C, P, E	50,0%	21	20	18	23	10	23	115
Pinaceae	<i>Pinus sp.</i>		Exótica		C, P	22,2%	20	16	14	8	12	41	111
	Morta		Nativa	*	C, P, E		9	17	11	11	7	38	93
Salicaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i>	Pau de espeto	Nativa	P	C, P, E	55,6%	13	10	12	15	7	35	92
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i>	Capixingui	Nativa	P	C, P, E	55,6%	16	23	21	2	7	19	88
Burseraceae	<i>Protium heptaphyllum</i>	Almecega	Nativa	NP	C, E	16,7%	3	14	5	12	6	31	71
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i>	Pata de vaca	Nativa	P	C, P, E	38,9%	24	6	10	14	6	8	68
Myrtaceae	<i>Eucalyptus sp.</i>		Exótica		C, P, E	27,8%	11	8	5	6	4	26	60
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau jacaré	Nativa	NP	C, P, E	61,1%	4	8	12	9	7	19	59
Cecropiaceae	<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba branca	Nativa	P	C, P, E	55,6%	15	5	7	6	2	16	51
Fabaceae	<i>Machaerium amplum</i>		Nativa	P	C, P	16,7%	9	6	15	10	4		44
Solanaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Araticum bravo	Nativa	P	P	22,2%	2	4	3	5	2	23	39
Fabaceae	<i>Centrolobium tomentosum</i>	Araribá	Nativa	NP	C, P, E	38,9%	7	6	5		8	10	36
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Ipê de jardim	Nativa	P	P, E	27,8%	11	10	4	3		7	35
Verbenaceae	<i>Citharexylum myrianthum</i>	Pau viola	Nativa	P	P, E	16,7%	7	3	6	4	3	8	31
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana hystrix</i>	Leiteiro	Nativa	P	C, P, E	38,9%	8	9	2		3	8	30
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	Tapiá	Nativa	P	C, P, E	44,4%	5	5	2	2	1	13	28
Fabaceae	<i>Dalbergia frutescens</i>	Rabo de bugio	Nativa	NP	P, E	27,8%	1		1	1		25	28
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>		Nativa	*	C, P, E	16,7%	1			11	1	15	28
Myrtaceae	<i>Eugenia francavilleana</i>		Nativa	NP	C, P	11,1%	4	7	14	2			27
Fabaceae	<i>Machaerium hirtum</i>	Jacarandá de espinho	Nativa	NP	C, P, E	50,0%	9	1	5	2	4	5	26
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Guaritá	Nativa	NP	C, P, E	27,8%	3	3	6	5	3	5	25
Fabaceae	<i>Lonchocarpus cultratus</i>	Embira de sapo	Nativa	NP	C, E	27,8%	2	1	7	3	5	5	23

Piperaceae	<i>Piper arboreum</i>	Pimenta de macaco	Nativa	NP	C, P, E	33,3%			3	1		19	23
Fabaceae	<i>Platypodium elegans</i>	Jacarandá	Nativa	P	C, P, E	22,2%	4	5	5	4	5		23
Annonaceae	<i>Annona sylvatica</i>	Araticum	Nativa	P	P, E	16,7%						20	20
Sapindaceae	<i>Dilodendron bipinnatum</i>	Maria-pobre	Nativa	P	C, P	11,1%	1	4		1	3	11	20
Fabaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i>	Angico gurusuaia	Nativa	P	P, E	27,8%		2		3	4	10	19
Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i>	Baga de morcego	Nativa	NP	C, P, E	38,9%		1	2	3	3	10	19
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Mamica de cadela	Nativa	P	C, P, E	44,4%	1		1	5	3	9	19
Meliaceae	<i>Guarea macrophylla</i>	Catiguá morcego	Nativa	NP	C, P, E	33,3%		5	2	2	3	6	18
Malvaceae	<i>Luehea candicans</i>	Açoita cavalo	Nativa	NP	C, P	27,8%	3	2	1	2	2	8	18
Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i>	Canelinha	Nativa	NP	C, P, E	50,0%	2			1	1	14	18
Lauraceae	<i>Siparuna guianensis</i>	Catinga d'anta	Nativa	NP	E	16,7%			2		1	15	18
Rutaceae	<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	Guarantã	Nativa	NP	C, P	11,1%	6	6	1		3	1	17
Rutaceae	<i>Metrodorea nigra</i>	Chupa ferro	Nativa	NP	E	11,1%				2	2	13	17
Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	Capororoca	Nativa	P	C, P	16,7%				1	1	15	17
Myrtaceae	<i>Syzygium cumini</i>	Jambolão	Exótica		P, E	27,8%	4	9	2		1	1	17
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	Peito de pomba	Nativa	P	C, P, E	27,8%	5	4	3	3	1	1	17
Lauraceae							2	2				13	17
Sapindaceae	<i>Alophyllus edulis</i>	Chal chal	Nativa	P	C, P, E	33,3%	1	1	1	1		12	16
Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i>	Lixeira	Nativa	P	C, P, E	27,8%	7	3	2	1		3	16
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Caxeta amarela	Nativa	NP	C, P, E	27,8%	3	2	1	3	2	5	16
Fabaceae	<i>Inga vera</i>	Ingá do brejo	Nativa	P	E	22,2%	2	4	4	5		1	16
Fabaceae	<i>Calliandra foliolosa</i>	Esponginha	Nativa	P	C, E	16,7%	3	1		1	1	9	15
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i>	Juçara	Nativa	P	E	11,1%		3	5	1	2	4	15
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Jerivá	Nativa	P	E	22,2%	1	2	1	3	3	5	15
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	Nativa	NP	C, E	33,3%	2		3		3	6	14
Fabaceae	<i>Machaerium stipitatum</i>	Sapuva	Nativa	NP	C, P, E	22,2%	2		3	2	1	6	14
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guanandi	Nativa	NP	E	11,1%	1	2	5		1	4	13
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatus</i>	Maria mole	Nativa	P	E	22,2%		1	1	1	5	5	13
Myrtaceae	<i>Eugenia florida</i>	Guamirim	Nativa	NP	C, P, E	44,4%	4		1		1	7	13

Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i>	Açoita cavalo	Nativa	NP	C, P, E	27,8%	1		2	5	4	1	13
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Crindiúva	Nativa	P	C, P, E	38,9%	2	1	3	1	2	4	13
Meliaceae	<i>Trichilia elegans</i>	Catiguazinho	Nativa	NP	P, E	16,7%		2	5	3	2	1	13
Euphorbiaceae	<i>Croton piptocalyx</i>	Caixeta	Nativa	P	E	5,6%				3	4	5	12
Meliaceae	<i>Trichilia catiguá</i>	Catiguá	Nativa	NP	C, P, E	27,8%		1	1			9	11
Euphorbiaceae	<i>Pera glabrata</i>	Sete cascos	Nativa	NP	E	11,1%	3		2	2		3	10
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolia</i>	Aroeira pimenteira	Nativa	P	C, E	27,8%		5	1		2	2	10
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon conceptionis</i>	Folha-fedorenta	Nativa	NP	E	11,1%	1		1			7	9
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico branco	Nativa	P	C, P, E	22,2%	1			1		7	9
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu	Nativa	P	C, P, E	22,2%	4	1				4	9
Meliaceae	<i>Trichilia clausenii</i>	Catiguá vermelho	Nativa	NP	C, P, E	27,8%		2	2	1		4	9
Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i>	Canjambo	Nativa	NP	C, E	16,7%		1	1		4	2	8
Anacardiaceae	<i>Lithrea molleoides</i>	Bugreiro	Nativa	NP	C	16,7%	4		3			1	8
Melastomataceae	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	Jacatirão açu	Nativa	P	P	5,6%					1	6	7
Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i>	Angico branco	Nativa	P	C, P, E	27,8%	2		1		1	3	7
Fabaceae	<i>Acacia mangium</i>	Acácia Australiana	Exótica		E	5,6%		2	3	1			6
Apocynaceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Peroba rosa	Nativa	NP	C, E	22,2%	1	3			1	1	6
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	Pau-marfim	Nativa	NP	P, E	11,1%	1				2	3	6
Malvaceae	<i>Bastardiopsis densiflora</i>	Louro-branco	Nativa	P	C, P, E	16,7%				5		1	6
Sapindaceae	<i>Cupania tenuivalvis</i>	Camboatã	Nativa	NP	C	11,1%				1	2	3	6
Myrtaceae	<i>Eugenia paracatuana</i>		Nativa	NP	C, E	11,1%				1		5	6
Fabaceae	<i>Machaerium nictitans</i>	Jacarandá bico de pato	Nativa	P	P, E	5,6%						6	6
Solanaceae	<i>Solanum argenteum</i>	Cambará de cheiro	Nativa	P	C, P	22,2%					1	5	6
Myrsinaceae	<i>Ardisia ambigua</i>	Capororoquinha	Nativa	NP	C	5,6%						5	5
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Mamão	Exótica		C, P	16,7%		1	3	1			5
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Nativa	NP	P, E	22,2%					1	4	5
Asteraceae	<i>Gochnatia polymorpha</i>	Cambará guaçu	Nativa	NP	P	5,6%						5	5
Fabaceae	<i>Inga marginata</i>	Ingá-feijão	Nativa	P	P	11,1%	2	1	1			1	5
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i>	Camboatá	Nativa	NP	C, P	16,7%	3		1		1		5

Meliaceae	<i>Trichilia casaretti</i>	Catiguá	Nativa	NP	E	5,6%						5	5
Urticaceae	<i>Urera baccifera</i>	Urtigão	Nativa	NP	C, P	16,7%	1			1	3		5
Fabaceae	<i>Bauhinia longifolia</i>	Unha de vaca	Nativa	P	C, E	11,1%			1			3	4
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá vermelho	Nativa	NP	C	5,6%			4				4
Ulmaceae	<i>Celtis fluminensis</i>	Carauta	Nativa	P	C, E	11,1%	1	1		1		1	4
Solanaceae	<i>Cestrum schlechtendalii</i>		Nativa	*	E	5,6%	1	3					4
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	Nativa	NP	P, E	22,2%	1		1	1		1	4
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i>	Arco de peneira	Nativa	NP	P, E	11,1%	1					3	4
Fabaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril	Nativa	P	C, P, E	16,7%	2					2	4
Myrtaceae	<i>Eugenia brasiliensis</i>	Grumixama	Nativa	NP	C, E	5,6%	4						4
Moraceae	<i>Ficus guaranitica</i>	Figueira branca	Nativa	NP	C, E	11,1%	3					1	4
Rutaceae	<i>Galipea jasminiflora</i>	Grumixara	Nativa	NP	E	5,6%			2	1	1		4
Fabaceae	<i>Holocalyx balansae</i>	Alecrim	Nativa	NP	C, P	11,1%	1				1	2	4
Lacistemataceae	<i>Lacistema hasslerianum</i>	Baga de jaboti	Nativa	NP	E	5,6%	2		2				4
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	Exótica		C, P, E	22,2%		2		1		1	4
Myrtaceae	<i>Myrcia hebeptala</i>		Nativa	NP	E	5,6%						4	4
Lauraceae	<i>Ocotea diospyrifolia</i>	Caneleira	Nativa	NP	C, P	16,7%					2	2	4
Rhamnaceae	<i>Rhamnidium elaeocarpum</i>	Saguaraji	Nativa	NP	C, P, E	16,7%		1			2	1	4
Solanaceae	<i>Solanum granulosoleprosum</i>	Gravitinga	Nativa	P	C, E	11,1%		3			1		4
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i>	Tapiá vermelho	Nativa	NP	C, P	11,1%	1			1		1	3
Fabaceae	<i>Andira fraxinifolia</i>	Angelim-doce	Nativa	P	E	5,6%						3	3
Annonaceae	<i>Annona cacans</i>	Araticum-da-mata	Nativa	NP	E	5,6%					1	2	3
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i>	Urtiga-mansa	Nativa	P	P	5,6%						3	3
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i>	Paineira	Nativa	NP	C, P	16,7%	1					2	3
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i>	Sobrasil	Nativa	NP	E	5,6%	1		1			1	3
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i>	Sangra d'água	Nativa	P	E	11,1%	2		1				3
Fabaceae	<i>Dalbergia sp.</i>		Nativa	*	E	5,6%	1				1	1	3
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i>	Cedro branco	Nativa	NP	C, P, E	16,7%	1		1			1	3
Rhamnaceae	<i>Hovenia dulcis</i>	Uva do japão	Exótica		C, P	5,6%						3	3

Bignoniaceae	<i>Jacaranda micrantha</i>	Carobão	Nativa	P	E	5,6%				3			3
Lauraceae	<i>Nectandra grandiflora</i>	Canela sebo	Nativa	NP	C	5,6%		2				1	3
Euphorbiaceae	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	Branquilha	Nativa	NP	P, E	5,6%						3	3
Fabaceae	<i>Senegalia sp.</i>		Nativa	*	E	5,6%			1	1	1		3
Solanaceae	<i>Solanum mauritianum</i>	Fona de porco	Nativa	NP	P, E	11,1%		1	1	1			3
Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	Mamigueira fedorenta	Nativa	NP	E	5,6%	1		1			1	3
Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	Mamica de porca	Nativa	NP	P	11,1%	1	2					3
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i>	Tamanqueira	Nativa	P	P	5,6%		2					2
Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i>	Farinha-seca	Nativa	P	P	5,6%			1	1			2
Euphorbiaceae	<i>Aleurites moluccana</i>	Nóz-da-índia	Exótica		E	5,6%				2			2
Malvaceae	<i>Basilloxylon brasiliensis</i>	Pau rei	Nativa	P	P, E	11,1%		1				1	2
Lamiaceae	<i>Callicarpa reevesii</i>	Callicarpa	Exótica		E	5,6%	1	1					2
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guabiroba	Nativa	NP	P, E	11,1%					1	1	2
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i>	Jequitibá branco	Nativa	NP	P, E	11,1%				1		1	2
Cecropiaceae	<i>Cecropia hololeuca</i>	Embaúba-vermelha	Nativa	P	C	0,0%						2	2
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i>	Carne de vaca	Nativa	P	P	5,6%				2			2
Fabaceae	<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá da Bahia	Exótica		C	5,6%					2		2
Rutaceae	<i>Esenbeckia febrifuga</i>	Mamoninha do mato	Nativa	NP	C, E	11,1%		1			1		2
Annonaceae	<i>Guatteria australis</i>	Cortiça	Nativa	NP	C	5,6%						2	2
Fabaceae	<i>Inga striata</i>	Ingá	Nativa	NP	C	5,6%	1					1	2
Caricaceae	<i>Jacaratia spinosa</i>	Jaracatiá	Nativa	P	P	5,6%		2					2
Magnoliaceae	<i>Magnolia ovata</i>	Pinha do brejo	Nativa	NP	E	5,6%				2			2
Lauraceae	<i>Nectandra sp.</i>		Nativa	*	E	5,6%	2						2
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	Canela guaicá	Nativa	NP	P	5,6%		1		1			2
Myrtaceae	<i>Plinia cauliflora</i>	Jabuticabeira	Nativa	NP	P	5,6%				1	1		2
Fabaceae	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Sangueiro	Nativa	NP	P, E	11,1%			2				2
Bignoniaceae	<i>Tabebuia roseoalba</i>	Ipê-branco	Nativa	NP	P, E	11,1%	1			1			2
Combretaceae	<i>Terminalia glabrescens</i>	Cerne amarelo	Nativa	P	E	11,1%	1		1				2
Meliaceae	<i>Trichilia sp.</i>		Nativa	*	E	5,6%		1	1				2

Bignoniaceae	<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Ipê-felpudo	Nativa	NP	P	5,6%						2	2
Apocynaceae	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	Peroba do campo	Nativa	NP	C, P	0%		1					1
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Alecrim do campo	Nativa	P	C	5,6%	1						1
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i>	Canjarana	Nativa	NP	E	5,6%						1	1
Myrtaceae	<i>Calyptranthes grandifolia</i>	Guamirim	Nativa	NP	P	5,6%						1	1
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i>	Mandacaru	Nativa	P	E	5,6%		1					1
Cardiopteridaceae	<i>Citronella peniculata</i>	Pau de corvo	Nativa	NP	E	5,6%			1				1
Rutaceae	<i>Citrus sp.</i>	Limão	Exótica		E	5,6%	1						1
Polygonaceae	<i>Coccoloba glaziovii</i>	Açaçuba	Nativa	NP	E	5,6%						1	1
Boraginaceae	<i>Cordia americana</i>	Guajuvira	Nativa	P	P	5,6%				1			1
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i>	Chá de bugre	Nativa	P	C	5,6%			1				1
Boraginaceae	<i>Cordia superba</i>	Babosa branca	Nativa	P	P	5,6%						1	1
Rutaceae	<i>Dictyoloma vandellianum</i>	Tingui	Nativa	P	P	5,6%	1						1
Dilleniaceae	<i>Dillenia indica</i>	Maçã de elefante	Exótica		P	5,6%						1	1
Moraceae	<i>Ficus eximia</i>	Figueira	Nativa	NP	C	5,6%						1	1
Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	Figueira	Nativa	*	E	5,6%				1			1
Phytolaccaceae	<i>Gallesia integrifolia</i>	Pau d'alho	Nativa	P	P	5,6%				1			1
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Nativa	P	E	5,6%	1						1
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i>	Flor de pérola	Nativa	NP	P	5,6%					1		1
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes klotzschiana</i>	Branquinho	Nativa	NP	E	5,6%				1			1
Malvaceae	<i>Helicteres brevispira</i>	Rosquinha	Nativa	NP	P	5,6%				1			1
Malvaceae	<i>Heliocarpus popayanensis</i>	Pau jangada	Nativa	P	E	5,6%		1					1
Fabaceae	<i>Inga laurina</i>	Ingá-branco	Nativa	NP	P	5,6%						1	1
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i>	Mangava-brava	Nativa	NP	E	5,6%	1						1
Malvaceae	<i>Luehea paniculata</i>	Açoita cavalo	Nativa	P	E	5,6%		1					1
Euphorbiaceae	<i>Mabea fistulifera</i>	Mamoneira	Nativa	P	E	5,6%		1					1
Fabaceae	<i>Machaerium villosum</i>	Jacarandá paulista	Nativa	NP	C	5,6%						1	1
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	Amora brava	Nativa	P	E	5,6%		1					1
Sapindaceae	<i>Matayba guianensis</i>	Camboatá	Nativa	P	E	5,6%						1	1

Verbenaceae											1		1
						Total	381	357	352	322	253	864	2529

*Classificação divergente na literatura

Figura 53. Acúmulo de lixo na borda de um fragmento no bairro Jd. Oriente (Piracicaba)

Figura 54. Descarte de tubulações em corpo d'água no interior de fragmento no bairro Jd. Noiva da Colina

Figura 55. Carcaça de carro descartada em voçoroca na área de borda de um fragmento em Tupi

Figura 56. Instrumentos hospitalares descartados em córrego que corta o fragmento situado no bairro Santana

Figura 57. Carcaça de animal descartada em fragmento em Tupi

Figura 58. Equipe do Pelotão Ambiental

Figura 59. Equipe do Pelotão Ambiental